



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LAVAR Y CLASIFICAR PAPAS PARA LA EMPRESA CEREALES AMBATEÑOS”

AUTORES: Kevin Enrique Cunalata Hidalgo

Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta

TUTOR: Ing. Francisco Agustín Peña Jordán. MSc.

AMBATO - ECUADOR

Febrero - 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LAVAR Y CLASIFICAR PAPAS PARA LA EMPRESA CEREALES AMBATEÑOS”**. Elaborado por los señores Kevin Enrique Cunalata Hidalgo portador de la cédula de ciudadanía C.I. 180489572-8 y Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta portador de la cédula de ciudadanía C.I. 180530418-3, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2023



.....
Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, Kevin Enrique Cunalata Hidalgo, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 180489572-8 y Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 180530418-3, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LAVAR Y CLASIFICAR PAPAS PARA LA EMPRESA CEREALES AMBATEÑOS**”, así como también los análisis, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2023



Kevin Enrique Cunalata Hidalgo

C.I. 180489572-8

AUTOR



Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta

C.I. 180530418-3

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y proceso de investigación, de acuerdo con las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

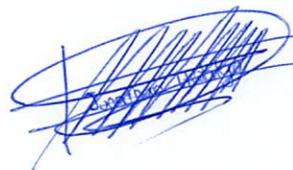
Ambato, febrero 2023



Kevin Enrique Cunalata Hidalgo

C.I. 180489572-8

AUTOR



Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta

C.I. 180530418-3

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Kevin Enrique Cunalata Hidalgo y Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta de la Carrera de Mecánica bajo el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LAVAR Y CLASIFICAR PAPAS PARA LA EMPRESA CEREALES AMBATEÑOS”**.

Ambato, febrero 2023

Para constancia firman:

Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Mg. César Hernán Arroba Arroba
MIEMBRO CALIFICADOR

Dedicatoria

El Proyecto realizado va dedicado principalmente a mis padres Eduardo Hidalgo y Lorena Acosta, quienes durante toda mi vida han sido los pilares que me dan fuerza, consejos y todo el apoyo tanto económico como emocional para poder culminar mis estudios y formarme como una persona de bien.

A todos mis abuelitos, en especial a mi abuelita Clarita que me ha cuidado y enseñado con sabiduría sobre la vida y lo importante de los estudios, y de igual manera a mi abuelito Galito que desde el cielo me sigue apoyando tanto como en vida lo supo hacer.

A mi hermano, para que de alguna manera tome el ejemplo tanto de mis padres como el mío para tomar sus decisiones en la vida y pueda tener éxito en su vida.

A mis amigos que pude obtener en esta carrera y se han convertido en una pieza fundamental en mi vida, compartiendo hermosos momentos y apoyándonos mutuamente demostrando que se puede lograr las cosas que uno se propone con esfuerzo y dedicación.

Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta

Dedicatoria

El proyecto realizado va dedicado en especial a mis padres, en especial a mi madre Rosa Hidalgo, la cual supo apoyarme durante todo momento de mi vida, la persona cual me supo cuidar y aconsejar. Apoyo con el cual logre culminar mis estudios y formarme como una persona de bien.

A mis hermanos lo cuales siempre me han apoyado y ayudado en los momentos que más necesite, que con sus consejos y confianza me dieron la fuerza necesaria para afrontar cualquier dificultad, a los cuales les deseo éxito en sus aspiraciones y logren cumplir sus sueños.

A mis compañeros y amigos que forme durante la carrera, los mismos que con su ayuda y compañerismo se logró superar varios obstáculos, mismos con los cuales se han compartido buenos y malos momentos, además de que se demostró que apoyándonos mutuamente y con esfuerzo se pueden lograr grandes cosas.

A mis amigos en general que me supieron apoyar en todo momento, con los cuales he compartido muchas experiencias y me han ayudado en mis malos momentos.

Kevin Enrique Cunalata Hidalgo

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la salud y sabiduría necesaria para poder atravesar los procesos de formación en la carrera, por permitir aprender de varios amigos, conocidos, compañeros y familiares los conocimientos necesarios para formarme como persona, además de darme la fuerza necesaria para culminar un proceso más de educación.

A mis padres los cuales me han apoyado de manera incondicional, con sus consejos y saberes que han logrado saber compartir, además de que se han sabido cuidar y dar la fuerza y apoyo necesario para seguir esforzándome y cumplir con mis metas.

Agradezco al Ingeniero Francisco Peña por sabernos guiar en el proceso de formación y culminación de la carrera, el cual nos ha sabido apoyar con sus consejos y experiencia para obtener unos buenos resultados.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato y en especial a la carrera de Mecánica en conjunto con los docentes que conforman la misma por brindarme los conocimientos y la sabiduría durante mi estadía en la carrera, docentes los cuales han sabido brindar lo mejor de sí para formar buenos profesionales.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos por sus consejos, amistad, valores y muchas otras cosas que han sabido compartir, al gran apoyo que me han compartido en buenos y malos momentos, por una amistad y compañerismo que perdure con el paso del tiempo.

Un agradecimiento especial a una persona que llego de pronto a mi vida y me ayudo de una manera única.

Kevin Enrique Cunalata Hidalgo

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la salud y la sabiduría para culminar esta carrera y permitirme ser un hombre de bien para la sociedad, así mismo por darle la salud a mis seres queridos que me impulsan a diario.

A mis padres que son lo más importante en mi vida, quienes nunca han dejado que me falte algo y me han sabido dar sus experiencias de vida y conocimiento necesario para no cometer errores, así mismo su apoyo y amor han sido lo que siempre me ha dado las fuerzas para seguir adelante.

Agradezco a mis abuelitos, especialmente a mi abuelita Clarita que día a día me brinda su cariño y sabiduría, quien se ha convertido en mi segunda madre y la quiero de la misma manera. Así mismo a mi abuelito Galito que en vida siempre me demostró total apoyo y cariño aun cuando se encontraba muy enfermo, y sé que desde el cielo sigue haciéndolo continuamente.

Agradezco al Ingeniero Francisco Peña, el cual nos ha sabido guiar en este difícil camino de realizar este trabajo, apoyándonos con sus consejos y experiencia para obtener un mejor resultado final.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato y su carrera de Mecánica junto a todos los ingenieros que la conforman por formar personas honradas y profesionales, dando lo mejor de sí para el óptimo aprendizaje de cada estudiante.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos con los que he cursado esta carrera por su compañía, y apoyo tanto en los buenos como los malos momentos, y a la vez aprovecho esta página para expresar el deseo de que la amistad no se pasajera y termine una vez graduados, sino que continúe para largo y se formen lazos más fuertes,

Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
RESUMEN	xxiv
ABSTRACT	xxv
CAPÍTULO I	26
1. MARCO TEÓRICO	26
1.1 Antecedentes Investigativos.....	26
1.2 Justificación.....	27
1.3 Fundamentación teórica	28
1.3.1 Papas comercializadas en el Ecuador.....	28
1.3.2 Zonas de cultivo	28
1.3.3 Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la papa.....	30
1.3.3.1 Propiedades físicas	30
1.3.4 Proceso de lavado.....	31
1.3.5 Maquinaria específica de lavado de tubérculos	34
1.3.6 Proceso de clasificado	37
1.3.6.1 Clasificación manual.....	37
1.3.6.2 Clasificación automática	37
1.3.7 Maquinaria específica de clasificado	37
1.4 Sistemas que componen la máquina de clasificado y lavado.....	39
1.4.1 Sistema de transporte	39
1.4.1.1 Tipos de rodillos de transporte.....	39

1.5	Objetivos	42
1.5.1	Objetivo general	42
1.5.2	Objetivos específicos	42
CAPÍTULO II		43
2. METODOLOGÍA		43
2.1	Clasificación de las papas por su tamaño.....	43
2.1.1	Requerimiento para la construcción.....	43
2.2	Materiales	45
2.2.1	Acero ASTM A 36	45
2.2.2	Tubo estructural ASTM A-500	45
2.2.3	Acero inoxidable	46
2.2.4	Tubo PVC (Policloruro de Vinilo).....	46
2.3	Criterios para el diseño de los elementos	47
2.3.1	Motor eléctrico	47
2.3.2	Tolva	50
2.3.3	Chumacera.....	51
2.3.4	Remaches	52
2.3.5	Pernos	52
2.3.6	Interruptores de encendido y apagado.....	52
2.3.7	Botón de parada de emergencia	52
2.4	Equipos a utilizar.....	53
2.4.1	Plegadora.....	53
2.4.2	Equipos de soldadura	53
2.4.2.1	Soldadura Mig.....	54
2.4.2.2	Soldadura Tig	55
2.4.2.3	Soldadura Smaw	56
2.4.3	Equipos de corte	57
2.4.4	Equipo de diseño y cálculo	57
2.4.4.1	Computador.....	57
2.5	Formulas utilizadas en el diseño y construcción de la máquina.	58
2.5.1	Número de papas a clasificar	58
2.5.2	Dimensionamiento de la tolva.....	58

2.5.3 Longitud de la base	58
2.5.4 Inclinación de la tolva	59
2.5.5 Cálculo del volumen de la tolva de almacenamiento.....	59
2.5.6 Dimensionamiento del tambor	60
2.5.7 Velocidad crítica del tambor	60
2.5.8 Volumen del tambor.....	61
2.5.9 Diámetro y longitud del tambor	61
2.5.10 Ángulo de inclinación	61
2.5.11 Masa de las papas.....	62
2.5.12 Carga distribuida	62
2.5.13 Esfuerzo normal máximo a flexión.....	63
2.5.14 Momento de inercia en un aro.....	63
2.5.15 Aceleración angular	63
2.5.16 Momento torsor.....	64
2.5.17 Potencia de diseño.....	64
2.5.18 Bomba hidráulica	65
2.5.19 Altura dinámica.....	65
2.5.20 Velocidad del flujo del agua	66
2.5.21 Perdida de carga (hf)	66
2.5.22 Potencia de la bomba	66
2.5.23 Poleas	67
2.5.24 Relación de transición entre la polea y el tambor.	67
2.5.25 Velocidad de giro de la polea conductora con el motorreductor	68
2.5.26 Par de salida del reductor	68
2.5.27 Velocidad lineal de la correa.....	68
2.5.28 Longitud de la correa	69
2.5.29 Ángulo de abrazado.....	69
2.5.30 Factor de corrección de potencia C2.....	69
2.5.31 Potencia efectiva transmitida por la correa	69
2.5.32 Sección de soporte del tambor.	70
2.5.33 Numero de papas alineadas entre rodillos.....	70
2.5.34 Velocidad del desplazamiento lineal el tornillo sin fin.....	71
2.5.35 Flujo de los tubérculos transportados.....	71

2.5.36 Cálculo de la inercia.....	71
2.5.37 Factor de seguridad	71
2.5.38 Soldadura	72
2.5.39 Esfuerzo primario y secundario	72
2.6 Procesos de construcción.	73
2.7 Nivel o tipo de investigación.....	78
2.7.1 Bibliográfico	78
2.7.2 Exploratorio.....	78
2.7.3 Descriptivo	78
2.7.4 De campo	78
2.8 Metodología Aplicada al Proyecto.....	78
2.8.1 Etapas de Desarrollo del Proyecto	79
2.8.2 Diagrama de procesos de clasificación y lavado.....	80
CAPÍTULO III.....	81
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
3.1 Separación de los rodillos	81
3.2 Selección de alternativas	81
3.2.1 Clasificadora	81
3.2.1.1 Alternativa 1: Cilindro rotatorio.....	81
3.2.1.2 Alternativa 2: Banda transportadora con rodillos	82
3.2.1.3 Alternativa 3: Salida de tamaño variable	82
3.2.2 Lavadora.....	83
3.2.2.1 Alternativa 1: Lavadora con Tanque Giratorio	83
3.2.2.2 Alternativa 2: Lavadora con Rodillos	83
3.2.2.3 Alternativa 3: Lavadora de eje central	83
3.2.2.4 Alternativa 4: Lavadora con cepillos	83
3.2.3 Motores	84
3.2.3.1 Alternativa 1: motor eléctrico	84
3.2.3.2 Alternativa 2: motorreductor.....	84
3.2.4 Sistema de transmisión.....	85
3.2.4.1 Alternativa 1: correas transmisión	85
3.2.4.2 Alternativa 2: Cadenas de trasmisión.....	85

3.3 Evaluación de Alterativas	85
3.4 Criterios Para evaluar	86
3.5 Cálculos.....	90
3.5.1 Capacidad de producción:	90
3.5.2 Número de papas para clasificar:	90
3.5.3 Dimensionamiento de la tolva de alimentación.	90
3.5.4 Cálculo de ángulo de inclinación de la tolva.	92
3.5.5 Flujo másico	94
3.5.6 Densidad de la papa	95
3.5.7 Velocidad critica	95
3.5.8 Velocidad de operación.....	95
3.5.9 Tiempo de lavado.....	95
3.5.10 Factor de llenado	95
3.5.11 Cálculo del volumen de tambor	95
3.5.12 Cálculo del diámetro y longitud del tambor.....	96
3.5.13 Cálculo del ángulo de inclinación.....	96
3.5.14 Cálculo del espesor de la lámina del tambor.....	97
3.5.14.1 Cálculo de la masa de las papas en el tambor	97
3.5.14.2 Cálculo de la masa de las papas con el tambor sobre cargado.....	97
3.5.14.3 Cálculo de la carga distribuida.....	97
3.5.15 Cálculo del eje del motor	100
3.5.15.1 Cálculo de la carga distribuida.....	100
3.5.15.2 Torque	101
3.5.15.3 Momento de inercia para el eje	101
3.5.15.4 Esfuerzo normal máximo a flexión.....	102
3.5.15.5 Esfuerzo debido a la torsión.....	102
3.5.15.6 Esfuerzo equivalente	102
3.5.15.7 Esfuerzo equivalente	103
3.5.16 Cálculo de potencia para el motor del tambor	104
3.5.16.1 Aceleración Angular	104
3.5.17 Cálculo del momento torsor.....	104
3.5.18 Cálculo de la potencia de diseño.....	104
3.5.19 Selección de boquillas.....	105

3.5.20 Cálculo de la bomba hidráulica.....	106
3.5.20.1 Caudal total	106
3.5.20.2 Cálculo de la altura dinámica.....	106
3.5.20.3 Cálculo de la velocidad del flujo del agua (rociador más lejano de la bomba).....	106
3.5.20.4 Cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería hf total	107
3.5.20.5 Cálculo del número de Reynolds.	107
3.5.20.6 Cálculo de la rugosidad relativa '.....	108
3.5.20.7 Cálculo de la longitud equivalente.....	108
3.5.20.8 Cálculo de la potencia de la bomba	109
3.5.21 Polea a utilizarse	109
3.5.22 Cálculo de la relación de transmisión	110
3.5.23 Velocidad de giro de la polea conductora con el motorreductor	111
3.5.24 Cálculo del par de salida del reductor	111
3.5.25 Cálculo de la velocidad lineal de la correa.....	112
3.5.26 Potencia teórica transmitida por las correas.....	112
3.5.27 Distancia entre centros	113
3.5.28 Cálculo de la longitud de la correa.....	113
3.5.29 Cálculo del ángulo de Abrazado	114
3.5.30 Cálculo del factor de Corrección de Potencia C2	114
3.5.31 Factor de corrección de potencia C3.....	114
3.5.32 Cálculo de la potencia efectiva transmitida por la correa	115
3.5.33 Selección de ruedas que soportan el tambor	115
3.6 Diseño de la máquina clasificadora.....	118
3.6.1 Consideraciones para el diseño	118
3.6.2 Rodillos	120
3.6.2.1 Cálculo de los momentos de inercia de las partes del rodillo	120
3.6.3 Determinación de ecuaciones para hallar potencial ideal	124
3.6.4 Sistema de transmisión.....	126
3.7 Resultados del análisis Estructural.....	127
3.7.1 Diseño de soldadura	138
3.7.2 Cálculo de soldadura	139

3.8 Construcción de la máquina lavadora y clasificadora de papas.....	141
3.8.1 Presupuesto	141
3.8.1.1 Costos directos	142
3.8.2 Costos indirectos	143
3.8.3 Costos totales	143
3.8.4 Proceso de construcción de la máquina	143
3.8.5 Verificación del funcionamiento de la maquina lavadora y clasificadora de papas.....	152
3.8.5.1 Lavadora de papas.....	152
3.8.5.2 Clasificadora de papas	153
3.8.5.3 Tolva de alimentación	153
3.8.6 Manual de uso y mantenimiento	154
3.8.6.1 Lavadora de Papas.....	154
3.8.6.2 Clasificadora de papas	158
CAPÍTULO IV	162
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	162
4.1 Conclusiones	162
4.2 Recomendaciones.....	162
ANEXOS	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descarga de papas	32
Figura 2. Fase de lavado	33
Figura 3. Fase de escurrido	33
Figura 4. Fase de secado	33
Figura 5. Fase de selección	34
Figura 6. Fase de llenado	34
Figura 7. Lavadora con tanque giratorio	35
Figura 8. Lavadora con rodillos	36
Figura 9. Lavadora de eje central	36
Figura 10. Lavadora con cepillos	37
Figura 11. Cilindro rotatorio.	38
Figura 12. Mesa casificadora	38
Figura 13. Clasificadora de rodillos con bandas transportadoras.	39
Figura 14. Rodillo de carga.	40
Figura 15. Rodillos por gravedad.....	40
Figura 16. Clasificadora de rodillos por bandas.....	41
Figura 17. Rodillos accionados por cadena.	41
Figura 18. Rodillos de impacto	41
Figura 19. Rodillos de retorno.	42
Figura 20. Soldadora PowerMIG 350 BP	54

Figura 21. Diagrama simplificado de un secador industrial	60
Figura 22. Transmisión por poleas	67
Figura 23. Soldadura a filete en perfil cuadrado	72
Figura 24. Etapas de desarrollo del proyecto	79
Figura 25. Diagrama de procesos	80
Figura 26. Distancias y ángulo de separación de los rodillos.	81
Figura 27. Tolva de almacenamiento.	92
Figura 28. Tolva de almacenamiento.	93
Figura 29. tolva de alimentación.	93
Figura 30. Diagramas de fuerza cortante y momento flector, en el plano x-y	98
Figura 31. Diagramas de fuerza cortante y momento flector, en el plano x-z	99
Figura 32. Factor se seguridad del tambor, obtenido en software	100
Figura 33. Diagramas de fuerza cortante y momento flector, en el plano x-y	101
Figura 34. Factor de seguridad del eje, calculado en software	103
Figura 35. Proyección de boquilla.	105
Figura 36. Diagrama de cuerpo libre del tambor,	116
Figura 37. Valor calculado en software.	117
Figura 38. Rodillo liso.	120
Figura 39. Rodillo con tornillo sin fin.....	120
Figura 40. Momento de inercia calculado en solidworks	123

Figura 41. Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales (Tolva de Entrada).....	128
Figura 42. Desplazamientos (Tolva de Entrada).....	128
Figura 43. Tensiones de Von Mises (Tolva de Entrada).....	129
Figura 44. Factor de Seguridad (Tolva de Entrada).....	130
Figura 45. Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales (Lavadora de Papas).....	130
Figura 46. Desplazamientos (Lavadora de Papas).....	131
Figura 47. Tensiones de Von Mises (Lavadora).....	132
Figura 48. Factor de Seguridad (Estructura lavadora de Papas).....	133
Figura 49. Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales (Clasificadora de Papas).....	133
Figura 50. Desplazamientos (Clasificadora de Papas).....	134
Figura 51. Tensiones de Von Mises (Clasificadora de Papas).....	135
Figura 52. Factor de seguridad (Estructura Clasificadora de Papas).....	135
Figura 53. Tensiones de Von Mises (Tambor de Lavado).....	136
Figura 54. Desplazamientos (Tambor de Lavado).....	137
Figura 55. Tensiones de Von Mises (Tornillo sin fin).....	137
Figura 56. Desplazamientos (Tornillo sin fin).....	138
Figura 57. Esfuerzo de Von Mises en elementos frame de la clasificadora.....	139
Figura 58. Fuerza cortante y momento flector en el punto de análisis.....	139
Figura 59. Máquina lavadora y clasificadora diseño en software.....	151

Figura 60. Máquina lavadora y clasificadora diseño real	152
Figura 61. Máquina lavadora de papas en funcionamiento.....	152
Figura 62. Máquina lavadora de papas en funcionamiento.....	153
Figura 63. Tolva de alimentación	153
Figura 64. Lavadora de papas	154
Figura 65. Clasificadora de papas	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zonas y sus variedades de Papas.....	29
Tabla 2. Clasificación de las papas por su tamaño	43
Tabla 3. Materiales e insumos para la construcción del sistema.....	44
Tabla 4. Propiedades mecánicas del acero ASTM A 36	45
Tabla 5. Propiedades mecánicas del Tubo estructural ASTM A-500	46
Tabla 6. Propiedades del acero INOX 304.....	46
Tabla 7. Características técnicas del PVC	47
Tabla 8. Ficha técnica Plegadora W67K 160*3200	53
Tabla 9. Datos Técnicos soldadora Mig.....	55
Tabla 10. Datos técnicos Soldadora Tig.	56
Tabla 11. Especificaciones Soldadora SMAW.	56
Tabla 12. Características Laptop de Trabajo.....	57
Tabla 13. Factor de Corrección de Potencia.	65
Tabla 14. Proceso de construcción de la máquina	73
Tabla 15. Alternativas de clasificación de Papas.	82
Tabla 16. Alternativas de lavado de papas.....	83
Tabla 17. Alternativas de motores.	84
Tabla 18. Alternativas de transmisión.....	85
Tabla 19. Evaluación de Alternativas de la clasificadora.	87
Tabla 20. Evaluación de alternativas de la lavadora.	88

Tabla 21. Selección de alternativas motor.	88
Tabla 22. Selección de alternativas de transmisión.	89
Tabla 23. Cálculo del diámetro y longitud en función del volumen.....	96
Tabla 24. Diámetros mínimos para poleas.	110
Tabla 25. Potencia transmitida por correas.	113
Tabla 26. Coeficientes de Corrección de Potencia C3.	115
Tabla 27. Cálculo de masas y radios del tapón parte del rodillo.....	121
Tabla 28. Datos del rodillo.....	121
Tabla 29. Datos del eje.....	122
Tabla 30. Datos de las catarinas y la cadena.....	127
Tabla 31. Desplazamientos (Tolva de Entrada)	129
Tabla 32. Tensiones de Von Mises (Tolva de Entrada)	129
Tabla 33. Desplazamiento	131
Tabla 34. Tensión máxima y mínima de Von Mises	132
Tabla 35. Desplazamiento máximo y mínimo de la clasificadora	134
Tabla 36. Tensión máxima y mínima de Von mises de la máquina clasificadora. ...	135
Tabla 37. Tensiones de Von Mises del tambor de lavado	136
Tabla 38. Desplazamiento máximo y mínimo del tambor de lavado.....	137
Tabla 39. Tensión máxima y mini de Von Mises del tornillo sin fin.....	138
Tabla 40. Desplazamiento máximo y mínimo del tubo del tornillo sin fin.....	138
Tabla 41. Costos de materiales	142

Tabla 42. Costo de materiales normalizados.....	142
Tabla 43. Costos totales directos.....	143
Tabla 44. Total de costos indirectos.....	143
Tabla 45. Procesos de construcción de la máquina.....	144

RESUMEN

El proyecto técnico se lo ha realizado debido a la necesidad que se presenta en los agricultores y comerciantes de papas de la provincia de Tungurahua, pues el trabajo de escoger y clasificar las papas, así como el lavado de estas es tedioso y demorado, además de que ocupa personal, lo que se traduce en costos para el agricultor propietario de la cosecha. El presente proyecto técnico tiene como objetivo el diseño y la construcción de una máquina que clasifique y lave la papa cosechada reduciendo tiempo y costos para el productor.

En cuanto a la parte metodológica se han determinado parámetros como la cantidad de papas a clasificar y lavar, el tiempo que tomarán estos procesos, además se selecciona el material que usarán las máquinas. Luego se realizaron los respectivos cálculos estructurales a través del Software CAD, determinando esfuerzos, desplazamientos, reacciones, factores de seguridad, entre otros parámetros.

Por último, se procedió a construir la máquina de acuerdo con el modelo y los planos realizados previamente, además de que se efectuaron correcciones para errores que se detectaron durante las pruebas de funcionamiento.

Como resultados se ha obtenido un sistema en el que se clasificarán y lavarán 9000 kilogramos de papas en 8 horas, además de que se redujeron el número de personas utilizadas para estos procesos que suele ser variado de acuerdo con la producción en el método manual, a solo 2 personas controlando el funcionamiento de la máquina.

Palabras Clave: Papas, Modelado, Dimensionamiento, Esfuerzos, Desplazamientos.

ABSTRACT

The technical project has been carried out due to the need that arises among potato farmers and merchants in the province of Tungurahua, since the work of choosing and classifying potatoes, as well as washing them is tedious and time consuming, in addition to that occupies personnel, which translates into costs for the farmer who owns the crop. The goal of this technical project is the design and construction of a machine that classifies and washes the harvested potato, reducing time and costs for the producer.

Regarding the methodological part, parameters have been decided such as the number of potatoes to be classified and washed, the time that these processes will take, and the material that the machines will use is selected. Then the respective structural calculations were made through the CAD Software, deciding efforts, displacements, reactions, safety factors, among other parameters.

Finally, the machine was built according to the model and the plans made previously, in addition to the fact that corrections were made for errors that were detected during the functional tests.

As results, a system has been obtained in which 9000 kilograms of potatoes will be classified and washed in 8 hours, in addition to reducing the number of people used for these processes, which is usually varied according to the production in the manual method, to only 2 people controlling the operation of the machine.

Keywords: Potatoes, Modeling, Sizing, Stress, Displacements.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

Tema

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL LAVADO Y LA CLASIFICACIÓN DE PAPAS PARA LA EMPRESA CEREALES AMBATEÑOS

1.1 Antecedentes Investigativos

En la actualidad el proceso de clasificación y lavado de papas se lo realiza de manera manual, en su mayoría a través de la cooperación entre dos o más personas que se encargan de clasificar tubérculo a tubérculo determinando cuales son aptos para la venta, los que están dañados y el tamaño con el que se agruparán las papas, además la actividad requiere que las personas tengan experiencia en la clasificación y puede ser realizado hasta unas 3 veces para un óptimo clasificado. La implementación de la maquinaria es escasa debido a que el precio de la maquinaria dedicada a estas actividades suele ser elevado, y la mayoría de pequeños productores no poseen los recursos suficientes para optar por estas máquinas[1].

En la tesis de grado de Alexander Paúl Herrera Torres[2] el trabajo está enfocado a la separación de la papa en 3 tamaños diferentes, esto tomando en cuenta aspectos como el mercado, y las facilidades para la construcción, mantenimiento y montaje de su propuesta, además el funcionamiento de la máquina está diseñado de tal manera que pueda ser operada por cualquier persona.

Para el trabajo de grado realizado por Cristian Hernando Quirós Ramírez y Héctor Sebastián Monroy Monroy[3] el enfoque tomado está en el cuidado de la papa, por lo que optaron por medidas para evitar daños en la misma tales como el acoplamiento del eje de transmisión a un motor reductor para el trabajo sincronizado, así como el uso de rieles en el sistema para que no existan movimientos demasiado bruscos que dañen el producto, por otra parte para la parte del lavado usaron lámina galvanizada calibre 20 por su resistencia a la corrosión y al óxido al que otros materiales estarían sometidos al estar en contacto directo y constante con el agua.

Finalmente, en la tesis realizada por Eduardo Oporto Mejía[1], se han tomado en cuenta aspectos como la selección de la papa en 3 tamaños a través del uso de mecanismos especiales diseñados para esta función, además de la consideración de características importantes sobre las papas para su clasificación. Además, para la realización de este trabajo, el autor se apoya en gran medida en el uso de software CAD para el diseño, simulación y cálculo de cargas, siendo un método útil para evitar errores humanos en el desarrollo del trabajo.

1.2 Justificación

En los últimos años en el Ecuador se ha producido un incremento económico, debido al sector agro productivo, sin embargo, los proyectos implementados deben ser sostenibles a corto y largo plazo para tener un efecto positivo[4]. Para lo cual se implementaría tecnología a los procesos en busca de obtener mejoras en la producción[5], [6]. Por lo que el desarrollo de nueva maquinaria es fundamental en especial para aquellas personas dedicadas a realizar los procesos postcosecha de papas[7]. Con la implementación de dicha tecnología se busca generar una agricultura semi mecanizada reduciendo tiempo y costos[1].

La papa es considerada uno de los cuatro alimentos más consumidos por la humanidad con una producción mundial de alrededor de 320 millones de toneladas por año[8], [9]. Además, este valor sigue incrementándose porque países como China, India, Bangladesh y Corea del Norte siguen incrementando la producción y el consumo de papas[10]. En estos países, las grandes industrias prefieren comercializar con grandes productores, debido a la cantidad de papas que pueden proveer y los precios convenientes[2], [11]. Si se implementa tecnología en los procesos de postcosecha, los precios de las papas se reducirían, brindando una oportunidad a los pequeños productores de comercializar con las grandes industrias[12]. Esto también permitirá que la mano de obra utilizada anteriormente para la clasificación y lavado de papas se utilice en otras áreas o a su vez ya no sea necesaria[13].

De acuerdo con el ministerio de agricultura y ganadería (MAG), el consumo de papas por persona en el Ecuador es de 30 Kg por año, cifra que se estima tendrá un incremento del 3 al 4% al año[14]. Las papas utilizadas en estas industrias deben pasar por un proceso de lavado previo, esto ayuda a reducir las cargas bacterianas y de

químicos a los que están expuestas[15]. Además, En el proceso de lavado y clasificación, las papas deben estar en su punto óptimo de maduración para que su piel no se lastime y su conservación sea prolongada[16], [17]. Por lo general estos procesos se los realizan de manera manual siendo procesos tediosos y no higiénicos, la implementación de maquinaria mejora el rendimiento y el manejo de desechos[18].

Actualmente las grandes industrias productoras de máquinas elaboran sus productos de tal forma que los precios son elevados e inaccesibles para los productores de papas de menor escala[19], un factor fundamental es que la mayor parte de la maquina está fabricada en acero inoxidable[20]. Para la solución de este inconveniente y cambiar la manera tradicional de clasificado y lavado de papas, se propone una máquina clasificadora y lavadora de papas de un tamaño adecuado para los pequeños productores, la implementación de esta herramienta busca mejorar la productividad sin la necesidad de realizar una gran inversión[21].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Papas comercializadas en el Ecuador

En el Ecuador actualmente se cultivan una gran variedad de papas, pues existen cientos de estas que crecen en los campos diariamente, pero de todas estas papas cultivadas, solo ciertas papas son usadas de manera comercial y en los hogares del país. Por esto se ha clasificado a las papas que más se usan a diario en dos grupos bien diferenciados, por el un lado están las papas nativas, y por el otro las papas mejoradas. Las papas nativas son básicamente producto de la domesticación y selección natural a través de los años, por lo que son las papas ancestrales que han pasado de generación en generación. Así mismo están las papas mejoradas, que como su nombre lo indica son aquellas que han sido modificadas genéticamente por la mano humana para ser más resistentes a enfermedades, de mayor tamaño y potencialmente más rendidoras en cuestiones de reproducción[22].

1.3.2 Zonas de cultivo

Actualmente la zona en la que se realiza el cultivo de las papas en el Ecuador es la Sierra, esto se debe a que la Papa necesita de condiciones específicas para madurar correctamente, una de ellas y la más importante es la temperatura, pues este alimento

necesita de unos 18 a 20 °C para madurar de manera óptima, niveles que solo se presentan en la Sierra Ecuatoriana[22].

Así mismo, en la Sierra Ecuatoriana existen 3 zonas bien diferenciadas en las que se realiza el cultivo de papas, estas zonas son:

- **Zona Norte:** Zona caracterizada por producir Papas de con características especiales como piel clara, carne crema y un elevado grado de materia seca.
- **Zona Centro:** En esta zona abundan las papas con características como piel rosada, carne amarilla y elevados grados de materia seca.
- **Zona Sur:** En la última zona de la sierra se presentan papas con características como piel clara, crecimiento de la papa en forma de esfera, una combinación entre la carne amarillo y crema, y finalmente un elevado grado de materia seca[22].

A continuación, se indicará en la Tabla 1, las provincias en las que se realiza el cultivo de papas, su zona correspondiente, y las papas que se producen y cosechan de acuerdo con las características de la zona[22].

Tabla 1.Zonas y sus variedades de Papas[22]

	Zona Norte	Zona Centro	Zona Sur
Provincias	Carchi	Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo	Cañar, Azuay, Loja
Variedad de Papas	Gabriela, Esperanza, -María, Fripapa, Estela, Superchola, Yema de huevo (Chauchas), Chola, ICA-Capiro, Ormus, clon “Carolina” y clon “Libertad”.	Santa Catalina, Esperanza, Gabriela, María, -Rosita, Santa Isabel, Fripapa 99, Cecilia, Natividad, Suprema, Estela, Superchola, Chola, Uvilla, Yema de huevo, Leona, clon “Carolina”, clon “Libertad”, ICA-Única.	Santa Catalina, Gabriela, Esperanza, Soledad Cañari, Santa Ana, Uvilla, Bolona.

En la tabla se puede apreciar que la variedad que se desea clasificar (Superchola), es cultivada en las zonas más alejadas a la provincia de Tungurahua incluida la misma, esto es muy beneficioso debido a que la máquina se la implementara en la ciudad de Ambato.

1.3.3 Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la papa

1.3.3.1 Propiedades físicas

La papa principal que analizar para partir con el diseño de la máquina será la superchola, por sus características y por ser una de las más comercializadas en la actualidad en el Ecuador. Las propiedades físicas que se determinarán de la papa serán el Diámetro geométrico, diámetro aritmético, esfericidad y área superficial, los cuales son calculados a través de las siguientes ecuaciones[23]:

$$D_a = \frac{L + A + E}{3} \quad \text{Ec. 1.1}$$

$$\phi = \left(\frac{D_g}{L} \right) * 100 \quad \text{Ec. 1.2}$$

$$S_a = \pi * (D_g)^2 \quad \text{Ec. 1.3}$$

En donde:

D_g = Diámetro Geométrico

D_a = Diámetro Aritmético

ϕ = Esfericidad

S_a = Área Superficial

L = Longitud

A = Ancho

E = Espesor

Estas propiedades físicas ayudarán a determinar ciertos parámetros al momento de construcción de la máquina, así también existe otros parámetros fundamentales a tomar en cuenta al momento de revisar las propiedades físicas de un objeto, los cuales son:

- **Peso:** Este parámetro es fundamental al momento de realizar un diseño, debido a que este será tomando en cuenta al momento de revisar el diseño de la estructura
- **Volumen:** Es una propiedad fundamental al momento de diseñar las tolvas y el tanque de lavado, así como las dimensiones de los rodillos, ya que dependen

directamente del volumen y la cantidad de papas que se requiere clasificar y lavar.

- Densidad: Es un factor que puede ser determinado con las anteriores características, por lo general es un dato conocido el cual nos ayuda a determinar el peso y volumen de los objetos que constituyen la máquina[24].

La siguiente ecuación expresa la relación entre las anteriores propiedades mencionadas.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. 1.4}$$

En do'nde:

ρ = Densidad

V = Volumen

m = Masa

1.3.4 Proceso de lavado

Es la actividad en la cual se utiliza agua para lavar y limpiar la papa de la suciedad y tierra con la que llega a las personas una vez cultivado el tubérculo, este proceso en su mayoría suele ser realizado de manera manual, debido a los costos de maquinaria de lavado y la necesidad de que durante la actividad se selecciona las papas que estén en mal estado o que presente cortes realizados durante el procesos de recolección, así mismo se suele seleccionar las mismas por tamaño y se desecha las que son demasiado pequeñas para su venta[22]. A continuación, se describe los métodos de lavado de papas:

Lavado manual: Como se ha mencionada anteriormente, el lavado de las papas manual se lo realiza con agua y personal encargado para la selección, para este tipo de lavado las papas se encuentra en un recipiente lo suficientemente grande para que se pueda observar el progreso del lavado, las mismas son lavadas manualmente y a su vez en estas están ubicados las personas que seleccionarán estas papas que estén en mal estado o tengan algún corte producido durante el cultivo y recolección, cabe

recalcar que este método es tedioso, demoroso y requiere de personal al cual se le deberá remunerar por su trabajo, por lo que no es recomendable utilizarlo[22].

Lavado automático: En el caso del lavado automático de papas, este se da a través de un proceso ordenado y semiautomatizado, en el cual se ingresa el tubérculo por un lado de la máquina, la cual transportará las mismas a través de unos rodillos mientras se libera un chorro a presión sobre estas que retiran la tierra y suciedad presentes, una vez concluido este proceso se puede clasificar las papas de manera manual, o a su vez pasándolas a otra máquina de clasificado en donde se retirarán las papas demasiado pequeñas y se distribuirán las papas por tamaño[25].

El proceso de lavado que se consiste en 6 fases

- **Fase de descarga**

Es la etapa donde se inicia el proceso de lavado, el personal se encarga de descargar los sacos de papas que son obtenidos en el proceso de postcosecha, o a su vez de un vehículo proveedor, para luego ser colocados en una banda transportadora que se encargara de llevarlas al lugar requerido. En la siguiente figura se puede observar el proceso de descarga[25].



Figura 1.Descarga de Papas [26].

- **Fase de lavado**

En esta fase los rodillos distribuidos a lo largo de espacio de lavado se encargan de descargar agua a presión para retirar la suciedad y partículas adheridas a las papas, en la figura que se muestra a continuación se puede observar dicho proceso[25].



Figura 2.Fase de Lavado [27].

- **Fase de escurrido**

En esta fase las papas pasan por una sección donde existen diferentes adecuaciones para retirar el exceso de agua, como cauchos o mallas las cuales se encargan de recolectar el agua adherida a las papas, además de algunos residuos de suciedad que no fueron retirados en la fase de lavado. En la siguiente figura se puede observar un ejemplo del proceso[25].



Figura 3.Fase de escurrido [26].

- **Fase de secado**

En esta fase existen ventiladores los cuales son los suficientemente fuertes para retirar los residuos de humedad que no se removieron en su totalidad en la fase de escurrido. En la siguiente figura se puede observar dicho proceso [28].



Figura 4.Fase de secado [28].

- **Fase de selección**

En esta fase se selecciona las papas que presentan defectos como cortes, deformaciones o papas que estén en mal estado, además puede existir cuerpos extraños que atravesaron todo el proceso. En la siguiente figura se puede observar el proceso [29].



Figura 5.Fase de selección [29].

- **Fase de llenado**

Es una rampa ubicada al final del tramo, su función principal es conducir las papas seleccionadas hacia un costal, este proceso puede ser apreciado en la siguiente figura[30].



Figura 6.Fase de llenado [31].

1.3.5 Maquinaria específica de lavado de tubérculos

Actualmente en la industria existe a la disposición algunas máquinas especializadas en el lavado de tubérculos, todas son enfocadas en las áreas de alimentos y la industria,

por lo que son máquinas grandes, así como su capacidad de trabajo, por lo que su costo de compra es elevado, debido a que las mismas deben ser construidas en acero inoxidable, hacen que su adquisición sea poco recurrida por los productores pequeños, entre estas máquinas se pueden diferenciar 4 tipos por sus características[25]:

- **Lavadora con tanque giratorio**

Este tipo de lavadora es caracterizada por tener un tanque con una tubería central que distribuye el agua a presión sobre las papas mientras el tanque gira, lo que hace que las papas se laven entre sí por el contacto generado a través del giro, en la siguiente figura se puede observar la máquina mencionada [32].



Figura 7.Lavadora con tanque giratorio [32].

- **Lavadora con rodillos**

La lavadora de papas de rodillos como su nombre lo sugiere, utiliza rodillos que pueden estar dispuestos transversal o longitudinalmente, sobre los cuales las papas van girando mientras se administra un chorro a presión que va retirando la tierra de las papas, proceso que se observa en la siguiente figura [33].



Figura 8.Lavadora con rodillos [33].

- **Lavadora de Eje Central**

Esta máquina tiene un funcionamiento similar al de la lavadora con tanque giratorio, pues esta también tiene un tanque giratorio, pero a diferencia de su homónima, esta tiene un eje central en el que se ubican tubos distribuidos a lo largo del mismo, los cuales al girar el tanque golpearán a las papas, haciendo el lavado más eficiente, como lo indica la siguiente figura [25].



Figura 9.Lavadora de eje central [25].

- **Lavadora con cepillos**

Finalmente, la lavadora de papas con cepillos está caracterizada por que en su estructura se implementan cepillos de lavado que girarán y cepillarán a las papas mientras pasan por una banda transportadora, además cabe recalcar que los cepillos son ubicados secuencialmente a través de la banda transportadora para que la papa llegue al final libre de tierra o suciedad, esta máquina se puede apreciar en la siguiente figura [34].



Figura 10.Lavadora con cepillos [34].

1.3.6 Proceso de clasificado

El proceso de clasificado es un proceso de selección del producto, en el cual se realiza en función de ciertas características como es el peso o tamaño, en ocasiones este proceso se realiza en función de las especificaciones del mercado [35].

1.3.6.1 Clasificación manual

Es un proceso el cual se lo lleva a cabo de manera manual, en este tipo de clasificación es necesario que el personal seleccione el tamaño del producto uno por uno, teniendo en cuenta un criterio individual, es un proceso que conlleva una cantidad de mano de obra considerable y de igual manera el tiempo invertido en el proceso es alto [35].

1.3.6.2 Clasificación automática

Este proceso se lo lleva a cabo mediante maquinaria, aquí interviene poco personal, aumentando el rendimiento y la calidad de la clasificación, existe uniformidad al momento de clasificar el producto. Las papas atraviesan una serie de mallas, tubos o zarandas. Las cuales tiene los espacios definidos para seleccionar y clasificar las papas según su tamaño, las mismas que están divididas en secciones y cada una cuenta con su respectiva área de llenado [35].

1.3.7 Maquinaria específica de clasificado

Existen varios tipos de máquinas clasificadoras, por ejemplo:

- **Cilindro rotatorio:** selecciona los productos mediante un cilindro el cual posee diferentes medidas para la selección de las papas según su tamaño, entre sus principales ventajas esta que puede clasificar grandes cantidades y reduce en gran medida el trabajo y esfuerzo de los operarios. Pero este tipo de maquinaria tiene algunas desventajas como las siguientes: es necesario tener un reductor de velocidad, los productos revisen maltrato, difícil fabricación, posible falla en el proceso de clasificación, alto costo de fabricación, difícil limpieza y mantenimiento, el cilindro rotatorio puede ser observado en la siguiente figura [35].



Figura 11.Cilindro Rotatorio [35].

- **Mesa clasificadora:** es un espacio amplio en donde se puede colocar las papas para poder clasificarlas, entre las ventajas de esta herramienta se tiene: fácil fabricación, no necesita energía eléctrica, costo de fabricación bajo, no es necesario personal capacitado. La misma posee algunas desventajas solo funciona para determinado tipo de productos, puede haber fallas al momento de clasificar, este método se lo aprecia en la siguiente figura [36].



Figura 12.Mesa Clasificadora [36]

- **Banda transportadora:** es un proceso el cual conlleva 3 etapas, uno donde se realiza la limpieza de producto, la segunda fase de estabilización y selección de frutos defectuosos, y la tercera fase consta de la clasificación según su tamaño. el movimiento se lo realiza mediante un motor reductor y bandas trasportadoras. Existen algunas ventajas en este tipo de máquina, por ejemplo: puede clasificar diferentes tipos de frutas, poco maltrato al producto no es necesario poseer personal capacitado, se puede incluir el proceso de clasificación manual, fácil mantenimiento. De la misma manera posee desventajas entre las cuales están: tiene un mayor costo de fabricación, al ser un producto nuevo no se sabe cuanta aceptación obtendrá en el mercado. La banda transportadora por rodillos puede ser apreciada en la siguiente figura [37].



Figura 13.Clasificadora de rodillos con bandas transportadoras. [37]

1.4 Sistemas que componen la máquina de clasificado y lavado

En el siguiente apartado se describen los materiales y equipos, los cuales son necesarios para el desarrollo y construcción del proyecto.

1.4.1 Sistema de transporte

1.4.1.1 Tipos de rodillos de transporte

Los rodillos que usan las máquinas de clasificado son de distintos tipos y funcionalidades de acuerdo con la máquina, por lo que se pueden clasificar de la siguiente forma [1]:

- **Rodillos de carga**

Este tipo de rodillo se caracteriza por proporcionar soporte de carga en él, y son construidos de manera que en el centro se ubica un bastidor y hasta 3

rodillos sobre este, que proporcionarán más carga de acuerdo con el número de estos que se coloque en el bastidor, como se puede apreciar en la siguiente figura[1].



Figura 14.Rodillo de carga. [1]

- **Por gravedad**

Los rodillos por gravedad tienen un funcionamiento obvio, pues su nombre lo sugiere, estos girarán por acción de los objetos que pasen sobre el producto de la gravedad, por lo que estos rodillos solo se ubican con ángulos para que pueda accionar la fuerza de gravedad, como se puede apreciar en la siguiente figura[1].



Figura 15.Rodillos por gravedad [1]

- **De rodillos por banda**

Este tipo de rodillos utilizan bandas para su movimiento las cuales son acopladas en los mismos y a su vez accionadas por un motor, haciendo que la conexión entre bandas accione a los rodillos del sistema, como se puede apreciar en la siguiente figura[1].

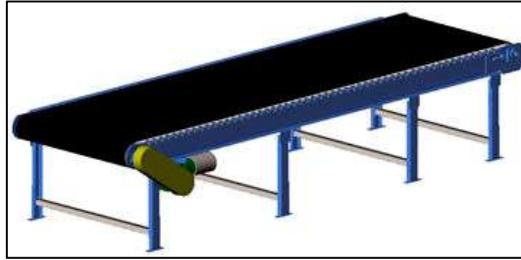


Figura 16.Clasificadora de Rodillos por Banda.[1]

- **De rodillos accionados por cadena**

Su funcionamiento es similar a los rodillos por banda, con la diferencia que en este una cadena provee y transmite el movimiento entre los rodillos, y es utilizado específicamente para objetos pesados, como se puede apreciar en la siguiente figura[1].



Figura 17.Rodillos accionados por cadena. [1]

- **Rodillos de impacto**

Los rodillos de impacto son aquellos que absorben el impacto de las cargas que son liberadas sobre el a través de las cintas transportadoras, como se puede apreciar en la siguiente figura[1].



Figura 18.Rodillos de Impacto [1]

- **Rodillos de retorno**

Estos rodillos son usados para retornar los objetos al inicio del sistema, y son colocados por lo general en la parte inferior de la estructura de la máquina por ser más conveniente, como se puede apreciar en la siguiente figura[1].



Figura 19.Rodillos de Retorno. [1]

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar y construir una máquina para lavar y clasificar papas para la empresa Cereales Ambateños.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar las características necesarias para el diseño de la máquina.
- Establecer alternativas para cada una de las partes que conforman el sistema de clasificación y lavado.
- Seleccionar y diseñar cada una de las partes que compone el sistema de transporte.
- Construir el sistema de clasificación/lavado, y someterlo a pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración del siguiente proyecto se tendrá en cuenta las características físicas de las papas, se realizará una investigación de tipo bibliográfica donde se consultará en diferentes fuentes como: libros, revistas, artículos, tesis, blogs. Material que se tomarán en cuenta como una base para realizar el diseño. Basado en dichas características se utilizará el método que mejor se acople tanto como para el lavado y la clasificación, también se consultará cuáles son los materiales más apropiados para el diseño y construcción, se tendrá en cuenta algunas características principales entre ellas: debe transportar y clasificar los elementos sin dañarlos, mantener un contacto constante con el agua, entre otras. Con ayuda de software CAD se realizaron diversos diseños los cuales estarán descritos en planos.

2.1 Clasificación de las papas por su tamaño

Para el proceso de clasificación es necesario establecer las medidas con las que se va a clasificar las papas, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación de las papas por su tamaño [38].

Tipo-Categoría	Diámetro (mm)
Tipo No. 1 o Primera	65 en adelante
Tipo No.2 o Segunda	45-64
Tipo No.3 o Tercera	30-44
Tipo No.4 o Cuarta	10-29

2.1.1 Requerimiento para la construcción

Para el proceso de lavado y clasificado de papas es necesario la utilización de herramientas, equipos, materiales, insumos, equipos de protección personal, además de instrumentos de medición, esto se puede apreciar en las tablas detalladas a continuación:

Tabla 3. Materiales e insumos para la construcción del sistema

Materiales e insumos a usar para la construcción	
Materia Prima	Tubo cuadrado Acero ASTM A36 50*50*3 mm, Tubo cuadrado Acero ASTM A36 40*20*4 mm, Plancha de acero inoxidable A304 espesor =1.2 mm, Tubo rectangular acero ASTM A36 50*25*3 mm, Tubo cuadrado Acero ASTM A36 20*20*2 mm, Plancha de acero inoxidable A304 espesor =1.5mm, Platina 1 *1/4 in, Varilla cuadrada de media pulgada, Placa de Acero ASTM A36 250*250*6 mm, Tubo cuadrado Acero ASTM A36 40*40*3 mm, Guías con rodamientos ½ in y eje de 2 in, Manguera negra 1 ¼ in, Autoperforante ½ in, Grillete para manguera, Tubo redondo Acero ASTM A36 diámetro 2 pulgadas espesor= 3mm, Eje de acero inoxidable A304 diámetro= 2cm, Manguera de presión ½ in
Elementos Normalizados	Chumaceras, Pernos, Tuercas, Motorreductor, Tornillos, Bandas, Poleas, Tomacorrientes, Manguera de agua, Manguera de Presión, Bomba de agua, Cables, Cadenas, Piñones
Insumos	Disco de corte de acero Inoxidable, Cepillo de pulir, Thinner, Cinta aislante, Pintura anticorrosiva, Electroodos, Disco abrasivo de lijas, Paño de pulir, brocas
Herramientas	Pinza de presión, Martillo, Sierra manual, Pina de presión tipo soldador, juego de llaves, destornillador plano, destornillador de estrella, rayador, escuadra
Equipos	Taladro, Soldadura TIG, Amoladora, Computadora, Cizalla, Soldadura MIG, Torno, Dobladora de Láminas, Cortadora de Plasma
Instrumentos de medición	Calibrador pie de rey, Flexómetro, Regla, Escuadra
Equipo de protección	Guantes, Gafas, Casco, Overol, Zapatos de punta de acero, Casco de Soldar

2.2 Materiales

2.2.1 Acero ASTM A 36

Son aceros al carbono que son utilizados para la construcción de estructuras, en donde se puede realizar soldaduras, dado que posee una buena soldabilidad, además se puede laminar en caliente para formar acero rectangular, acero cuadrado, acero redondo, placas de acero y prácticamente todo tipo de secciones, vigas en H, I, canales en U, entre otros [39].

En la siguiente tabla se puede apreciar las propiedades mecánicas del acero ASTM A 36:

Tabla 4. Propiedades mecánicas del acero ASTM A 36 [39].

Propiedades mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción	400-550 Mpa 58-80 ksi	Placas de acero, formas y barras
Límite elástico	250 MPa 36 ksi	Espesor menor o igual a 200 mm (8 pulg)
Elongación	20%	Placas y barras de 200 mm (8 pulg)
Dureza	119 Brinell 162 HBW	Basado en la conversión de resistencia a la tracción
Módulo de elasticidad	200 Gpa $29 \cdot 10^3$ ksi	-
Prueba de impacto ensayo Charpy con muesca en V	27 J 20 ft*lb	-
Módulo de corte	79.3 GPa $11.5 \cdot 10^3$ ksi	-
Límite de fluencia	250 Mpa 36 Ki	-

2.2.2 Tubo estructural ASTM A-500

Tiene diferentes presentaciones entre las cuales tenemos cuadrada, rectangular o redonda, están formados de acero estructural al carbono. Por lo general se utilizan para realizar construcciones estructurales. En las mismas se puede realizar trabajos de soldadura, remaches o procesos atornillados, en la siguiente tabla se puede apreciar las propiedades mecánicas del tubo estructural ASTM A-500 [40].

Tabla 5.Propiedades mecánicas del Tubo estructural ASTM A-500 [40].

Nomenclatura ASTM	fy		fu	
A500	320 MPa	3235 kg/cm ²	430 MPa	4360 kg/cm ²

2.2.3 Acero inoxidable

El uso de acero inoxidable es fundamental en la construcción de una máquina cuando esta trabajará directamente con alimentos, en este caso la papa, por lo que para este trabajo se optará por el acero inoxidable AISI 304, que es el más común en la industria alimenticia por sus propiedades de soldabilidad, resistencia a la corrosión, resistencia a altas y bajas temperaturas, así como también otras propiedades mecánicas que lo hacen ideal para el trabajo con alimentos[41].

A continuación en la tabla se presentan las propiedades físicas del Acero inoxidable AISI 304:

Tabla 6.Propiedades del acero INOX 304.

Propiedades del Acero INOX 304	
Densidad	7.96 g/cm ³
Punto de Fusión	1398 – 1454 °C
Calor específico	500 J/(Kg * k) a 20°C
Resistividad eléctrica	0.73 μΩ * m (20°C)
Permeabilidad magnética	1.02 aproximado
Módulo elástico	193 GPa (28 * 10 ⁶ psi)
Difusividad Térmica	3.84 mm ² /s
Coefficiente de conductividad térmica	16.3 (100°C) 21.5 (100°C)
Coefficiente de dilatación lineal	17.2 (0 – 100°C) 17.8 (0 – 300°C) 18.4 (0 – 500°C)

2.2.4 Tubo PVC (Policloruro de Vinilo)

El tubo de PVC es uno de los más usados tanto en industrias como en los hogares para el transporte del agua por su alta durabilidad a través del tiempo, además al ser un

material termoplástico presenta una susceptibilidad a darle forma o curvarlo según se necesite, además de que su costo no es elevado, por lo que es ideal para implementarlo en el transporte y distribución del agua para la parte del lavado de la papa[42].

En la siguiente tabla se puede observar las características del PVC.

Tabla 7.Características técnicas del PVC [43].

Características físicas	Valor	Unidades
Peso específico	1.36-1.4	gr/cm ³ a 25 °C
Variación longitudinal máxima	> 5 segundos NCh 1649	%
Coefficiente de dilatación térmica	0.08	Mm/ (m °C)
Inflamabilidad	Auto extingible	-
Coefficiente de fricción	n=0.009 c=150	Manning Hazen Williams
Punto de Vicat	76	°C
Conductividad térmica	35*10 ⁻⁵	Cal*mm/(cm ² *s*°C)
Tensión de diseño	100	Kg/cm ²
Resistencia a la tracción	450 a 550	Kg/cm ²
Resistencia a la compresión	610	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	30000	Kg/cm ²
Resistencia al aplastamiento	Hasta 0,4 veces el diámetro, sin fisuras ni roturas.	-
Elongación hasta la rotura	15	%

2.3 Criterios para el diseño de los elementos

2.3.1 Motor eléctrico

Para el caso del motor lo que se necesita determinar, es la potencia requerida para el funcionamiento de la máquina, además se necesitará realizar 2 veces este cálculo, pues las máquinas de clasificación y lavado necesitarán funcionar cada una por su cuenta.

La función principal de este aparato es convertir la energía eléctrica en energía mecánica, la fuerza física que este produce depende de cómo se alineen los polos de un imán dentro del motor, en este caso deben estar colocados de manera opuesta. La mayoría de los motores eléctricos funciona con corriente alterna, la constante alternación entre polaridades positiva y negativa influye en que se mantenga el giro de manera constante. Para la selección del motor es necesario tener en cuenta varias

características como conocer las características de la carga, tener en cuenta los kilovatios necesarios, el arranque, el ajuste del ciclo de trabajo, la hipoxia del motor, las clases de aislamiento, la ventilación, la forma en la que está construido, el tamaño, el grado de protección, la frecuencia, la tensión, la velocidad de rotación, la potencia, entre otros [44].

- Características de carga, están divididas en tres categorías generales.
 - Par constante: en este tipo de carga se encuentran las siguientes maquinas, transportadoras de materiales, extractoras, bombas de desplazamiento, para calcular el tamaño del motor en este tipo de aplicación, es necesario conocer el par de aplicación o caballos de fuerza.
 - Par con cambio abrupto: es necesaria en ascensores, compactadores, punzonadoras, sierra y transportadoras, este tipo de motor cambia de sentido de giro de manera rápida, frecuentemente en fracciones de segundo, una de las características más importantes que se debe tener en cuenta es elegir uno cuya curva de velocidad-par exceda la curva de par de carga.
 - Par que cambia con el tiempo: están implementados en máquinas como, bombas centrífugas, ventiladores, sopladores y equipos similares, los mismos que tienen a ser variables con el tiempo, para elegir un motor para este tipo de aplicación es necesario tener en cuenta el punto más alto de carga continua, la cual se produce a la velocidad más alta [44].
- Kilovatios necesarios: para seleccionar un motor es necesario considerar los kilovatios necesarios, existe una regla de oro y es seleccionar solo la cantidad necesario y evitar implementar una de mayor tamaño o menor.

La potencia necesaria se puede calcular con la siguiente formula:

$$Potencia(KW) = Par(Nm) * Velocidad (rpm) \quad \text{Ec. 2.1}$$

- Arranque: La inercia es un factor muy importante a tener en cuenta, en especial durante el arranque, existen máquinas que necesitan un gran par de arranque,

como son las punzonadoras, molinos de bolas, trituradoras, reductores que mueven grandes rollos y algunos tipos de bombas, debido a que tiene que mover una gran masa.

Este tipo de motores poseen calificaciones especiales debido a que el aumento de temperatura de arranque no debe superar el límite de la temperatura permisible, un motor con las capacidades adecuadas debe ser capaz de tirar una carga desde el punto muerto, llegue a su punto de un funcionamiento óptimo y mantenga este estado.

Se estableció un orden para la capacidad de arranque de cargas de inercia, NEMA establece esta jerarquía de la siguiente forma modelo tipo A, B, C y D. Donde la de tipo B es el más utilizado en la industria, debido a que es una buena opción para la mayoría de las aplicaciones comerciales e industriales.

- Ajuste del ciclo de trabajo: el ciclo de trabajo es el periodo donde el motor realiza las fases de inicio, ejecución y parada. Existen dos tipos de funcionamiento.

Funcionamiento continuo: Es el más sencillo y eficiente, su ciclo de trabajo comienza con el inicio y puede seguir funcionando por largos periodos de tiempo debido a que estabiliza el calor mediante ventilación, se puede operar con seguridad durante o cerca de su capacidad nominal debido a que posee la capacidad de estabilizarse.

Funcionamiento intermitente: La vida funcional de este tipo de motores es proporcional al número de arranque que hace. Esto se debe a que al momento del arranque la corriente de inicio calienta el conductor de una manera acelerada, por estos factores los motores tienen un número limitado de arranques y paradas que pueden realizar por hora.

- Hipoxia del motor: si el motor va a trabajar a una altura considerable con respecto al mar, el mismo no podrá trabajar a su máxima capacidad, debido a que a mayor altura el aire es menos denso por lo tanto el motor no se enfría correctamente, es un factor que se debe tener en cuenta si se implementa un motor en grandes alturas.
- Potencia: Es la fuerza que genera el motor para mover una carga a una velocidad determinada, este valor está especificada en la placa, indica la

potencia mecánica que se dispone en la punta del eje del motor, la misma esta expresada en Kilovatios además de su equivalente en caballos de fuerza.

- La velocidad: Esta expresada en revoluciones por minuto, en los motores de corriente alterna la rotación esta sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación [45].

Entonces, la potencia del motor se la determina a través de la siguiente ecuación [20]:

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{Ec. 2.2}$$

En donde:

- P = Potencia
- W = Trabajo
- T = Tiempo

2.3.2 Tolva

La tolva necesita ser dimensionada en base al número y peso de las papas a clasificarse, por lo que se necesitará realizar un primer cálculo de la capacidad de producción de la máquina, el cual se lo realizará a través de la siguiente ecuación[20]:

$$C = \frac{Pd * Ci}{T} \quad \text{Ec. 2.3}$$

En donde:

C = Capacidad de Producción

Pd = Producción Diaria

T = Tiempo de Trabajo

Ci = Ciclo

Una Vez realizado el cálculo de la capacidad de producción se procede con el cálculo del número de papas a clasificar, el cual se lo obtiene a través de la ecuación:

$$N = \frac{C}{M} \quad \text{Ec. 2.4}$$

En donde:

N = Número de Papas

C = Capacidad de Producción

M = Masa Promedio

Finalmente, con los datos obtenidos de las ecuaciones anteriores finalmente se calculará las dimensiones de la tolva utilizando la ecuación [20]:

$$V = l * a * h \quad \text{Ec. 2.5}$$

En donde:

V = Volumen de la tolva

l = Longitud

a = Ancho

h = Altura

2.3.3 Chumacera

La chumacera es un tipo de rodamiento el cual es usado para brindar apoyo a los ejes de rotación, estos pueden soportar grandes y pequeñas cargas, existen diseños que poseen su propio lubricante, esto ahorra el tiempo y alarga la vida del cojinete.

- Tensora: es generalmente utilizada en cintas de transporte en donde se alinea la banda y los ejes, de esta manera se puede centrar la banda de manera correcta, además de que se puede regular la pista de acuerdo con la necesidad.
- Pared: se instalan de manera fija a la máquina, en las cuales se colocan ejes. Este tipo de chumaceras posea 4 orificios los cuales son para fijarla al soporte.
- Brida: es utilizado para alinear los ejes de manera vertical y se sujeta por medio de tornillos. Se puede calibrar según la necesidad [44].

2.3.4 Remaches

Durante la construcción de la máquina se presentarán partes que necesiten ser unidas, pero solo se pueda acceder a ellas por una parte de sus caras, como es el caso de un tubo cuadrado y una tolva, para este tipo de necesidad es necesario el uso de remaches que son básicamente elementos de fijación utilizados para unir dos piezas a través de una remachadora, así mismo de ser el caso se deberá usar remaches de acero inoxidable por si unión resistente y duradera, además de que los remaches comunes son susceptibles a la corrosión, la cual afecta a los alimentos[44].

2.3.5 Pernos

Al igual que un remache, los pernos son piezas usadas para la unión entre dos objetos, con la diferencia que estos son usados cuando se tiene acceso completo a las caras de los objetos, estos pernos se acoplan a los objetos a través de perforaciones previamente realizadas y para su ajuste se utilizan tuercas, asegurando así la unión y que el perno no se mueva del lugar designado[44].

2.3.6 Interruptores de encendido y apagado

Es un dispositivo eléctrico el cual nos permite efectuar la función de encendido o apagado mediante un mando, su función es dejar pasar o no la corriente de un circuito eléctrico, está constituido mecánicamente por dos contactos mecánicos y una parte móvil llamada balancín, al momento de presionarlo obtenemos el efecto de encendido o pagado según sea el caso [44].

2.3.7 Botón de parada de emergencia

Es un interruptor a prueba de fallos, es utilizado para tener una mayor seguridad en las maquinarias para las personas que las operan, su función es detener de manera inmediata una maquina cuando existe un riesgo de lesión o es necesario detener la fluidez del trabajo. Toda máquina debe poseer este elemento. Existen tres tipos:

- Empuje - Tracción: se pulsa para accionar y se suelta tirando del mismo.
- Liberación por giro: se pulsa para accionar y se libera girando.
- Liberación con llave: se pulsa para accionar y se libera con una llave [44].

2.4 Equipos a utilizar

Para la construcción de la máquina se requerirá del uso de ciertos equipos y herramientas especializadas por lo que a continuación se detallarán los mismos:

2.4.1 Plegadora

Están diseñadas principalmente para el plegado de chapas, estas máquinas ayudan realizar varios dobleces en función del usuario, también se debe tener en cuenta el espesor de la chapa metálica. Su clasificación depende de su fuerza motriz, además de sus varios ángulos de prensado. Este tipo de maquina puede ser accionada de manera mecánica o hidráulica, normalmente se utilizadas para realizar trabajos en frio, a continuación, en la imagen se puede observar las características de la plegadora seleccionada [45].

Tabla 8. Ficha técnica Plegadora W67K 160*3200 [45].

Fuerza nominal	1600 KN
Largo de la mesa de trabajo	3200 mm
Distancia entre columnas	2840 mm
Profundidad de garganta	320 mm
Carrera	200 mm
Apertura de la altura	455 mm
Capacidad de plegado	6 mm
Motor	11 KW
Dimensiones	3900*1800*2580
Peso bruto	12.200 kg

2.4.2 Equipos de soldadura

Se define como soldadura a el proceso mediante el cual dos o más piezas son unidas sólidamente a través de un proceso de fusión a través de un material de igual o similares propiedades de los elementos a soldar[46].

Existen diferentes tipos y métodos de soldadura, así como equipos especializados en estos, a continuación, se presentarán diferentes los principales métodos que se utilizarán para la construcción de la máquina [46]:

2.4.2.1 Soldadura Mig

Es uno de los principales procesos de soldadura, se la realiza a través de arco con un electrodo no permanente y a su vez con un gas inerte que actúa solamente como protector de la soldadura, por lo que no tendrá reacción o efecto en la misma, esta soldadura es mayormente usada para aceros de medio a bajo contenido de carbono, aluminio, titanio, entre otros[47].

A continuación, en la figura se puede observar al modelo de soldadora seleccionado



Figura 20.Soldadora PowerMIG 350 BP [46].

Tabla 9.Datos Tècnicos soldadora Mig

Especificaciones técnicas	características
Voltaje: 220 V	El proceso mig es más productivo que el mma.
Corriente máxima: 350 Amp	La calidad y resistencia del cordón es superior a otros procesos.
Calibre del alambre (MIG): 0.8-1.2	Protección térmica.
MIG= 350/60	Consumo energético eficiente.
Tecnología: IGBT	Funde electrodo 6011-6013-7018 en 5/32 en proceso mma inverter.
Antorcha MIG: 3 mt	Protección contra sobre corriente.
Grapa de tierra: Si	Avance de alambre automático (controlado por el voltaje).
Porta electrodos: 600 Amp.	
Regulador para CO2 (flujómetro): Si	
No Incluye carrete de alambre.	

Como se puede ver en la anterior tabla existen varios valores de acero inoxidable que nos reviran más delante [48].

2.4.2.2 Soldadura Tig

A diferencia de la soldadura Mig, esta soldadura usa un electrodo permanente, el cual, a través del calor emitido por el electrodo en el proceso de arco, funde el material a unirse, el cual puede o no tener aporte externo, además se utiliza gases de protección para evitar la corrosión producto del oxígeno o el nitrógeno presentes en la atmosfera, esta soldadura es comúnmente usada para soldar aluminio y aceros inoxidables[47].

En la siguiente tabla se puede observar las características de la soldadora Tig.

Tabla 10.Datos técnicos Soldadora Tig.

Especificaciones técnicas	características
Voltaje: (110-220) V	Soldadura de todo tipo de aceros
Corriente nominal: 100 A	Soldadura de cobre y bronce
Tipo de Panel: Digital	Corriente de bajada evita poros
Tiempo Postflujo de gas: 1-10	Compatible con control de amperajes
Peso: 17.15 Kg	Mayor control de calor en charco de soldadura
Voltaje de Salida Promedio: 70 V	Compatible con generadores eléctricos
Fase: Monofásico	Protección contra cortes, variaciones de voltaje y recalentamiento.
Corriente Inicial: 15 A	
Frecuencia: 50-60 Hz	
Ciclo de Trabajo: 35%	

2.4.2.3 Soldadura Smaw

Es uno de los tipos de soldadura más usados actualmente, el cual usa un electrodo revestido de determinados materiales que brindan protección a la soldadura, finalmente la soldadura smaw es útil en casi todos los trabajos a sea pequeños o grandes pues puede con este método se puede soldar casi cualquier metal, con cualquier tipo de unión[49].

En la siguiente figura se puede observar las características del elemento seleccionado:

Tabla 11.Especificaciones Soldadora SMAW.

Especificaciones técnicas	características
Tensión	(220-380-440) V
Tensión en Vacío	80 V
Rango de Corriente	80-750 A
Dimensiones	950x570x840 mm
Peso	225 kg
Clase de Protección	IP21
Fases	3
Tensión Nominal de Salida	465 A/38.5V @100%
	600 A/44V @60%
	750 A/44V @35%

2.4.3 Equipos de corte

Son todos aquellos equipos que se utilizarán para cortar y dar forma a las distintas partes de la máquina, estos son:

- **Cizalla**

La cizalla es una herramienta a través de la cual se realizan cortes a chapas metálicas de poco espesor, para el caso de aquellas con espesor considerable, se utilizará cizallas con motor para incrementar la fuerza de corte[50].

- **Amoladora**

La amoladora es otra de las herramientas de corte a usarse en la construcción de la máquina, además dependiendo del disco de corte usado servirá para corte, desbastado o decapado de los aceros que se emplearán[51].

- **Corte por Plasma**

Es un proceso térmico por fusión utilizado para realizar cortes de alta precisión, este puede ser usado en casi cualquier material y los costos de corte para este proceso no son elevados[52].

2.4.4 Equipo de diseño y cálculo

2.4.4.1 Computador

Para el proceso de diseño y cálculos necesarios para la construcción de la máquina, se necesitará de un computador con un rendimiento óptimo para rapidez y precisión en los cálculos realizados, así como para la ejecución de software CAD y planos de montaje, para lo cual se utilizará una laptop con las características descritas en la siguiente tabla:

Tabla 12.Características Laptop de Trabajo.

MSI GP63 LEOPARD 8RF	
CPU	Intel Core i7 Octava generación
OS	Windows 11 Pro
CHIPSET	Intel HM370
GRÁFICOS	Geforce GTX 1070 8GB GDDR5
MEMORIA	16 GB DDR4
BATERÍA	6 celdas 51
CORRIENTE	1800 W
ALMACENAMIENTO	250 GB SSD, 1 TB HDD

2.5 Formulas utilizadas en el diseño y construcción de la máquina.

2.5.1 Número de papas a clasificar [51].

Es necesario conocer la cantidad de papas que se van tanto a clasificar y lavar, para lo cual se utilizara la siguiente fórmula:

$$N = \frac{C}{c1} \quad \text{Ec. 2.6}$$

donde:

N= Número de papas a clasificar.

C= Ciclo de 60 segundos.

c1= Capacidad.

2.5.2 Dimensionamiento de la tolva [53]

Es necesario tener en cuenta que el tamaño de la tolva debe ser lo suficientemente grande para almacenar la cantidad suficiente de papas para alimentar tanto la lavadora y clasificadora de papas, para lo cual se utilizaran las siguientes fórmulas:

$$V = A * h \quad \text{Ec. 2.7}$$

$$Vt = V * N \quad \text{Ec. 2.8}$$

En donde:

V= Volumen.

A= Área.

N: Número de papas.

Vt= volumen total.

2.5.3 Longitud de la base [52]

La misma que está en función del volumen y se calcula con la siguiente fórmula.

$$V = l * a * h \quad \text{Ec 2.9}$$

Donde:

V= Volumen.

l= Longitud.

a= Ancho.

h= altura

2.5.4 Inclinación de la tolva

Es necesario conocer el ángulo de inclinación de la tolva debido a que es el que influye directamente en el desplazamiento inicial de las papas, el cual se calcula con la siguiente fórmula [53]:

$$\theta = \tan^{-1}(\mu_s) \quad \text{Ec. 2.10}$$

Donde:

θ = ángulo de inclinación

μ_s = coeficiente de fricción acero – papas = 0,25

2.5.5 Cálculo del volumen de la tolva de almacenamiento [45]

$$V_T = V_1 - V_2 \quad \text{Ec. 2.11}$$

En donde:

V_T = Volumen total.

V_1 = Volumen de un sólido rectangular.

V_2 = Volumen del triángulo rectángulo.

A continuación, la fórmula de un sólido rectangular.

$$V_1 = A * B * C \quad \text{Ec. 2.12}$$

En donde:

A = Altura.

B = Base.

C = Ancho.

A continuación, la fórmula de triángulo rectángulo recortado.

$$V_2 = A * B * C' + \frac{A^2 * \tan \theta * C}{2 * \cos \theta} \quad \text{Ec. 2.13}$$

En donde

C' = base del triángulo.

2.5.6 Dimensionamiento del tambor

Se tomo como base un sistema se algunas secadoras industriales, se encontró algunas con sistema de tambores rotativos, los mismos que poseen sistemas internos ahora el transporte de materiales, el cual sería un tambor inclinado sobre un eje horizontal, el soporte de estos elementos son rodamientos repartidos a lo largo del cilindro. El tabor es accionado por un sistema de transmisión de potencia por poleas. En la siguiente figura se puede observar un diagrama de un secador industrial simplificado, sistema que será tomado como base para el diseño de la lavadora de papas [53].

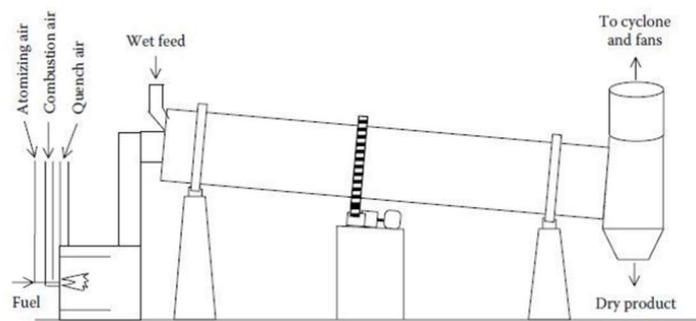


Figura 21. Diagrama simplificado de un secador industrial [53].

2.5.7 Velocidad crítica del tambor

El cálculo de velocidad crítica se puede resolver con la fórmula establecida por Alcántara Valladares Juan Ramón, la cual establece que la velocidad del tambor será una parte de la velocidad crítica, la misma que está en función del diámetro. La fórmula es la siguiente:[45]

$$Nc = \frac{42.3}{\sqrt{D}} \quad \text{Ec. 2.14}$$

En donde:

Nc = Velocidad crítica del tambor en rpm.

D = Diámetro del tambor en mm.

De acuerdo con la formula entre más grande sea el diámetro menor será la velocidad crítica del tambor, una vez que se encuentre el diámetro se podrá calcular la velocidad critica del tambor.

2.5.8 Volumen del tambor [53]

Para este cálculo se utilizará la formula establecida en “Handbook of Drying, Cap. 7 Rotary Drying”, esta ecuación está relacionada con los secadores industriales, los cuales utilizan tambores rotatorios. La fórmula se describe a continuación:

$$V = \frac{t * F}{H * \rho p} \quad \text{Ec. 2.15}$$

En donde:

V =Volumen del tambor (m^3).

t = Tiempo de lavado (s).

F = Flujo másico (Kg/h).

H = Factor de llenado (%).

Pp = Densidad del producto (Kg/m^3).

2.5.9 Diámetro y longitud del tambor [45]

Se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$\frac{L}{D} = 2 \quad \text{Ec. 2.16}$$

Donde:

L = Longitud.

D = Diámetro.

2.5.10 Ángulo de inclinación

Para saber cuan inclinado debe estar el tambor se puede calcular con la ecuación propuesta por “Handbook of Drying, cap. 7 Rotary Drying” la misma que está basada en experimentos realizados por Friedam y Marshall [54].

$$t = \frac{0.23 * L}{D * N^{0.9} * \tan \alpha} \quad \text{Ec. 2.17}$$

Se despeja el ángulo α , la ecuación queda expresada de la siguiente forma

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{0.23 * L}{D * N^{0.9} * t}\right) \quad \text{Ec. 2.18}$$

Donde:

α = Ángulo de inclinación del tambor (°)

L = Longitud del tambor (m)

D = Diámetro del tambor (m)

N = Velocidad de giro del tambor (rpm)

T = Tiempo de lavado (h)

2.5.11 Masa de las papas

Es necesario conocer la masa total de papas que va a albergar el tambor, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación [20].

$$m_{pt} = V * H * p_p \quad \text{Ec. 2.19}$$

Donde:

m_{pt} = Masa de las papas en el tambor (Kg)

V = Volumen del tambor (m³)

H = Porcentaje de llenado (%)

p_p = Densidad de la papa (Kg/m³)

2.5.12 Carga distribuida [20]

$$w = m * g \quad \text{Ec. 2.20}$$

Donde

w= Peso.

m=masa.

g= gravedad.

$$Cd = \frac{w}{L} \quad \text{Ec. 2.21}$$

Donde:

Cd= Carga distribuida.

L= longitud

2.5.13 Esfuerzo normal máximo a flexión [20]

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. 2.22}$$

Donde:

M= momento crítico

c=Distancia máxima en Y

I=Momento de inercia

2.5.14 Momento de inercia en un aro [20]

$$I = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4) \quad \text{Ec. 2.23}$$

Donde:

R= Radio externo.

r= Radio interno.

2.5.15 Aceleración angular

Esta aceleración está definida como la relación existente entre la velocidad a la que gira el tambor y el tiempo que le toma al motor estabilizarse, así como se observa en la siguiente ecuación [55].

$$\beta = \frac{W}{t_m} \quad \text{Ec. 2.24}$$

En donde:

β = Aceleración Angular

W = Velocidad a la que gira el tambor

t_m = Tiempo de Estabilización del tambor

2.5.16 Momento torsor [55]

El momento angular se presentará cuando la papa esté girando en el tambor, por lo que para este cálculo influirá el momento de inercia de la papa y la aceleración angular vista anteriormente: El momento angular se presentará cuando la papa esté girando en el tambor, y la ecuación para su cálculo es la siguiente:

$$M_o = m * g * r_{int} \quad \text{Ec. 2.25}$$

En donde:

M_o = Momento Torsor

m = Masa total de las papas que ingresan al tambor

g = Gravedad

r_{int} = Radio Interno

2.5.17 Potencia de diseño [55]

En este apartado se obtendrá la potencia requerida del motor para hacer girar a las papas cuando el tambor se encuentre ya cargado, además se deberá tomar en cuenta la aplicación de un factor de corrección a el cálculo realizado, para evitar valores de potencia insuficientes o que apenas abastecen a lo requerido.

$$P_{otn} = M_o * W \quad \text{Ec. 2.26}$$

En donde:

P_{ot} = Potencia de diseño nominal

M_o = Momento Torsor

W = Velocidad de giro

$$P_{otD} = P_{otn} * \frac{C_1}{\eta} \quad \text{Ec. 2.27}$$

En donde:

P_{otD} = Potencia de Diseño

P_{otn} = Potencia Nominal

C_1 = Factor de corrección de Potencia

η = Eficiencia motorreductor

El factor de corrección de potencia ha sido tomado del libro “Dibujo Mecánico”, en el capítulo de poleas y correas, tomando en cuenta a esta máquina para el apartado de bombas de pistón y compresores de aire

Tabla 13.Factor de Corrección de Potencia.

Tipo de Máquina	C1
Máquinas Herramientas para: Elaboración de Papel, Fabricación de Ladrillos, Trabajar Madera, Tipografías	1.25
Bombas de Pistón, Compresores de Aire	1.3
Bombas Centrifugas, Ventiladores, Aspiradores	1.2
Trituradoras, Maquina Minería	1.35

2.5.18 Bomba hidráulica

Para calcular la potencia necesaria para el suministro de agua en la máquina lavadora de papas se implementará la siguiente formula[20].

$$P_{teorica} = H_B * \rho * g * Q_T \quad \text{Ec. 2.28}$$

Se debe tener en cuenta que en las operaciones se tienen rangos de eficiencia, por lo tanto, se determinará la potencia real mediante la siguiente fórmula.

$$P_{real} = \frac{P_{teorica}}{\%} \quad \text{Ec. 2.29}$$

En donde:

% = Eficiencia, en este caso se utilizará una eficiencia del 95%.

H_B = Altura dinámica.

ρ = Densidad del agua.

g = Coeficiente de gravedad.

Q_T = Caudal total.

2.5.19 Altura dinámica [20]

$$H_B = h_{ftotal} + \left[\frac{P_2}{\rho * g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right] \quad \text{Ec. 2.30}$$

Donde:

h_{ftotal} = Perdida de carga

P_2 = Presión de salida del rociador.

V_2 = Velocidad del flujo del agua en la salida de la boquilla.

Z_2 = Altura de las boquillas con respecto a la bomba.

P_1 = Presión de en el nivel del agua de la cisterna.

V_1 = Velocidad del flujo del agua en la cisterna.

Z_1 = Altura de la cisterna con respecto a la bomba.

P = Densidad del agua.

2.5.20 Velocidad del flujo del agua [20]

Este cálculo se lo realizara mediante la siguiente fórmula.

$$Q = A * V_2 \quad \text{Ec. 2.31}$$

Donde:

Q = Caudal en el extremo del rociador.

A = Sección interna de la tubería.

V_2 = Velocidad del flujo de agua

2.5.21 Perdida de carga (hf) [53]

Se utilizará la siguiente ecuación

$$h_{f_{total}} = \frac{(f * L_{eq} * V_2^2)}{2 * D * g} \quad \text{Ec. 2.32}$$

En donde:

f = Coeficiente de fricción.

L_{eq} = Longitud equivalente.

D = Diámetro interior de la tubería = 0.0191

V_2 = Velocidad de la boquilla = 5.22 m/s.

G = Coeficiente de gravedad = 9.8 m/s².

2.5.22 Potencia de la bomba [53]

Para el cálculo de la potencia de la bomba se utilizará la siguiente ecuación.

$$P = H_B * p * g * Q \quad \text{Ec. 2.33}$$

Donde:

Hb= Trabajo de la bomba.

P= Densidad del agua.

G= gravedad.

Q= Caudal.

2.5.23 Poleas

La lavadora de papas necesitará de un sistema de transmisión por el cual recibir movimiento desde el motor hacia el tambor, por esto, el tambor de lavado será acoplado al motor con un sistema de polea en el que se conectará una polea al motor de manera directa, y la otra parte del sistema la conformará el tambor, que actuará como la segunda polea, lo que quiere decir que en este se envolverá la correa transmitiendo el movimiento de manera directa, como lo muestra la siguiente figura [55]:

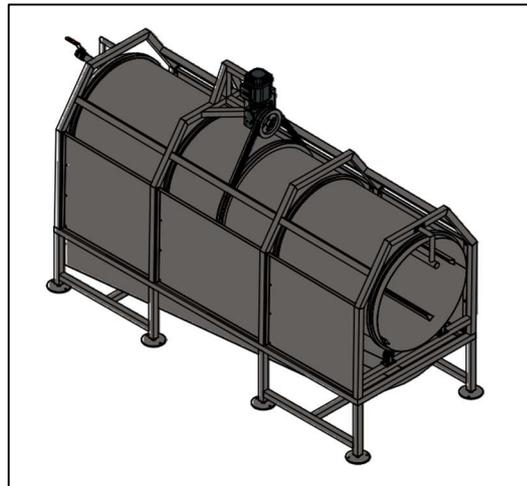


Figura 22. Transmisión por poleas[55]

2.5.24 Relación de transición entre la polea y el tambor. [55]

Se calculará la relación de transmisión existente entre el tambor y la polea conductora a través de la siguiente ecuación:

$$Rt = \frac{\phi_1}{\phi_2} \quad \text{Ec. 2.34}$$

En donde:

Rt = Relación de transmisión.

ϕ_1 = Diámetro de la polea 1.

ϕ_2 = Diámetro de la polea 2 o tambor.

2.5.25 Velocidad de giro de la polea conductora con el motorreductor [20]

Para poder lograr las revoluciones deseadas en el tambor, se necesita del uso de un motorreductor, para lo cual se calculará la velocidad a la que la polea deberá girar para que juntamente con la relación de vueltas transmitida. Se utilizará la siguiente ecuación para determinar dicho valor.

$$\phi_1 * n1 = \phi_2 * n2 \quad \text{Ec. 2.35}$$

En donde:

ϕ_1 = Diámetro de la polea 1.

ϕ_2 = Diámetro de la polea 2 o tambor.

$n1$ = Velocidad de giro polea 1.

$n2$ = Velocidad de giro polea 2 o tambor.

2.5.26 Par de salida del reductor [20]

Para el cálculo se debe utilizar la siguiente ecuación.

$$Mr = \frac{Mo * \theta_1}{\theta_2} \quad \text{Ec. 2.36}$$

Donde:

Mr = Momento reductor.

Mo = Momento torsor.

θ_1 = Diámetro polea pequeña.

θ_2 = Diámetro polea 2 o tambor.

2.5.27 Velocidad lineal de la correa [45]

Para el cálculo se utilizará la siguiente ecuación.

$$Vc = \frac{\theta_1 * \pi * n1}{60000} \quad \text{Ec. 2.37}$$

Donde:

Vc = Velocidad de la correa.

θ_1 = Velocidad de giro de la polea 1.

Vc = Diametro de la polea 1.

2.5.28 Longitud de la correa [45]

Para calcular la longitud de la correa, se debe tomar en cuenta que las poleas en este caso no son de la misma dimensión, por lo que se usará la siguiente ecuación para el cálculo de esta longitud:

$$L_c = 2C + \frac{\pi}{2}(\phi_2 + \phi_1) + \frac{(\phi_2 - \phi_1)^2}{4C} \quad \text{Ec. 2.38}$$

En donde:

C = Distancia entre centros.

ϕ_2 = Diámetro polea mayor.

ϕ_1 = Diámetro polea menor.

2.5.29 Ángulo de abrazado [52]

Se utilizará la siguiente ecuación para realizar el cálculo respectivo.

$$\delta = 180^\circ - \frac{\theta_2 - \theta_1}{C} * 57 \quad \text{Ec. 2.39}$$

Donde:

δ = Ángulo de abrazado.

θ_2 = Diámetro polea 2 o tambor.

θ_1 = Diámetro polea 1 o pequeña.

C = Distancia entre centros.

2.5.30 Factor de corrección de potencia C_2 . [52]

Se utilizará la siguiente ecuación para el cálculo.

$$C_2 = \frac{\theta_1}{\theta_n} \quad \text{Ec. 2.40}$$

Donde:

C_2 = Factor de corrección de potencia.

θ_1 = Diámetro polea 1 o pequeña.

θ_n = Diámetro normal polea 1 o pequeña.

2.5.31 Potencia efectiva transmitida por la correa [52]

Es necesario la siguiente ecuación para realizar el respectivo calculo.

$$P_{efec} = P_{teo} * C2 * C3 \quad \text{Ec. 2.41}$$

En donde:

P_{efec} = Potencia efectiva transmitida

P_{teo} = Potencia teórica transmitida.

$C2$ = Factor de corrección C2.

$C3$ = Factor de corrección C3.

2.5.32 Sección de soporte del tambor. [52]

Se utilizará la siguiente ecuación para este cálculo.

$$W'ty = \frac{Wty}{\text{Cos } \theta} \quad \text{Ec. 2.42}$$

Donde:

$W'ty$ = Peso que carga cada una de las ruedas.

Wty = Peso del producto más el del tambor dividido entre 4.

$\text{Cos } \theta$ = Coseno formado entre el eje vertical y el centro de la rueda.

2.5.33 Numero de papas alineadas entre rodillos [45]

Se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$N_y = \frac{1}{I} \quad \text{Ec. 2.43}$$

Donde:

N_y = Número de papas alineados por metro (pap/m)

I = Longitud media de los tubérculos (m)

Para determinar la longitud media de las papas se utilizará la siguiente fórmula, donde se tendrá en cuenta la medida mínima y máxima de sus diámetros.

$$I = \frac{Dm + DM}{2} \quad \text{Ec. 2.44}$$

Donde:

I = Longitud media de las papas.

Dm = Diámetro mínimo de las papas.

DM = Diámetro máximo de las papas.

2.5.34 Velocidad del desplazamiento lineal el tornillo sin fin [45].

$$V_r = \frac{p * n}{60} \quad \text{Ec. 2.45}$$

Donde:

V_r = Velocidad de desplazamiento lineal del rodillo sin fin (m/s).

p = Paso del rodillo sin fin (m).

n = Velocidad de giro del rodillo sin fin (rev/min).

2.5.35 Flujo de los tubérculos transportados [55].

$$q_t = V_r * N_y \quad \text{Ec. 2.46}$$

$$q = q_t * m \quad \text{Ec. 2.47}$$

Donde:

m = Masa media de los tubérculos en Kg.

2.5.36 Cálculo de la inercia [20]

Es necesaria la siguiente fórmula para el cálculo de la inercia.

$$I = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2) \quad \text{Ec. 2.48}$$

Donde:

m = Masa del tapón.

R_1 = Radio máximo.

R_2 = Radio interno.

2.5.37 Factor de seguridad [20]

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec. 2.49}$$

Donde:

σ' = Esfuerzo de Von Mises.

S_y = Resistencia a la fluencia.

n = Factor de seguridad.

2.5.38 Soldadura [46]

Las propiedades flexionantes de la soldadura a filete se demuestran mediante las siguientes fórmulas.

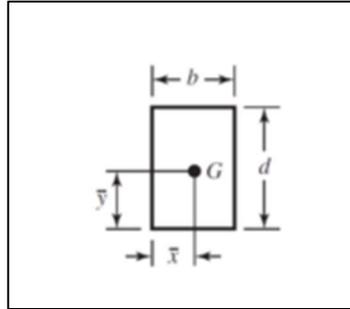


Figura 23. Soldadura a filete en perfil cuadrado

$$A = 4,414h(b + d) \quad \text{Ec. 2.50}$$

$$\bar{y} = \frac{d}{2} \quad \text{Ec. 2.51}$$

$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d) \quad \text{Ec. 2.52}$$

$$I = 0,707hI_u \quad \text{Ec. 2.53}$$

Donde:

I_u = Segundo momento unitario del área (mm^3).

A = Área de la garganta (mm^2).

I = Momento del área, con base en la soldadura de la garganta.

b, d = Dimensiones de las partes soldadas.

\bar{y} = Ubicación del centro de gravedad con respecto al eje y (mm).

h = Tamaño de soldadura (mm).

2.5.39 Esfuerzo primario y secundario [52]

$$\tau' = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 2.54}$$

$$\tau'' = \frac{Mr}{I} \quad \text{Ec. 2.55}$$

2.6 Procesos de construcción.

En la siguiente ficha de construcción y ensamble se detallan los procesos realizados que se deben seguir para la construcción de los componentes y el montaje de la maquina lavadora y clasificadora de papas.

Esta tablase puede apreciar los procesos por los cuales la máquina fue construida, así como los materiales implementados, además de tiempo en que conlleva cada proceso.

Tabla 14.Proceso de construcción de la máquina

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FICHA DE PROCESO DE CONSTRCCIÓN						
 	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LAVAR Y CLASIFICAR PAPAS PARA LA EMPRESA CEREALES AMBATEÑOS”					CÓDIGO
						FECHA
ELABORADO	CUNALTA HIDALGO KEVON ENRIQUE HIDALGO ACOSTA JONATHAN EDUARDO		NÚMERO DE PERSONAS		4 OPERARIOS	
REVISADO	ING. FRANCISCO PEÑA		NÚMERO DE HORAS TOTAL			
DESCRIPCIÓN	MATERIAL				Tiempo (h)	OBSERVACIÓN
Diseño y cálculo de los elementos que componen la máquina	-				150	Conforme a especificación
Elaboración de planos	-				80	Conforme a especificación
TOLVA PRINCIAPAL CON SU ESTRUCTURA						
Trazado y medición del material	Tubo cuadrado ASTM A36 50*3 mm				1,5	Conforme a especificación

	Lamina A304 e=1 mm					
Corte del material	Tubo cuadrado ASTM A36 50*3 mm Lamina A304 e=1 mm	○			1	Conforme a especificación
Verificación de las medidas	Tubo cuadrado ASTM A36 50*3 mm Lamina A304 e=1 mm		□		2	Conforme a especificación
Fijación de las partes	Tubo cuadrado ASTM A36 50*3 mm Lamina A304 e=1 mm	○			1	Conforme a especificación
Soldado de la estructura	Tubo cuadrado ASTM A36 50*3 mm Lamina A304 e=1 mm	○			3	Conforme a especificación
Pulido de la estructura	Tubo cuadrado ASTM A36 50*3 mm Lamina A304 e=1 mm	○			1	Conforme a especificación
Recubrimiento con pintura anticorrosiva	Tubo cuadrado ASTM A36 50*3 mm	○			1	Conforme a especificación
TAMBOR DE LAVADO						
Trazado y medición del material	Lamina A304 e=1.2 mm			⊗	1,5	Conforme a especificación
Corte del material	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Verificación de las medidas	Lamina A304 e=1.2 mm		□		1	Conforme a especificación
Embarolado del elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			5	Conforme a especificación
Formación de anillos de reforzamiento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			2	Conforme a especificación
Soldar el elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			3	Conforme a especificación
Pulido del elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
FORMACION DE LA ESTRUCTURA DE LA LAVADORA						
Trazado y medición del material	Tubo rectangular 50*30*2.6 mm			⊗	1,5	Conforme a especificación
Corte del material	Tubo rectangular 50*30*2.6 mm	○			5	Conforme a especificación
Verificación de las medidas	Tubo rectangular 50*30*2.6 mm		□		1	Conforme a especificación
Fijación de las partes	Tubo rectangular 50*30*2.6 mm	○			2	Conforme a especificación
Soldado de la estructura	Tubo rectangular 50*30*2.6 mm	○			4	Conforme a especificación

CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE RECOLECCIÓN						
Trazado y medición del material	Lamina A304 e=1.2 mm			☉	1	Conforme a especificación
Corte del material	Lamina A304 e=1.2 mm	○			2	Conforme a especificación
Verificación de las medidas	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Embarolado del elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			4	Conforme a especificación
Formación de anillos de reforzamiento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Soldar el elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Pulido del elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
FORMACIÓN DE SISTEMA DE TRANSMICIÓN DE POLEAS						
Torneado	Eje A304 D= 1 1/8 pulg	○			4	Conforme a especificación
Medición de diámetros	Eje A304 D= 1 1/8 pulg			☐	1	Conforme a especificación
Fijación del eje al motorreductor	Eje A304 D= 1 1/8 pulg	○			2	Conforme a especificación
Fresado de los chaveteros	Eje A304 D= 1 1/8 pulg	○			1	Conforme a especificación
Fijación del motorreductor	Tubo rectangular 50*30*2.6 mm	○			2	Conforme a especificación
Fijación de polea	Polea de 15 pulg	○			1	Conforme a especificación
Fijación de correas	Polea tipo b, ancho=1,5 cm, largo=	○			1	Conforme a especificación
Verificación de medidas				☐	1	Conforme a especificación
FORMACIÓN DEL SISTEMA DE LAVADO						
Diseño en software del elemento	Tubería de 3/4 in y accesorios	○			1	Conforme a especificación
Trazado y medición de los elementos	Tubería de 3/4 in y accesorios			☉	2	Conforme a especificación
Acople de elementos	Tubería de 3/4 in y accesorios	○			1	Conforme a especificación
Fijación de elementos	Tubería de 3/4 in y accesorios	○			1	Conforme a especificación
RODILLOS SIN ESPIRAL						
Diseño en software del elemento	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	○			2	Conforme a especificación
Trazado y medición de los elementos	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg			☉	1	Conforme a especificación
Corte de los materiales	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	○			1	Conforme a especificación

Verificación de medidas	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg		<input type="checkbox"/>		1	Conforme a especificación
Colación de tapas	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Soldado de tapas	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Colocación de chumaceras	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Empernado de chumaceras	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			2	Conforme a especificación
RODILLOS CON ESPIRAL						
Diseño en software del elemento	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			2	Conforme a especificación
Trazado y medición de los elementos	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg			<input type="checkbox"/>	1	Conforme a especificación
Corte de los materiales	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Verificación de medidas	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg		<input type="checkbox"/>		1	Conforme a especificación
Colación de tapas	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Colocación de chumaceras	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Empernado de chumaceras	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Fijación de manguera de presión	Tubo redondo ASTM A36 r=2 pulg	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
ESTRUCTURA DE LA CLASIFICADORA						
Trazado y medición del material	Tubo cuadrado ASTM A36 40*4			<input type="checkbox"/>	2	Conforme a especificación
Corte del material	Tubo cuadrado ASTM A36 40*4	<input type="checkbox"/>			2	Conforme a especificación
Verificación de las medidas	Tubo cuadrado ASTM A36 40*4		<input type="checkbox"/>		1	Conforme a especificación
Fijación de las partes	Tubo cuadrado ASTM A36 40*4	<input type="checkbox"/>			2	Conforme a especificación
Soldado de la estructura	Tubo cuadrado ASTM A36 40*4	<input type="checkbox"/>			2	Conforme a especificación
Pulido de la estructura	Tubo cuadrado ASTM A36 40*4	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Recubrimiento con pintura anticorrosiva	Tubo cuadrado ASTM A36 40*4	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
TRANSMISIÓN MEDIANTE CADENAS						
Colocación de la cadena	Cadena 428	<input type="checkbox"/>			1	Conforme a especificación
Verificación de fijación	Cadena 428		<input type="checkbox"/>		1	Conforme a especificación

INVERSOR DE GIRO						
Colocación de una chumacera de pared	Cadena 428	○			0,5	Conforme a especificación
Colocación de piñón	Cadena 428	○			1	Conforme a especificación
Fijación de cadena	Cadena 428	○			1	Conforme a especificación
Verificación de funcionamiento	Cadena 428		□		0,5	Conforme a especificación
COLOCACIÓN DE RETENEDORES						
Trazado y medición de los elementos	Lamina A304 e=1.2 mm			⊗	1	Conforme a especificación
Corte del material	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Punteado del elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Verificación de las medidas	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Soldado del elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Verificación de las medidas	Lamina A304 e=1.2 mm		□		1	Conforme a especificación
Pulido del elemento	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación
Recubrimiento con pintura anticorrosiva	Lamina A304 e=1.2 mm	○			1	Conforme a especificación

2.7 Nivel o tipo de investigación

2.7.1 Bibliográfico

Mediante consultas se investigará fuentes donde ya se ha desarrollado proyectos con una maquinaria similar, información que será útil al momento de desarrollar el proyecto, esta información será investigada en artículos, tesis, revistas, blogs, entre otros.

2.7.2 Exploratorio

En este campo se investigará información para determinar las medidas o la capacidad que necesita satisfacer el usuario o la manera óptima para que el diseño puede rendir de acuerdo con las necesidades del usuario, además se revisara la maquinaria que ya existe para la clasificación y lavado de papas, información que nos ayudara a mejorar el diseño que se propondrá.

2.7.3 Descriptivo

Por medio de consultas se revisará información sobre los diferentes métodos que existen para clasificar y lavar papas, para que de esta forma se puede elegir la mejor, además en esta etapa se revisara las diferentes partes y materiales que conforman la máquina.

2.7.4 De campo

En esta etapa se realizará una investigación en la cual se pretende recopilar información de manera presencial, en la cual se verificará las formas que existen de clasificar y lavar papas, con dicha información se podrá verificar si el proyecto aporta de manera positiva a la optimización en los procesos de lavado y clasificado.

2.8 Metodología Aplicada al Proyecto

Para la elaboración del presente proyecto técnico, se tomará en cuenta el cumplimiento de parámetros establecidos, los cuales garantizarán el funcionamiento de la máquina de manera correcta, estos parámetros serán establecidos más adelante conforme se desarrolle el presente proyecto.

Debido a la naturaleza y el tipo de proyecto, para este mismo se cuenta con el suficiente sustento bibliográfico para recurrir a un diseño experimental, en el que se tomarán las bases ya establecidas por otros proyectos, e implementando mejoras y reducción de costos

de materiales y construcción, logrando así una nueva máquina con mejoras respecto a sus antecesoras.

Después, se procederá con el diseño final de la máquina a través de software CAD especializado, a través de los cuales se realizará simulaciones de funcionamiento, cálculo estructural, diseño de planos, obteniendo datos precisos y un producto final mejorado.

Finalmente, Luego de realizada la construcción de la máquina se procederá a la verificación del trabajo, a través de pruebas de clasificación, por lo que se podrán implementar mejoras de acuerdo con las pruebas realizados luego de esta actividad.

2.8.1 Etapas de Desarrollo del Proyecto

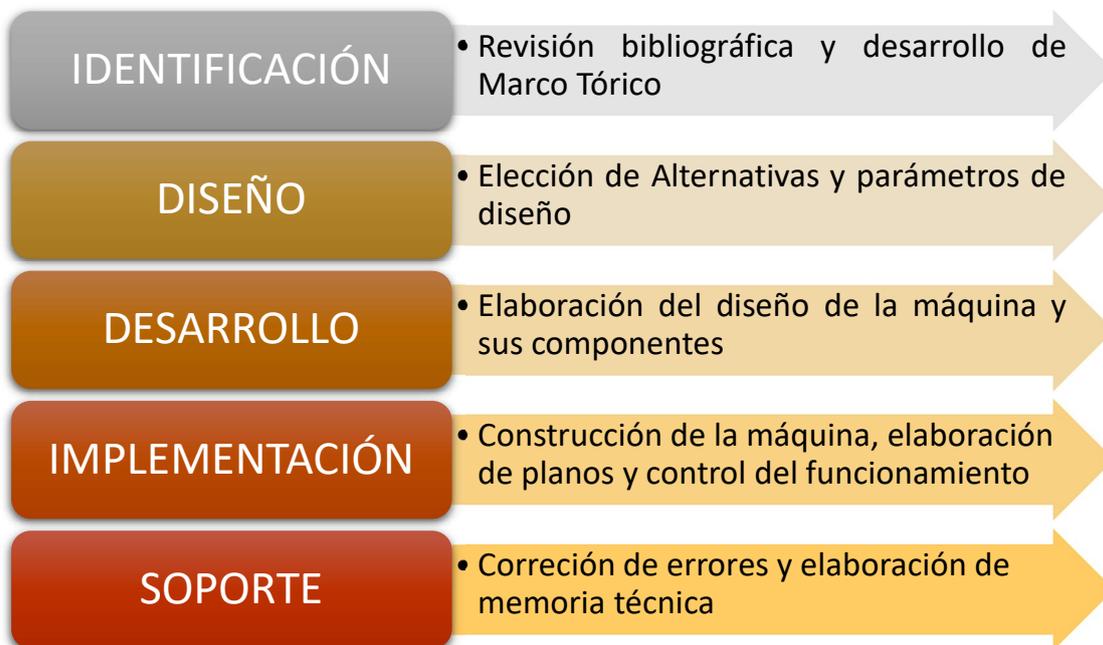


Figura 24. Etapas de Desarrollo del proyecto

En el gráfico se indican las etapas con las que se desarrollará el proyecto, así mismo estas se describirán a continuación:

- **Identificación.** – En esta etapa se indagará en distintas fuentes bibliográficas en busca de información y conocimiento sobre proyectos previos enfocados en el mismo o temas similares, con lo cual se procederá a la elaboración del marco teórico.
- **Diseño.** – Para este punto se utilizará el método experimental ya mencionado con anterioridad, tomando como base trabajos previos, definiendo así el o los métodos y parámetros óptimos con los que se procederá al diseño de la máquina

- **Desarrollo.** – Una vez elegido el método óptimo de diseño, en esta etapa se procederá con el mismo tomando en cuenta el cumplimiento de normas y factores de seguridad para cada uno de los componentes.
- **Implementación.** – En esta fase se procederá con la construcción de la máquina de acuerdo con lo planificado y diseñado, además se deberá verificar el funcionamiento adecuado de la misma.
- **Soporte.** – Finalmente, en esta etapa se realizará la corrección de errores detectados en las pruebas de funcionamiento y se elaborará la memoria técnica del proyecto.

2.8.2 Diagrama de procesos de clasificación y lavado

La siguiente figura muestra el diagrama de procesos para el lavado y clasificado efectuado en la máquina a realizar.

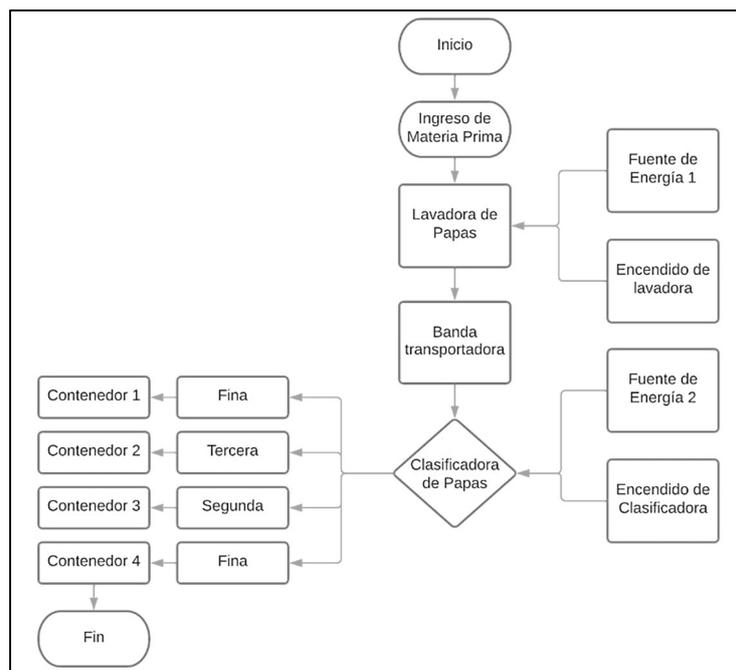


Figura 25.Diagrama de Procesos

CAPÍTULO III

3. Resultados y discusión

3.1 Separación de los rodillos

En base a los textos revisados sobre las papas se ha determinado que el factor mas importante para el diseño es el diámetro, por lo tanto, basándonos en la norma INEN 1516. Los rodillos deben tener la separación adecuada para la clasificación de las papas, por lo tanto, con ayuda de fórmulas trigonométricas se ha establecido las diferentes medidas según su respectivo intervalo, en la siguiente figura se muestra las separaciones de los intervalos según la norma INEN 1516.

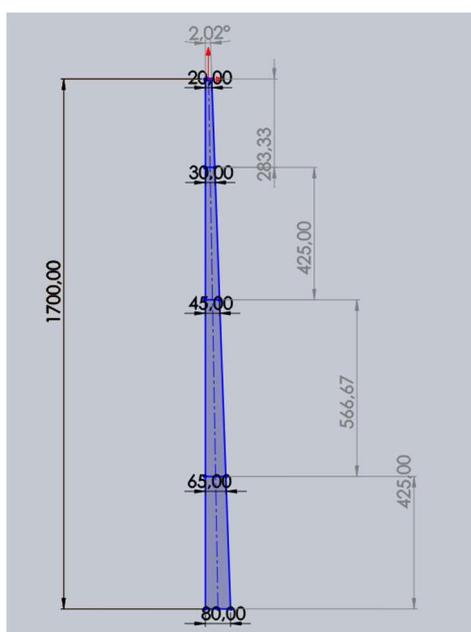


Figura 26. Distancias y ángulo de separación de los rodillos.

3.2 Selección de alternativas

Para la selección de la mejor alternativa para el lavado y clasificado de papas, se tomará en cuenta las características, ventajas, costos, entre otros parámetros que ayudarán a determinar la mejor opción.

3.2.1 Clasificadora

3.2.1.1 Alternativa 1: Cilindro rotatorio

Selecciona los productos mediante un cilindro el cual posee diferentes medidas para la selección de las papas según su tamaño.

3.2.1.2 Alternativa 2: Banda transportadora con rodillos

Es un proceso el cual conlleva 3 etapas, uno donde se realiza la limpieza de producto, la segunda fase de estabilización y selección de frutos defectuosos, y la tercera fase consta de la clasificación según su tamaño.

3.2.1.3 Alternativa 3: Salida de tamaño variable

Para este proceso las papas atraviesan un determinado caminado, hasta llegar a diferentes salidas con tamaño variable que separa las papas a través conformen van llegando a estos puntos[20].

En la siguiente tabla se tiene un resumen de las alternativas para la clasificación de papas.

Tabla 15. Alternativas de clasificación de Papas.

Alternativas de Clasificación de Papas			
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
			
Cilindro rotatorio	Banda transportadora con rodillos	Salida de tamaño variable	Tornillo Sin fin
Opción para acoplar la máquina de lavado dentro del mismo	Mejor Precisión de clasificado por su naturaleza de construcción	Reducción de espacio de diseño respecto a las otras alternativas	Espacio Reducido y precisión de clasificado óptima
PRINCIPALES MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN			
AISI 304 ASTM A36	AISI 304 ASTM A36 PVC	AISI 304 ASTM A36	AISI 304 ASTM A36

3.2.2 Lavadora

3.2.2.1 Alternativa 1: Lavadora con Tanque Giratorio

Su principal característica es que posee un tanque con una tubería central, que dispersa agua sobre las papas mientras el tanque rota.

3.2.2.2 Alternativa 2: Lavadora con Rodillos

Este medio consiste en una banda transportadora en conjunto con agua a presión que remueven las impurezas.

3.2.2.3 Alternativa 3: Lavadora de eje central

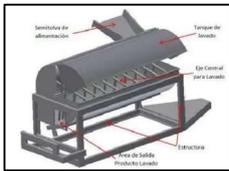
Tiene un proceso similar al de la lavadora de tanque giratorio, pero este posee un eje central donde se ubican tubos distribuidos a lo largo el mismo, al instante que gira el tanque estos son los encargados de lavar las papas.

3.2.2.4 Alternativa 4: Lavadora con cepillos

Consiste en un sistema que posee cepillos que giraran y lavaran las papas, mientras pasan por una banda transportadora.

En la siguiente tabla se tiene un resumen de las alternativas para el lavado de papas.

Tabla 16. Alternativas de lavado de papas.

Alternativas de lavado de Papas			
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
 <p>Cilindro rotatorio</p>	 <p>Lavadora con rodillo</p>	 <p>Lavadora de eje central</p>	 <p>Lavadora con cepillos</p>
Se puede incluir maquinaria de clasificación-	Se obtiene un mejor terminado al momento de remover las impurezas.	El tiempo que requiere para lavar es menor comparado con los otros métodos.	Opción para acoplar la clasificación dentro de la misma

PRINCIPALES MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN			
AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304
ASTM A36	ASTM A36	ASTM A36	ASTM A36
			PVC

3.2.3 Motores

3.2.3.1 Alternativa 1: motor eléctrico

Es una máquina capaz de transformar la energía eléctrica en mecánica, su principal función es girar el eje a altas revoluciones.

3.2.3.2 Alternativa 2: motorreductor

Es la unión de dos máquinas un motor eléctrico y un reductor, su principal función es reducir la velocidad del motor de manera automática

En la siguiente tabla se tiene un resumen de las alternativas para la selección del motor.

Tabla 17. Alternativas de motores.

Alternativas de motores	
Alternativa 1	Alternativa 2
 <p>Motor eléctrico</p>	 <p>Motorreductor</p>
Su principal función es girar el eje a altas revoluciones.	Una de las características principales del motorreductor es que tiene una gran potencia
PRINCIPALES MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Motor eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor eléctrico • Reductor

3.2.4 Sistema de transmisión

3.2.4.1 Alternativa 1: correas transmisión

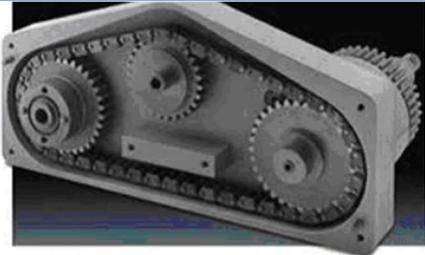
Son mecanismos de transmisión, de constitución flexible, las mismas que están acopladas a poleas con el objetivo de transmitir un par de giro. Su textura flexible ayuda a que se reduzca la transmisión de vibraciones.

3.2.4.2 Alternativa 2: Cadenas de transmisión

Son una buena alternativa al momento de transmitir grandes pares de fuerza, donde los ejes cambien de velocidades en un rango medio y bajo. Este método es muy eficaz cuando se requiere trabajar en ambientes con temperaturas altas y condiciones adversas, un factor importante para su correcto funcionamiento es que siempre debe estar lubricada.

En la siguiente tabla se tiene un resumen de las alternativas para la selección del sistema de transmisión.

Tabla 18. Alternativas de transmisión.

Alternativas de transmisión	
Alternativa 1	Alternativa 2
 <p>Correas de transmisión</p>	 <p>Cadena de transmisión</p>
<p>Su costo es conveniente, este elemento no puede garantizar una relación de transmisión constante.</p>	<p>Proporciona una relación de transmisión constante puede ser aplicada en cualquier tipo de maquinaria que lo requiera.</p>
PRINCIPALES MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Goma 	<ul style="list-style-type: none"> • Acero al carbono • Acero aleado

3.3 Evaluación de Alterativas

Para la evaluación de alternativas se tomará en cuenta principalmente los aspectos económicos aspectos tanto económicos como de funcionalidad, por lo que se utilizarán los siguientes valores para su ponderación (P):

- Regular= 1
- Bueno= 2
- Muy Bueno= 3
- Excelente= 4

Asimismo, se tomará en cuenta la importancia de cada aspecto, por lo que se usará otra ponderación para la misma (I):

- Poco Importante= 1
- Importante= 2
- Muy Importante= 3
- Necesario= 4

3.4 Criterios Para evaluar

Para seleccionar las alternativas propuestas será necesario establecer ciertos criterios que se evaluarán, los cuales son los siguientes:

- **Costo de Materiales.** – Este criterio es uno de los más importantes, pues para la elaboración de la máquina se trabajará con un presupuesto fijo, y la reducción de costos frente a trabajos previos será imprescindible.
- **Costo de Fabricación.** – Así como los costos de materiales, este punto es importante para el cumplimiento del presupuesto, pues dependiendo del método de fabricación y de la disponibilidad del mercado, podrán incrementar o disminuir los costos
- **Costos Eléctricos.** – Los costos eléctricos entre alternativas variarán dependiendo de cómo funciona la máquina, por lo que el costo podría incrementar considerablemente de acuerdo con la alternativa seleccionada,
- **Costos de Mantenimiento.** – Dependiendo de la alternativa y su construcción, los costos de mantenimiento podrán ser muy distantes entre sí, razón por la cual este criterio será tomado en cuenta.
- **Utilidad.** – Este criterio es importante, pues de acuerdo con la utilidad de cada alternativa podría tomar más o menos relevancia en el mercado.

- **Operabilidad.** – Una máquina con un uso muy complejo puede ocasionar que no sea atractiva en el mercado por ser muy difícil de operar o requerir mano de obra para hacerlo, debido a esto este criterio también es de alta relevancia.
- **Facilidad de Montaje.** – El montaje y desmontaje de cada máquina variará de acuerdo con el diseño y peso de los componentes, por lo que puede ser una alternativa por la que un cliente decida o no la adquisición de la máquina
- **Facilidad de Mantenimiento.** – Un mantenimiento muy complicado o de difícil acceso hace que la alternativa sea menos atractiva para su compra
- **Facilidad de Limpieza.** – Las máquinas deberán presentar cierta facilidad de limpieza necesaria cuando se trabaja con alimentos, debido a esto se tomará este criterio en cuenta.

Tabla 19. Evaluación de Alternativas de la clasificadora.

Factores a Evaluar	Importancia	Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa
		1	2	3	4
Costo de Materiales	4	3	2	2	3
Costo de Fabricación	3	2	3	2	2
Costos Eléctricos	2	2	2	2	2
Costos de Mantenimiento	2	2	3	3	2
Utilidad	4	3	4	2	4
Operabilidad	3	3	4	2	4
Facilidad de Montaje	1	2	4	3	3
Facilidad de Mantenimiento	2	2	3	2	3
Facilidad de Limpieza	2	1	3	2	3
Total $\Sigma(P * I)$		55	67	49	69

De acuerdo a la tabla elaborada, se ha determinado que el método de clasificación de la máquina a elaborar es el de tornillo sin fin, presentando un puntaje de 69, siendo el mayor de todos, además de que al utilizar un método de observación también se puede

determinar que la máquina seleccionada es la más factible por lo que se procederá al diseño de la máquina a partir de este método[20].

Tabla 20. Evaluación de alternativas de la lavadora.

Factores a Evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
					
Costo de Materiales	4	3	2	2	1
Costo de Fabricación	3	3	2	2	2
Costos Eléctricos	2	3	2	2	2
Costos de Mantenimiento	2	2	1	1	1
Utilidad	4	3	2	2	2
Operabilidad	3	3	4	2	3
Facilidad de Montaje	1	2	4	3	1
Facilidad de Mantenimiento	2	2	1	2	2
Facilidad de Limpieza	2	2	1	1	1
Total $\Sigma(P * I)$		62	48	43	40

Según la ponderación por el método de observación se ha determinado que la alternativa 1: lavado de papa mediante tanque giratorio es la mejor opción, por lo tanto, se procederá con el diseño de este.

Tabla 21. Selección de alternativas motor.

Factores a Evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2
			
Costo de Materiales	4	3	2

Costo de Fabricación	3	3	2
Costos Eléctricos	2	1	3
Costos de Mantenimiento	2	1	3
Utilidad	4	1	4
Operabilidad	3	2	4
Facilidad de Montaje	1	2	4
Facilidad de Mantenimiento	2	2	3
Facilidad de Limpieza	2	1	4
Total $\Sigma(P * I)$		43	72

De acuerdo con la ponderación por el método de observación la mejor alternativa es la numero 2: El motorreductor, por lo tanto, este elemento es el seleccionado para el diseño de la máquina.

Tabla 22.Selección de alternativas de trasmisión.

Factores a Evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2
			
Costo de Materiales	4	3	2
Costo de Fabricación	3	3	2
Transmisión constante	4	1	4
Costos de Mantenimiento	2	2	2
Utilidad	4	1	4
Operabilidad	3	2	4
Facilidad de Montaje	1	2	4
Facilidad de Mantenimiento	2	1	4
Facilidad de Limpieza	2	2	1
Total $\Sigma(P * I)$		47	76

En conclusión, según el método de observación la mejor alternativa de transmisión es la número 2, transmisión por cadenas, la cual se tendrá en cuenta para el diseño de la máquina.

3.5 Cálculos

3.5.1 Capacidad de producción:

En la mayoría de los casos se requerirá de una producción diaria de 100 quintales, pero se duplicará este valor en el caso de que el cliente requiera trabajar con más cantidad de la estimada.

Quintal estadounidense= 45 kg

Quintales Diarios= 200

Producción Diaria: 9000 kg

Tiempo de trabajo: 8 horas

Ciclo: 60 s

$$C = \frac{9000 * 60\text{seg}}{8h} = \frac{1h}{3600\text{seg}} = 18.75 \text{ kg/ciclo}$$

3.5.2 Número de papas para clasificar:

Se calcula con la ecuación 2.6:

$$N = \frac{C}{c1}$$

$$N = \frac{18.75 \text{ kg/ciclo}}{0.1 \text{ kg}}$$

$$N = 187.5 \approx 188$$

3.5.3 Dimensionamiento de la tolva de alimentación.

Una vez realizado el cálculo del número de papas a clasificar por ciclo, se procede a definir las dimensiones de la tolva, tomando como ejemplo la medida de la papa más

grande que ingresará en la misma, siendo la de categoría primera, a continuación, se realiza con los respectivos cálculos con la ecuación 2.7:

Papa Primera:

$$\phi = 79 \text{ mm} , \quad h = 100 \text{ mm}$$

$$V = \pi(39,5\text{mm})^2 * 100\text{mm} = 490167\text{mm}^3$$

El volumen para el ciclo de 188 papas será calculado con la ecuación 2.8:

$$Vt = V * N$$

$$Vt = 490167\text{mm}^3 * 188$$

$$Vt = 92151396 \text{ mm}^3$$

Cálculo de longitud en base al volumen se utiliza la ecuación 2.9:

$$V = l * a * h$$

$$92151396 \text{ mm}^3 = l * 600\text{mm} * 150\text{mm}$$

$$l = 1023.9 \approx 1025 \text{ mm}$$

Con esto, las medidas para la tolva de almacenamiento serán las siguientes:

$$\text{Largo: } 1025 \text{ mm}$$

$$\text{Ancho: } 600 \text{ mm}$$

$$\text{Altura: } 150 \text{ mm}$$

Así la capacidad de la tolva será de:

$$V = l * a * h$$

$$V = 615\text{mm} * 1000\text{mm} * 150\text{mm}$$

$$V = 92,250,000\text{mm}^3$$

$$V = 0.09225$$

Esta capacidad es mayor a la requerida de 92151396 mm^3 , por lo que se concluye que es aceptable de acuerdo con lo calculado. En la figura se representa la tolva de almacenamiento.

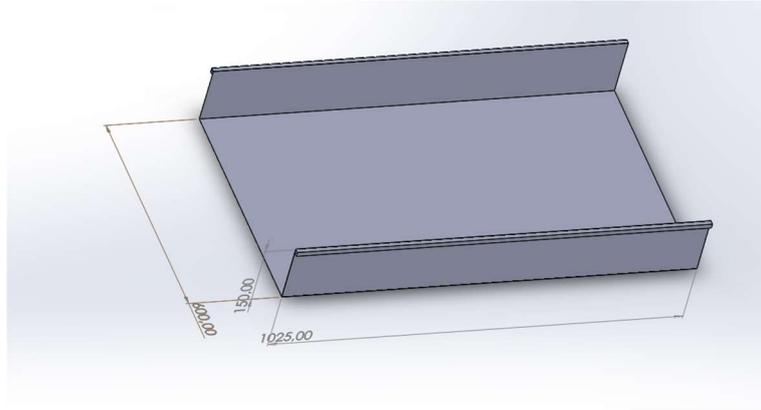


Figura 27.Tolva de almacenamiento.

3.5.4 Cálculo de ángulo de inclinación de la tolva.

El volumen que debe contener es el mismo que el de la tolva de almacenamiento, la función de esta tolva es la de ingresar las papas dentro del tambor de lavado. Para este diseño será necesario conocer el ángulo de inclinación, el cual se calcula con la ecuación 2.10.

$$\theta = \tan^{-1}(\mu_s)$$

Remplazando los datos se tiene:

$$\theta = \tan^{-1}(0.25)$$

$$\theta = 14.03^\circ$$

Con los datos obtenidos se procede a realizar el diseño en el software CAD, en la siguiente figura se puede observar el modelo.

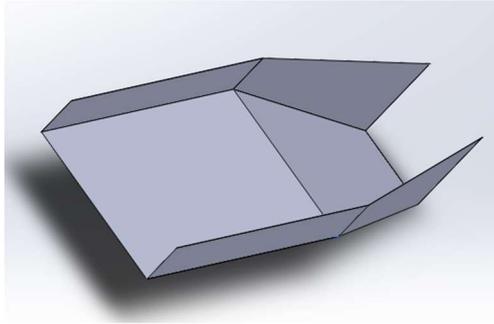


Figura 28.Tolva de almacenamiento.

Con el conocimiento del volumen de la tolva de almacenamiento se procede a calcular las dimensiones de la tolva de alimentación, en la siguiente figura se encuentra las diferentes vistas de la tolva de alimentación.

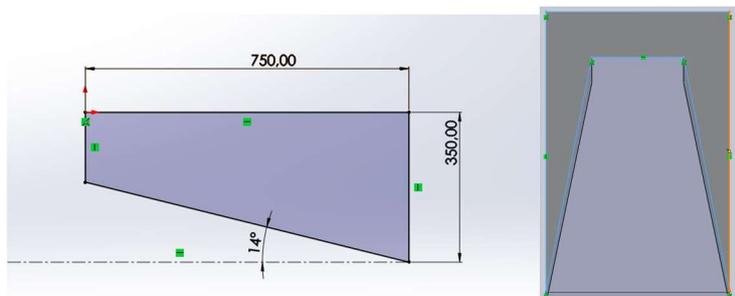


Figura 29.tolva de alimentación.

El ancho inicial de la tolva es de 600 mm, entonces para determinar el volumen de la tolva se tiene la ecuación 2.11 y 2.12.

$$V_T = V_1 - V_2$$

$$V_1 = A * B * C$$

En donde:

A = Altura

B = Base

C = Ancho

$$V_1 = 750 \text{ mm} * 350 \text{ mm} * 600 \text{ mm}$$

$$V_1 = 157500000 \text{ mm}^3$$

$$V_1 = 0.1575 \text{ m}^3$$

A continuación, la ecuación 2.13 de triángulo rectángulo recortado.

$$V_2 = A * B * C' + \frac{A^2 * \tan \theta * C}{2 * \cos \theta}$$

En donde

C' = base del triángulo.

$$V_2 = 750 \text{ mm} * 350 \text{ mm} * 150 + \frac{(750 \text{ mm})^2 * \tan 14^\circ * 600 \text{ mm}}{2 * \cos 14^\circ}$$

$$V_2 = 82737141.4 \text{ mm}^3$$

$$V_2 = 0.08 \text{ m}^3$$

Reemplazando los datos en la ecuación 2.11 se tiene:

$$V_T = 0.1575 \text{ m}^3 - 0.08 \text{ m}^3$$

$$V_T = 0.0775 \text{ m}^3$$

Tenemos que el valor del volumen de la tolva de alimentación es casi el mismo que el volumen de la tolva de almacenamiento, el volumen de la tolva de alimentación puede ser menor ya que no siempre va a estar a su mayor capacidad.

3.5.5 Flujo másico

Para el presente proyecto se ha establecido un flujo másico de 1125 Kg/h, teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado que se ha calculado para el doble de producción que se desea.

$$\text{Cantidad: } 200 \text{ sacos} * 45 \text{ Kg} = 9000 \text{ Kg}$$

Tiempo disponible: 8 horas diarias

$$\text{Tiempo de lavado: } \frac{9000 \text{ Kg}}{8 \text{ h}} = 1125 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

3.5.6 Densidad de la papa

El valor de densidad a usarse será de 1005 Kg/ m³, Este valor surge de una búsqueda de documentos en línea [56].

3.5.7 Velocidad crítica

El cálculo se lo realizara según la ecuación 2.14 mencionada.

$$NC = \frac{42.3}{\sqrt{D}}$$

$$NC = \frac{42.3}{\sqrt{0.8}}$$

$$NC = 47.29 \text{ rpm.}$$

3.5.8 Velocidad de operación

Como referencia se ha investigado en algunos artículos, tesis e informes. La mayoría de las velocidades establecidas para proyectos como lavadoras de zanahoria y de yuca con tambor oscilan entre 20 y 30 rpm, por lo tanto, para este proyecto se tomará la velocidad promedio que son 25 rpm[55].

3.5.9 Tiempo de lavado

En diversas fuentes el tiempo de lavado va desde los 2 hasta los 4 minutos, se seleccionan el menor tiempo posible para ahorrar agua y el consumo de energía. El tiempo seleccionado para el proyecto es de 3 minutos.[55]

3.5.10 Factor de llenado

En las ecuaciones utilizadas se describe un factor de llenado, en las fuentes investigadas dicho factor esta entre 7 hasta el 40%, para este proyecto se considera un factor de llenado del 8%.[55]

3.5.11 Cálculo del volumen de tambor

De acuerdo con la ecuación 2.15 mencionada anteriormente se realiza el siguiente calculo.

$$V = \frac{t * F}{H * \rho p}$$

$$V = \frac{0.05 * 1125 \text{ Kg/h}}{8\% * 1005 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V = 0.7 \text{ m}^3$$

3.5.12 Cálculo del diámetro y longitud del tambor

La relación que debe existir entre la longitud y el diámetro es 2 por lo tanto en base a esto se procede a calcular en diámetro y la longitud en función del volumen ($V = 0.25 \text{ m}^3$). Se utiliza la ecuación 2.16 para el cálculo.

$$\frac{L}{D} = 2$$

Donde:

Tabla 23. Cálculo del diámetro y longitud en función del volumen.

L	D	L/D	Volumen
0.5 m	0.25 m	2	0.02454 m ³
1 m	0.5 m	2	0.19635 m ³
1.6 m	0.8 m	2	0.80424 m ³

3.5.13 Cálculo del ángulo de inclinación

Se utilizará la ecuación 2.18 que se encuentra ya despejada mencionada anteriormente.

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{0.23 * L}{D * N^{0.9} * t}\right)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{0.23 * 1.6m}{0.8m * 25^{0.9}rpm * 60min * h^{-1} * 0.05h}\right)$$

$$\alpha = 0.484^\circ$$

El ángulo se aproxima a 1 ° por efectos de montaje.

3.5.14 Cálculo del espesor de la lámina del tambor

3.5.14.1 Cálculo de la masa de las papas en el tambor

Con los datos obtenidos como el volumen del tambor, el porcentaje de llenado y la masa de la papa por unidad se procede a calcular la masa de las papas en el tanque, además del uso de la ecuación 2.19 anteriormente mencionada.

$$m_{pt} = V * H * p_p$$

$$m_{pt} = 0.7m^3 * 8\% * 1005 \text{ Kg}/m^3$$

$$m_{pt} = 56.28 \text{ Kg}$$

3.5.14.2 Cálculo de la masa de las papas con el tambor sobre cargado

Es necesario realizar un cálculo extra debido a que el tambor puede ser sobrecargado, de inicio se tiene un factor de llenado de 8%, para realizar el recálculo se utilizara un factor de llenado de 16%.

$$m_{pt} = 0.7m^3 * 16\% * 1005 \text{ Kg}/m^3$$

$$m_{pt2} = 112.56 \text{ Kg}$$

3.5.14.3 Cálculo de la carga distribuida

Para el cálculo se utiliza la ecuación 2.21

$$W = m * g$$

$$W = 112.56 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m}/s^2$$

$$W = 1108.14 \text{ N}$$

$$Cd = \frac{W}{L}$$

$$Cd = \frac{1108.14}{1.6}$$

$$Cd = 692.59 \text{ N}/m$$

Tensión en lado flojo: 66.01 N

Tensión en el lado ajustado: 217.19 N

Este valor se multiplica por 2 debido a que se utiliza 2 bandas.

Tensión en lado flojo: 122.02 N

Tensión en el lado ajustado: 434.38 N

$$T_t = T_f + T_l$$

$$T_t = 122.02 + 434.38 = 556.4 \text{ N}$$

Tensión total: 556.4 N

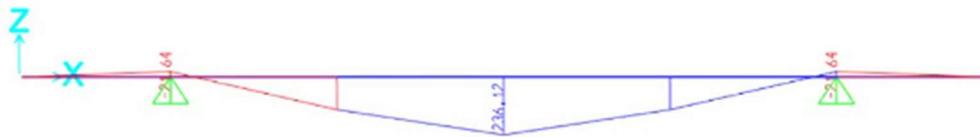


Figura 30. Diagramas de fuerza cortante y momento flector, en el plano x-y

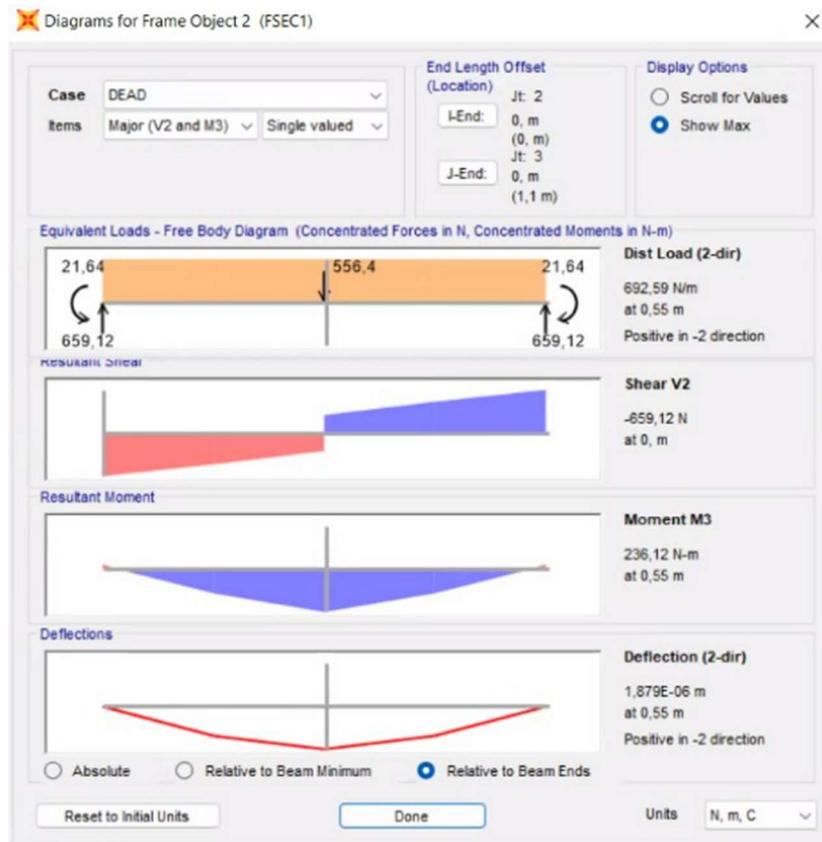


Figura 31. Diagramas de fuerza cortante y momento flector, en el plano x-z

Esfuerzo debido a flexión se utiliza las ecuaciones 2.22 y 2.23

$$\tau = \frac{236.12 * 0.4}{\frac{\pi}{4} (0.4^4 - r^4)}$$

Esfuerzo equivalente:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{236.12 * 0.4}{\frac{\pi}{4} (0.4^4 - r^4)}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{68000000}{4}$$

$$\sigma_{eq} = 17000000 \text{ N/m}^2$$

$$17000000 = \sqrt{\left(\frac{236.12 * 0.4}{\frac{\pi}{4} (0.4^4 - r^4)}\right)^2}$$

$$r = 0.3999 \text{ m}$$

Espesor de la pared del cilindro:

$$t = 0.4m - 0.3999m$$

$$t = 0.0001m$$

$$t = 1 \text{ mm}$$

El espesor del tanque en diseño es de 1 mm pero en el caso de la construcción es de 1.2mm debido a que este se puede encontrar en el mercado.

En la siguiente figura se puede observar el cálculo del factor de seguridad del tambor de lavado.

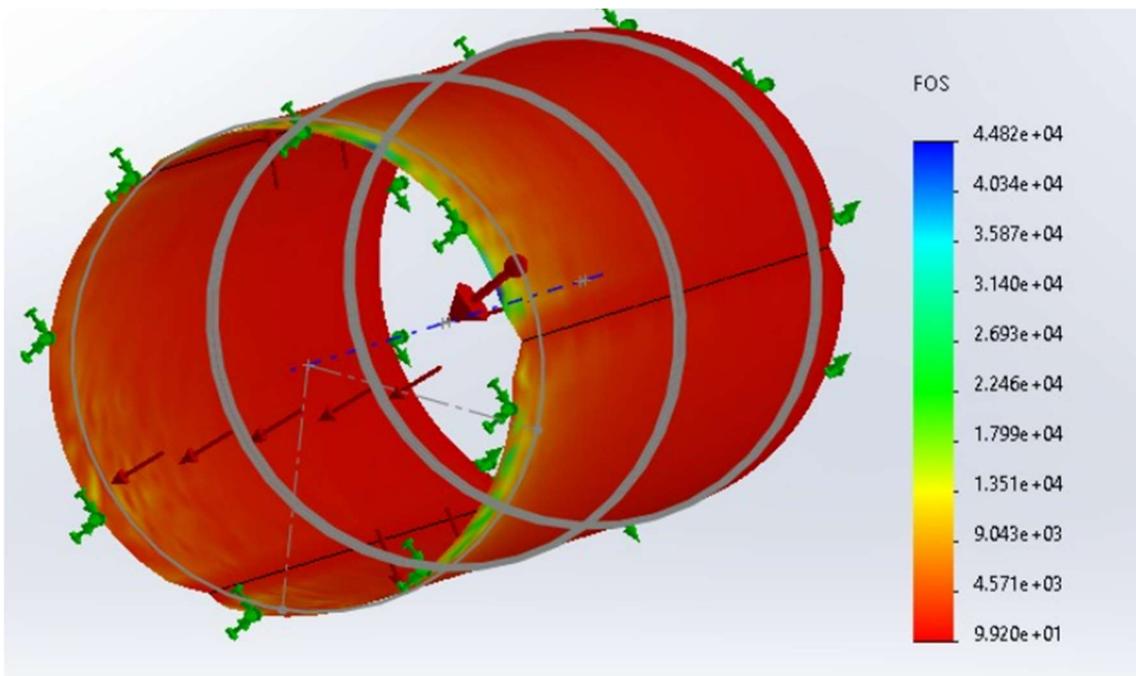


Figura 32.Factor se seguridad del tambor, obtenido en software

Como se puede observar el factor de seguridad obtenido en el software es de 9.92

3.5.15 Cálculo del eje del motor

3.5.15.1 Cálculo de la carga distribuida

Para este cálculo se utiliza las ecuaciones 2.20 y 2.21.

$$W = m * g$$

$$W = 9.1 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 89.271 \text{ N}$$

$$Cd = \frac{W}{L}$$

$$Cd = \frac{89.271 \text{ N}}{1.63 \text{ m}}$$

$$Cd = 54.77 \text{ N/m}$$

Tensión de la cadena: 230 N

$$F_c = 230 \text{ N}$$

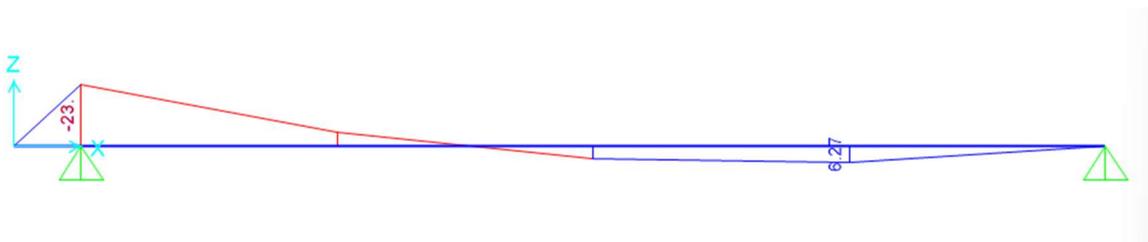


Figura 33. Diagramas de fuerza cortante y momento flector, en el plano x-y (eje)

3.5.15.2 Torque

$$T = \frac{Hp \text{ de motor} * 63025}{RPM}$$

$$T = \frac{1 \text{ Hp} * 63025}{60 \text{ rpm}}$$

$$T = 1050.42 \rightarrow 118.68 \text{ Nm}$$

3.5.15.3 Momento de inercia para el eje

Para el cálculo se utiliza la ecuación 2.23

$$I = \frac{\pi r^4}{4}$$

$$I = \frac{\pi r^4}{4}$$

3.5.15.4 Esfuerzo normal máximo a flexión

Se utiliza la ecuación 2.22:

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{23Nm * r}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{23Nm * r}{\frac{\pi r^4}{4}}$$

$$\sigma_{max} = \frac{92}{\pi r^3}$$

3.5.15.5 Esfuerzo debido a la torsión

Se utiliza la ecuación 2.23:

$$\tau = \frac{Tr}{J}$$

$$\tau = \frac{118.68Nm * r}{\frac{\pi r^4}{2}}$$

$$\tau = \frac{237.36}{\pi r^3}$$

3.5.15.6 Esfuerzo equivalente

Se utiliza la ecuación 2.20

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{92}{\pi r^3}\right)^2 + 3\left(\frac{237.36}{\pi r^3}\right)^2}$$

3.5.15.7 Esfuerzo equivalente

$$\sigma_{eq} = \frac{Sy}{n}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{220MPa}{3}$$

$$\sigma_{eq} = 78.33MPa \rightarrow 7.833$$

Igualando las ecuaciones:

$$78330000 = \sqrt{\left(\frac{92}{\pi r^3}\right)^2 + 3\left(\frac{237.36}{\pi r^3}\right)^2}$$

$$r = 0.01196 m \rightarrow 12mm$$

De acuerdo con el cálculo, es necesario utilizar un eje de al menos 12 mm para un correcto funcionamiento, pero para mayor seguridad se utilizará un eje de 20 mm para la construcción de la máquina.

En la siguiente figura se puede observar el factor de seguridad del eje.

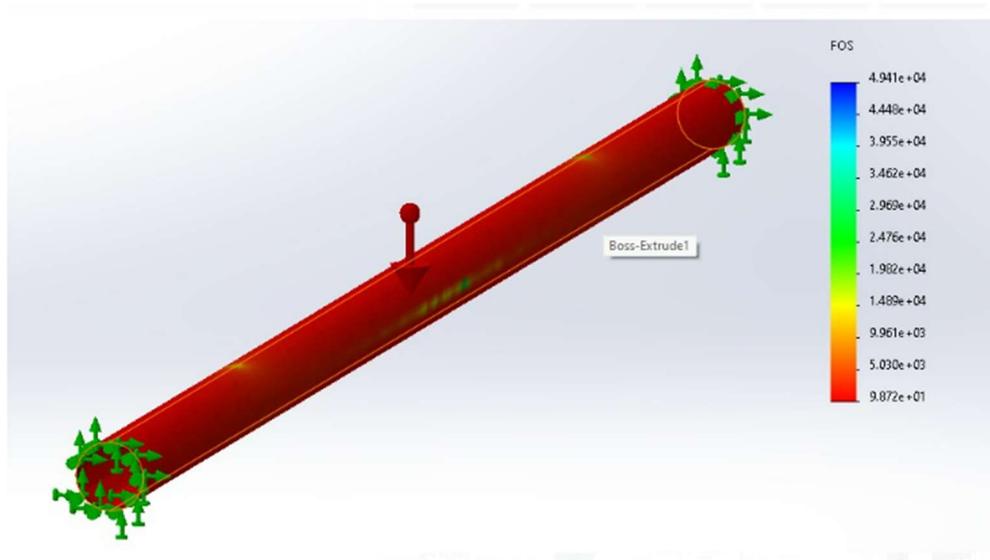


Figura 34. Factor de seguridad del eje, calculado en software

Como se puede observar el factor de seguridad obtenido es de 9.8, esto debido a que se sobredimensiono un poco el eje por la facilidad de encontrarlo en el mercado.

3.5.16 Cálculo de potencia para el motor del tambor

3.5.16.1 Aceleración Angular

Para el cálculo se utilizará la ecuación 2.24 mencionada anteriormente.

$$\beta = \frac{W}{t_m}$$

Primero se transformará la velocidad de giro del tambor a radianes:

$$N = 25 \text{ r.p.m}$$

$$N = \frac{25 \text{ r.p.m} * 2 * \pi}{60}$$

$$N = 2.61 \text{ rad/s}$$

$$\beta = \frac{2.61 \text{ rad/s}}{2 \text{ s}}$$

$$\beta = 1.305 \text{ rad/s}^2$$

3.5.17 Cálculo del momento torsor

Para el cálculo se utilizará la ecuación 2.25 mencionada anteriormente.

$$M_o = m * g * r_{int}$$

$$M_o = 45 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 * 0.399 \text{ m}$$

$$M_o = 175.959 \text{ N.m}$$

3.5.18 Cálculo de la potencia de diseño

Para el cálculo se utilizará la ecuación 2.26 mencionada anteriormente.

$$P_{otn} = M_o * W$$

$$P_{ot} = 175.959 \text{ N.m} * 2.61 \text{ rad/s}$$

$$P_{ot} = 459.253 \text{ watts} \approx 0.615 \text{ hp}$$

A este valor calculado se lo denominará potencia nominal, y a continuación se le aplicará el factor de corrección mencionado anteriormente, para así obtener la potencia de diseño, se utilizará la ecuación 2.27.

$$P_{otD} = P_{otn} * \frac{C_1}{\eta}$$

$$P_{otD} = 459.253w * \frac{1.3}{80\%}$$

$$P_{otD} = 746.3 w \approx 1.0007 hp \approx 1 hp$$

La eficiencia del motor ha sido estimada en base a otros motores reductores, por lo que se ha elegido una eficiencia de un 80%.

3.5.19 Selección de boquillas

El consumo de agua aproximado según máquinas que utilizan el mismo sistema de tambor es de 4 m³ por cada 10 Ton de papas [57]. De esta información se puede calcular el consumo es de 0.4 l/Kg para un flujo másico de 1125 Kg/h, se utilizaría 450 litros de agua por cada hora que es equivalente a un consumo de 0.125 litros por segundo. Según catálogos online se ha seleccionado boquilla de aspersión de cono lleno, con una conexión de entrada de 3/8 pulgada y una capacidad de 0.047 l/s, un ángulo de aspersión de 50°.

Se efectuó una simulación en conjunto con el ángulo de conicidad con un modelo CAD. Para verificar la cobertura del área de trabajo.

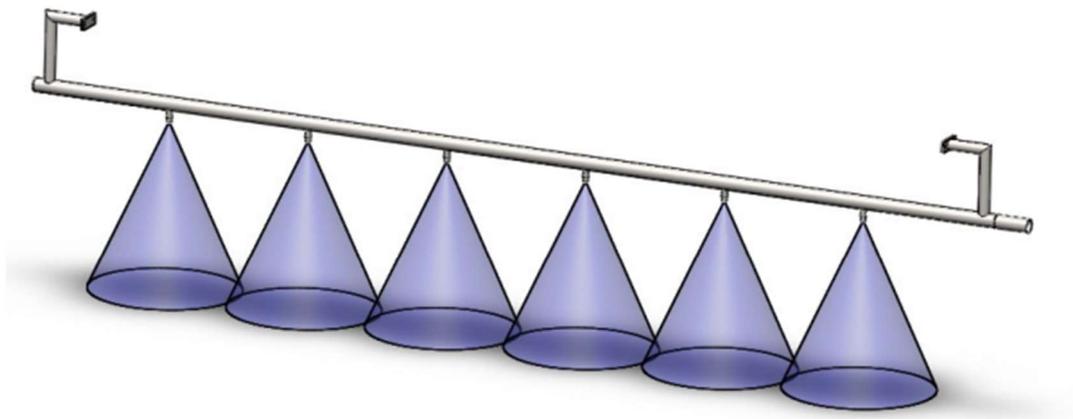


Figura 35. Proyección de boquilla.

3.5.20 Cálculo de la bomba hidráulica

Para el cálculo se utilizará las ecuaciones 2.28 y la ecuación 2.29 mencionadas anteriormente.

3.5.20.1 Caudal total

En el anterior apartado se determinó que el caudal requerido es de 0.125 litros por segundo esto transformado nos da 0.000125 metros cúbicos por segundo.

3.5.20.2 Cálculo de la altura dinámica

Para determinar la altura dinámica se implementará la ecuación 2.30:

$$H_B = h_{ftotal} + \left[\frac{P_2}{\rho * g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right]$$

Donde:

h_{ftotal} = Pérdida de carga.

P_2 = Presión de salida del rociador=30 psi = 209841 N/m².

V_2 = Velocidad del flujo del agua en la salida de la boquilla.

Z_2 = Altura de las boquillas con respecto a la bomba 2.5 m.

P_1 = Presión de en el nivel del agua de la cisterna 0,00 N/m².

V_1 = Velocidad del flujo del agua en la cisterna 0,00 m/s.

Z_1 = Altura de la cisterna con respecto a la bomba -2 m.

ρ = Densidad del agua = 1000Kg/m³.

Para realizar el cálculo es necesario determinar la velocidad de salida de las boquillas, la más alejada de la bomba, y la pérdida de la carga durante el recorrido del agua en la tubería.

3.5.20.3 Cálculo de la velocidad del flujo del agua (rociador más lejano de la bomba)

Se realizará el cálculo con la ecuación 2.31 mencionada anteriormente.

$$Q = A * V_2$$

Donde:

Q = Caudal en el extremo del rociador el cual es de $0.00047 \text{ m}^3/\text{s}$.

A = Sección interna de la tubería $0.141 \text{ pulg}^2 = 0.00009 \text{ m}^2$.

V_2 = Velocidad del flujo de agua.

$$V_2 = \frac{0.00047}{0.00009} = 5.22 \text{ m/s}$$

3.5.20.4 Cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería hf total

Se implementará la ecuación 2.32 mencionada anteriormente.

$$h_{f\text{total}} = \frac{(f * L_{eq} * V_2^2)}{2 * D * g}$$

En donde:

f = Coeficiente de fricción.

L_{eq} = Longitud equivalente.

D = Diámetro interior de la tubería = 0.0191

V_2 = Velocidad de la boquilla = 5.22 m/s .

G = Coeficiente de gravedad = 9.8 m/s^2 .

En necesario conocer el valor de la pérdida de la carga total, para lo cual es necesaria conocer el coeficiente de fricción de la tubería y también la longitud equivalente.

3.5.20.5 Cálculo del número de Reynolds.

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$N_{RE} = \frac{D * V_2 * P}{u}$$

Donde:

D = Es el diámetro interior de la tubería.

V_2 = Velocidad del agua en la boquilla.

P = Densidad del agua.

$$N_{RE} = \frac{1000 \text{ Kg/m}^3 * 5.22 \text{ m/s} * 0.0191 \text{ m}}{0.001 \text{ cp}}$$

$$N_{RE} = 99702$$

3.5.20.6 Cálculo de la rugosidad relativa ϵ'

El cual se obtiene del monograma rugosidad relativa en función del diámetro para varios materiales, se obtiene que es un valor aproximado de 0.001 y en conjunto con el número de Reynolds, se obtiene que el valor de $f=0.019$.

3.5.20.7 Cálculo de la longitud equivalente

De igual forma se obtiene el valor de la suma de la longitud lineal y la longitud de los accesorios que participan en el transporte del agua. Se utilizan 4 codos de 90 grados, por lo tanto:

$$L = 6.35 \text{ m}$$

$$L_a = 6.35 \text{ m} * 0.0381 = 0.24 \text{ m}$$

La longitud equivalente es de 6.6 m

Con estos datos se determinarán la pérdida total, reemplazando en la ecuación 2.32.

$$h_{ftotal} = \frac{(f * L_{eq} * V_2^2)}{2Dg}$$

$$h_{ftotal} = \frac{(0.19 * 6.6 * 5.22 * 5.22)}{2 * 0.0191 * 9.81}$$

$$h_{ftotal} = 91.18 \text{ m}$$

Con los datos obtenidos se podrá obtener la altura dinámica o también llamado trabajo de la bomba, con la ecuación 2.30, la cual ha sido simplificada para los datos obtenidos.

$$H_B = h_{ft} \left[\frac{P_2}{g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - [Z_1]$$

$$H_B = 91.18 \text{ m} + \left[\frac{209841}{1000 * 9.81} + \frac{5.22^2}{2 * 9.81} + 2.5 \right] - [-2]$$

$$H_B = 118.46 \text{ m}$$

3.5.20.8 Cálculo de la potencia de la bomba

Para el cálculo se utiliza la ecuación 2.33 mencionada anteriormente:

$$P = H_B * \rho * g * Q$$

$$P = 118.46 * 1000 * 9.81 * 0.000125$$

$$P = 145.26 \frac{\text{Kg} * \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

$$P = 145.26 \text{ W}$$

$$P = 0.2 \text{ HP}$$

Como se consideró una eficiencia del 95% para la potencia real se tiene que:

$$P_{real} = \frac{0.2}{0.95} = 0.21 \text{ Hp}$$

Es decir, se necesita una bomba hidráulica igual o superior a una potencia de 0.21 Hp, además se debe tener en cuenta un margen de error por lo tanto se utilizará de preferencia una bomba con mayor potencia.

3.5.21 Polea a utilizarse

En cuanto a la polea conductora se conectará directamente a un motor eléctrico, esta deberá tener un diámetro mínimo, pues cuando se utilizan poleas muy pequeñas estas tienden a dañar tanto a las correas como a los rodamientos, entonces de acuerdo a la tabla indicada en el catálogo de los diámetros mínimos de acuerdo a la potencia y velocidad del motor (para el motor de este caso se utilizará una potencia de 1hp y 1200 rpm, (aunque se implementará un motorreductor para lograr las revoluciones requeridas en el tambor, se tomará en cuenta esto para los cálculos respectivos) , se utilizará un diámetro de 0,381 metros (de acuerdo a la tabla de poleas a usarse) para la polea conductora pues el mínimo requerido es de 0,065m.

Diámetros mínimos en mm				
Caballos de fuerza (HP)	RPM de Motor			
	900	1200	1800	3600
0.50	65	-	-	-
0.75	65	65	-	-
1.00	65	65	60	-
1.50	75	65	65	60
2.00	75	65	65	65
3.00	75	75	65	65
5.00	100	75	75	65
7.50	115	100	75	75
10.00	115	115	100	75
15.00	135	115	115	100
20.00	155	135	115	115
25.00	170	155	115	115
30.00	170	170	135	-
40.00	210	170	155	-
50.00	230	210	170	-
60.00	260	230	190	-
75.00	260	260	230	-
100.00	350	350	250	-
125.00	380	350	280	-
150.00	465	350	-	-
200.00	550	-	-	-
250.00	-	-	-	-
300.00	-	-	-	-

Tabla 24. Diámetros mínimos para poleas.

3.5.22 Cálculo de la relación de transmisión

Para este cálculo se utilizará la ecuación 2.34 mencionada anteriormente.

$$Rt = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

$$Rt = \frac{0.381m}{0.8m}$$

$$Rt = \frac{0.381m}{0.8m} = 0.476$$

3.5.23 Velocidad de giro de la polea conductora con el motorreductor

Se debe lograr 25 rpm velocidad a la que girará el tambor, dato que fue planteado con anterioridad. La siguiente ecuación 2.35 será usada para determinar lo planteado[58]:

$$\phi_1 * n1 = \phi_2 * n2$$

$$n1 = \frac{\phi_2 * n2}{\phi_1}$$

$$n1 = \frac{0.8m * 2.62 \text{ rad/s}}{0.381m}$$

$$n1 = 5.5 \text{ rad/s} = 52.52 \text{ rpm}$$

Al resolver la ecuación se puede observar que, con los diámetros para las poleas y la velocidad del motor, se obtiene una velocidad requerida para el motorreductor de unos 52.52 rpm, pero al no existir modelos de motorreductores exactos para esta velocidad, se trabajará con una velocidad de 60 rpm (6.28 rad/s) y se hará un recálculo para saber la nueva velocidad a la que girará el tambor con el nuevo dato:

$$n2 = \frac{\phi_1 * n1}{\phi_2}$$

$$n2 = \frac{0.381m * 6.28 \text{ rad/s}}{0.8m}$$

$$n2 = 2.99 \text{ rad/s} = 28.55 \text{ rpm}$$

Entonces, la velocidad recalculada con la que girará el tambor será de 28.55 rpm, lo cual no se aleja significativamente de la velocidad estimada inicialmente.

3.5.24 Cálculo del par de salida del reductor

En este punto se realizará el cálculo del momento producido en la polea, dato que se obtiene con los diámetros y el momento torsor calculado con anterioridad, una vez realizado el cálculo servirá para la selección del motor. Se utilizará la ecuación 2.36 mencionada anteriormente-

$$Mr = \frac{175.959N.m * 190.5mm}{400mm}$$

$$Mr = 83.8N.m$$

3.5.25 Cálculo de la velocidad lineal de la correa

Este valor se calcula con el propósito de usarlo en tablas como dato para saber la potencia que transmite la correa y a su vez cuántas correas necesitarán ser usadas al momento de la construcción, calculo en el cual se utilizará la ecuación 2.37 mencionada anteriormente.

$$Vc = \frac{\theta_1 * \pi * n1}{60000}$$

$$Vc = \frac{381mm * \pi * 60rpm}{60000}$$

$$Vc = 11.97m/s$$

3.5.26 Potencia teórica transmitida por las correas

En base a la velocidad lineal calculada anteriormente, la velocidad de giro del motorreductor y el diámetro de la polea motriz se procede a revisar las tablas de potencia transmitida indicadas en el catálogo de Intermecc, con lo cual una vez revisado los datos se obtiene que la potencia transmitida será de 0.61 hp[59].

En la siguiente tabla se observan las potencias transmitidas, datos proporcionados en el catálogo de Intermecc.

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105
100	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33
200	0.16	0.20	0.24	0.27	0.31	0.35	0.39	0.43	0.50	0.61
300	0.23	0.28	0.33	0.38	0.43	0.50	0.55	0.62	0.72	0.88
400	0.28	0.35	0.42	0.49	0.55	0.64	0.71	0.80	0.93	1.14
500	0.34	0.42	0.50	0.59	0.67	0.78	0.86	0.97	1.13	1.38
575	0.37	0.47	0.56	0.66	0.75	0.88	0.97	1.10	1.28	1.57
600	0.38	0.48	0.58	0.68	0.78	0.91	1.00	1.14	1.33	1.63
690	0.43	0.54	0.65	0.76	0.88	1.02	1.13	1.28	1.50	1.84
700	0.43	0.55	0.66	0.77	0.89	1.04	1.15	1.30	1.52	1.86
725	0.44	0.56	0.68	0.80	0.91	1.07	1.18	1.34	1.57	1.92
800	0.47	0.60	0.73	0.86	0.99	1.16	1.30	1.45	1.70	2.10
870	0.50	0.64	0.78	0.92	1.06	1.24	1.38	1.56	1.83	2.25
900	0.52	0.66	0.80	0.95	1.10	1.28	1.42	1.60	1.90	2.32
950	0.54	0.69	0.84	0.99	1.14	1.34	1.50	1.68	1.98	2.43
1000	0.56	0.72	0.87	1.03	1.20	1.40	1.55	1.76	2.07	2.54
1100	0.59	0.77	0.94	1.10	1.28	1.50	1.68	1.90	2.24	2.76
1160	0.62	0.80	0.98	1.16	1.34	1.58	1.76	2.00	2.35	2.90
1200	0.63	0.82	1.00	1.20	1.39	1.62	1.80	2.05	2.40	2.98
1300	0.66	0.87	1.07	1.27	1.47	1.73	1.93	2.20	2.58	3.20
1400	0.70	0.91	1.13	1.35	1.56	1.84	2.05	2.33	2.75	3.40
1425	0.71	0.93	1.15	1.36	1.58	1.87	2.08	2.37	2.80	3.45
1500	0.73	0.96	1.20	1.42	1.65	1.95	2.17	2.47	2.90	3.60
1600	0.76	1.00	1.25	1.50	1.73	2.05	2.30	2.60	3.07	3.80
1700	0.79	1.05	1.30	1.56	1.82	2.15	2.40	2.74	3.23	4.00
1750	0.80	1.07	1.33	1.60	1.86	2.20	2.46	2.80	3.30	4.10
1800	0.82	1.09	1.36	1.63	1.90	2.25	2.52	2.87	3.40	4.20
1900	0.84	1.13	1.42	1.70	1.98	2.35	2.63	3.00	3.54	4.38
2000	0.87	1.17	1.47	1.77	2.06	2.45	2.74	3.12	3.70	4.57
2100	0.90	1.20	1.52	1.83	2.14	2.54	2.85	3.25	3.84	4.76
2200	0.92	1.25	1.57	1.90	2.20	2.64	2.95	3.37	4.00	4.94
2300	0.94	1.28	1.62	1.96	2.30	2.73	3.05	3.50	4.13	5.10
2400	0.96	1.32	1.67	2.02	2.36	2.82	3.16	3.60	4.27	5.29
2500	0.98	1.35	1.70	2.07	2.43	2.90	3.25	3.72	4.40	5.46
2600	1.00	1.38	1.76	2.13	2.50	3.00	3.35	3.83	4.54	5.63
2700	1.02	1.42	1.80	2.20	2.57	3.08	3.45	3.94	4.68	5.80
2800	1.04	1.45	1.85	2.24	2.64	3.16	3.54	4.05	4.80	5.96
2850	1.05	1.46	1.87	2.27	2.67	3.20	3.60	4.10	4.87	6.03
2900	1.06	1.48	1.89	2.30	2.70	3.24	3.64	4.16	4.93	6.10
3000	1.07	1.50	1.93	2.35	2.77	3.32	3.73	4.25	5.06	6.27
3200	1.10	1.56	2.00	2.45	2.90	3.47	3.90	4.47	5.30	6.57
3400	1.13	1.60	2.08	2.55	3.00	3.62	4.07	4.66	5.53	6.85
3450	1.14	1.62	2.10	2.57	3.04	3.65	4.10	4.70	5.60	6.92
3600	1.15	1.65	2.15	2.64	3.12	3.76	4.23	4.85	5.75	7.12
3800	1.17	1.70	2.20	2.72	3.23	3.90	4.38	5.02	5.96	7.37
4000	1.20	1.73	2.27	2.80	3.33	4.02	4.52	5.20	6.16	7.60
4200	1.20	1.77	2.33	2.88	3.42	4.13	4.66	5.34	6.34	7.83
4400	1.21	1.80	2.38	2.95	3.50	4.24	4.78	5.50	6.50	8.03
4600	1.21	1.82	2.42	3.00	3.60	4.35	4.90	5.63	6.67	8.22
4800	1.21	1.84	2.46	3.07	3.66	4.44	5.00	5.75	6.82	8.38
5000	1.21	1.86	2.50	3.12	3.73	4.53	5.10	5.87	6.95	8.53
5200	1.20	1.87	2.52	3.16	3.80	4.60	5.20	5.97	7.07	8.66
5400	1.19	1.87	2.55	3.20	3.85	4.68	5.28	6.06	7.18	8.77
5600	1.17	1.88	2.56	3.24	3.90	4.74	5.35	6.15	7.27	8.86
5800	1.15	1.87	2.58	3.26	3.93	4.80	5.42	6.22	7.35	8.93
6000	1.13	1.87	2.59	3.28	3.96	4.84	5.47	6.27	7.40	8.98
6200	1.10	1.86	2.60	3.30	3.99	4.87	5.50	6.32	7.45	9.00
6400	1.07	1.84	2.58	3.31	4.00	4.90	5.54	6.35	7.48	9.01
6600	1.04	1.82	2.57	3.31	4.01	4.90	5.56	6.37	7.49	8.98
6800	1.00	1.79	2.56	3.30	4.01	4.92	5.57	6.38	7.49	8.94
7000	0.96	1.76	2.54	3.30	4.01	4.92	5.56	6.37	7.46	8.87

Tabla 25. Potencia transmitida por correas.

3.5.27 Distancia entre centros

La distancia entre centro ha sido establecida mediante el dato arrojado por el software de diseño, luego de realizado el modelo de la máquina, esta distancia es de 762 mm y puede ser apreciada en los planos adjuntos en los anexos.

3.5.28 Cálculo de la longitud de la correa

Para el cálculo se utilizará la ecuación 2.38 mencionada anteriormente.

$$L_c = 2C + \frac{\pi}{2}(\phi_2 + \phi_1) + \frac{(\phi_2 - \phi_1)^2}{4C}$$

$$L_c = 2 * 0.762m + \frac{\pi}{2}(0.8 + 0.381) + \frac{(0.8 - 0.381)^2}{4 * 0.762m}$$

$$L_c = 3.41m$$

3.5.29 Cálculo del ángulo de Abrazado

El ángulo de abrazado se calcula para determinar el factor de corrección de potencia que se necesita para no tener una potencia insuficiente a causa de la pérdida generada por este ángulo[55]. Se utiliza la ecuación 2.39.

$$\delta = 180^\circ - \frac{\theta_2 - \theta_1}{C} * 57$$

$$\delta = 180^\circ - \frac{0.8m - 0.381m}{0.762m} * 57$$

$$\delta = 148.66^\circ$$

3.5.30 Cálculo del factor de Corrección de Potencia C2

Como ha sido mencionado anteriormente, este factor es calculado con el fin de que no exista una potencia insuficiente en el sistema, y es el resultado de la relación que existe entre los diámetros de la polea pequeña y diámetro normal de la misma[60]. Se utiliza la ecuación 2.40.

$$C_2 = \frac{\theta_1}{\theta_n}$$

$$C_2 = \frac{0.381m}{0.381m}$$

$$C_2 = 1$$

3.5.31 Factor de corrección de potencia C3

Para el coeficiente de potencia C3, es necesario utilizar el ángulo de abrazado calculado con anterioridad, e ingresar a las tablas encontradas en el libro de dibujo Mecánico en donde se muestran coeficientes de corrección de potencia en función del ángulo de abrazado[60].

Como se tiene un ángulo de abrazado de 148.66° y en las tablas no existe un valor para este ángulo, se procede a tomar el valor de 0.91 para un ángulo de 147°, y no se realiza una interpolación por la cercanía de los valores y la naturaleza de la tabla. Lo mencionado en el presente párrafo puede ser apreciado en la tabla a continuación:

Coeficiente C3		1	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94
Ángulo de Abrazado		180	177	174	170	167	164	160	157
Coeficiente C3									
Ángulo de Abrazado		0.93	0.92	0.91	0.9	0.89	0.88	0.87	0.86
		154	150	147	144	140	137	134	130
Coeficiente C3									
Ángulo de Abrazado		0.85	0.84	0.83					
		127	124	120					

Tabla 26. Coeficientes de corrección de potencia C3.

3.5.32 Cálculo de la potencia efectiva transmitida por la correa

De acuerdo con el libro de Dibujo mecánico ya mencionado con anterioridad, la potencia transmitida por la correa está en función de los factores de corrección de potencia y la potencia teórica calculada anteriormente, por lo que se utiliza la ecuación 2.41, para este valor:

$$P_{efec} = P_{teo} * C2 * C3$$

$$P_{efec} = 0.61hp * 1 * 0.91$$

$$P_{efec} = 0.555hp$$

Con este dato y la potencia necesaria calculada con anterioridad de 1 hp, se llega a la conclusión de que se necesitarán al menos 2 correas para obtener la potencia requerida.

3.5.33 Selección de ruedas que soportan el tambor

En la sección de selección de ruedas se debe realizar un diagrama de cuerpo libre para determinar las fuerzas que actúan sobre las mismas.

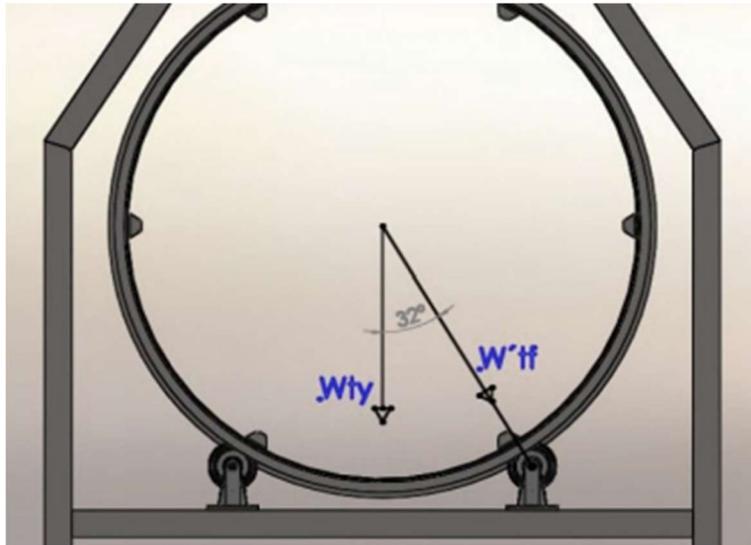


Figura 36.Diagrama de cuerpo libre del tambor,

Se asume una distribución equitativa del peso sobre las 4 ruedas propuestas, luego se calcula el valor de **$W'ty$** , fuerza que actúa directamente sobre cada una de las ruedas, el valor es calculado de la siguiente forma, se utilizará la ecuación 2.42 para el cálculo.

$$W'ty = \frac{Wty}{\cos \theta}$$

Volumen del tambor: 0,004016 m³

Densidad de acero AISI 304: 8000 Kg/m³

$$mt = D * V$$

$$mt = 8000 \frac{Kg}{m^3} * 0,004016 m^3$$

$$mt = 32.128 Kg$$

Peso del tambor:

$$Wt = 32.128 Kg * 9,81 m/s^2$$

$$Wt = 315.18 N$$

Valor Calculado en Software:

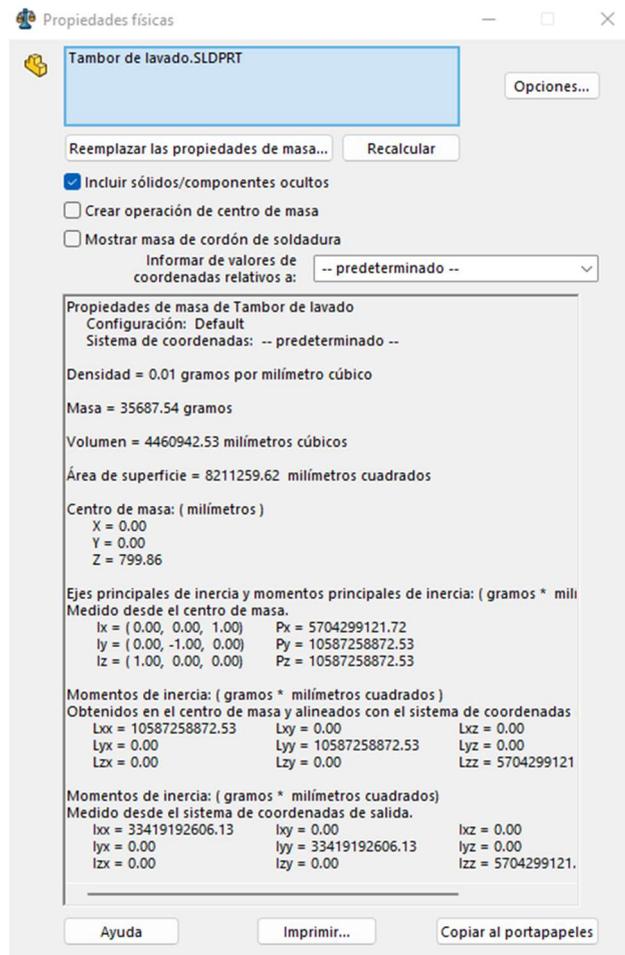


Figura 37. Valor calculado en software.

Peso de las papas:

$$W_p = 56.28 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_p = 552.11 \text{ N}$$

Peso total:

$$W_T = W_t + W_p$$

$$W_T = 867.29 \text{ N}$$

Peso que soporta cada rueda con el tambor cargado de papas.

$$W_r = \frac{W_t}{4}$$

$$W_{ty} = \frac{867.29 \text{ N}}{4} = 216.82 \text{ N}$$

$$W'ty = \frac{212.82}{\cos 32^\circ} = 255.67 \text{ N}$$

Esto quiere decir que cada rueda soportara alrededor de 26,06 Kg.

3.6 Diseño de la máquina clasificadora

Entre las especificaciones que se debe tener en cuenta para el diseño se tiene las principales:

- El peso por considerar es de 90 Kg, debido a que el usuario puede sobrecargar la maquina con el doble de su capacidad calculada.
- La capacidad de clasificación establecida es de 1125 Kg/h.
- Se va a clasificar las papas en 4 diferentes clases en función del tamaño.

3.6.1 Consideraciones para el diseño

Se utilizará la ecuación 2.43 y la ecuación 2.44 para realizar el cálculo.

$$I = \frac{0.01 \text{ m} + 0.065 \text{ m}}{2}$$

$$I = 0.0375 \text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación 3.26

$$N_y = \frac{1}{0.00375}$$

$$N_y = 26.67 \frac{\text{pap}}{\text{m}}$$

Se tiene un número aproximado de 26.67 papas por metro de tubería, para la máquina se planea realizar dos pares de tubos con una distancia de 1,7 metros cada uno, por lo tanto, la cantidad de papas que puede estar en toda la tubería es de 90.67, un aproximado de 91 papas en toda la tubería.

Se tiene que determinar la velocidad de desplazamiento lineal del tornillo sin fin, el cual este encargado de transportar las papas, calculo que se lo realiza con la ecuación 2.45.

$$V_r = \frac{p * n}{60}$$

$$V_r = \frac{0.08 \text{ m} * 60 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{60}$$

$$V_r = 0.08 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Los datos obtenidos se pueden calcular el flujo de tubérculos transportados por cada rodillo sin fin, mediante la ecuación 2.46:

$$q_t = V_r * N_y$$

$$q_r = 91 \frac{\text{pap}}{\text{m}} * 0.08 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_r = 7.28 \frac{\text{pap}}{\text{s}}$$

$$q_r = 436.8 \frac{\text{pap}}{\text{min}}$$

Como la clasificadora debe estar en sincronización con la lavadora, la misma que procesa 188 papas por minuto, se puede comprobar que la clasificadora procesa una cantidad mayor a requerida por la lavadora.

El flujo de masa de las papas que pasan por el rodillo sin fin puede ser calculada con la ecuación 2.47.

$$q = q_t * m$$

$$q = 7.28 \frac{\text{pap}}{\text{s}} * 0.1 \text{Kg}$$

$$q = 0.728 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$q = 2620.8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Se comprueba que el flujo másico necesario para satisfacer la lavadora es de 1125 kg/h y se tiene un flujo másico de 2620kg/h. La velocidad de la clasificadora es mucho mayor a la lavadora, pero de igual forma se satisface la necesidad requerida por la misma.

3.6.2 Rodillos

El rodillo estará conformado por un tubo metálico y dos tapones a los cuales estará soldado un eje, todos estos elementos estarán fabricados de Acero AISI 304, la unión entre el tubo metálico y el eje será mediante tornillos métricos, existe dos tipos de rodillos los cuales se muestra en las siguientes figuras.

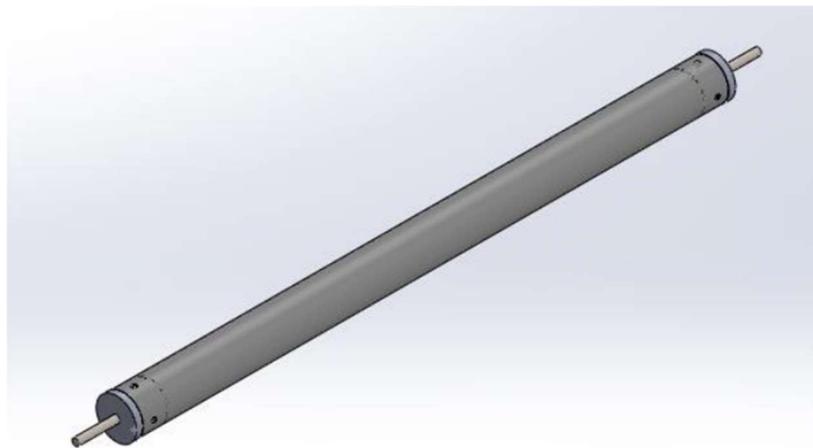


Figura 38.Rodillo liso.

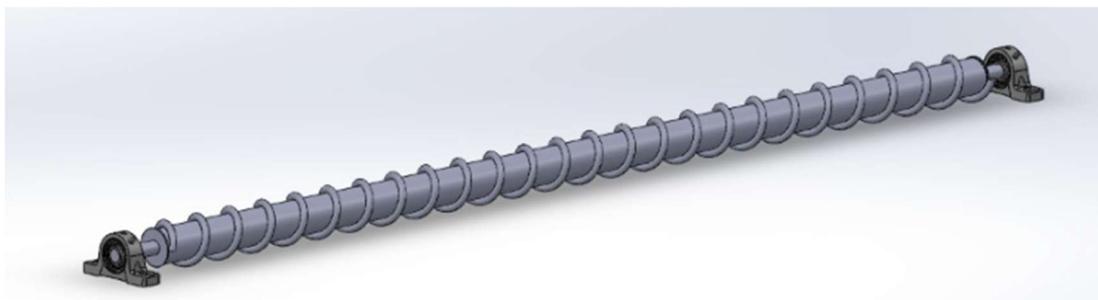


Figura 39.Rodillo con tornillo sin fin

3.6.2.1 Cálculo de los momentos de inercia de las partes del rodillo

Para determinar la potencia necesaria para mover los rodillos es necesario calcular el momento de inercia de cada una de las partes que conforman el mismo, como se muestra a continuación:

- Cálculo de momento de inercia para el tapón del rodillo.

El material es este tapón es acero AISI 304, con una densidad de 7,93 g/cm³. Para encontrar la masa exacta se utilizará el software SolidWorks del cual se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 27. Cálculo de masas y radios del tapón parte del rodillo

Pieza	Masa (g)	Radio máximo del cilindro (mm)	Radio interno del cilindro (mm)
Parte ancha	89.26	52.8	20
Parte delgada	359.26	50.8	20

Para calcular la inercia es necesario utiliza la ecuación 2.48.

$$I = \frac{1}{2}m(R_1^2 + R_2^2)$$

$$I = \frac{1}{2} * 89.26g * ((52.8 \text{ mm})^2 + (20 \text{ mm})^2) + \frac{1}{2} * 359.26g * ((50.8 \text{ mm})^2 + (20 \text{ mm})^2)$$

$$I_{\text{tapon}} = 677685.66 \text{ g} * \text{mm}^2$$

$$I_{\text{tapon}} = 6,77 * 10^{-4} \text{ Kg} * \text{m}^2$$

- Cálculo del momento de inercia para el tubo rodillo

El material de fabricación del tubo rodillo es acero AISI 304, el cual tiene una densidad de 7,93 g/cm³, para determinar el valor de la inercia se tiene los siguientes datos:

Tabla 28. Datos del rodillo

Pieza	Masa(g)	Radio máximo cilindro(mm)	Radio interno del cilindro (mm)
Tubo	2193.83	51.8	50.8

Se realiza el cálculo con la siguiente ecuación 2.48:

$$I = \frac{1}{2}m(R_1^2 + R_2^2)$$

$$I_{\text{tubo}} = \frac{1}{2} * 2193.83g * ((51.8 \text{ mm})^2 + (50.8 \text{ mm})^2)$$

$$I_{\text{tubo}} = 5774028.93 \text{ g} * \text{mm}^2$$

$$I_{tubo} = 5,77 * 10^{-3} Kg * m^2$$

- Cálculo del momento de inercia del eje

El material del que estará fabricado el eje es Acero AISI 1020, el cual posee una densidad de 7,9 g/cm³, para obtener el valor de la inercia de esta parte se tiene los siguientes datos:

Tabla 29.Datos del eje

Pieza	Masa(g)	Radio (mm)
Eje	4591.401	20

El cálculo del momento de inercia del eje se lo realiza con la siguiente fórmula 2.48:

$$I = \frac{1}{2} m(R_1^2 + R_2^2)$$

$$I_{eje} = \frac{1}{2} * 4591.401g * ((20 mm)^2)$$

$$I_{eje} = 918280.2 g * mm^2$$

$$I_{eje} = 9,18 * 10^{-4} Kg * m^2$$

- Cálculo de inercia para tornillo sin fin

El material del que está fabricado el tornillo sin fin es PVC, el cual tiene una densidad de 1,38 g/cm³, para realizar el cálculo de la inercia de este elemento se utilizó el software SolidWorks, el cual nos da el valor de la inercia de una forma directa.

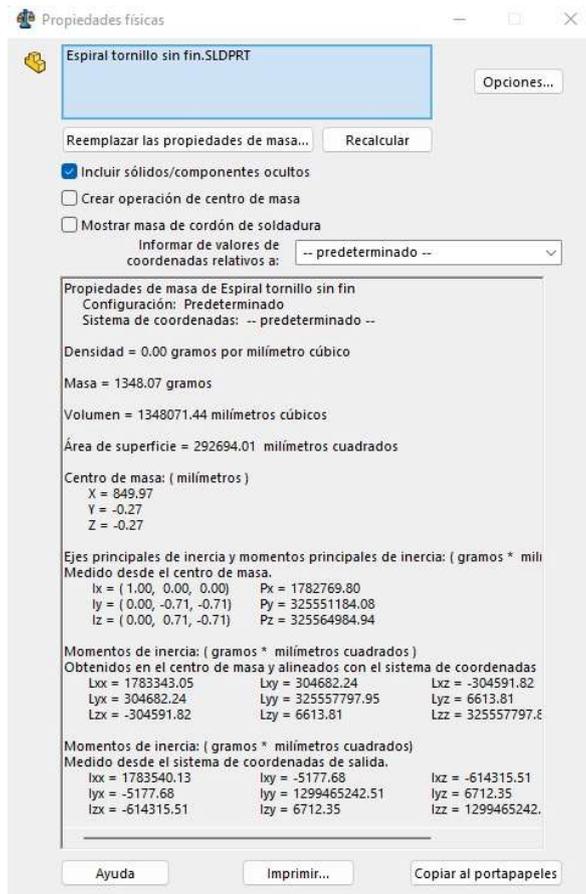


Figura 40. Momento de inercia calculado en SolidWorks

El momento de inercia nos da como resultado $1783540.13 \text{ g/mm}^2$.

$$I_{\text{tornillo}} = 1,78 * 10^{-3} \text{ Kg} * \text{m}^2$$

- Cálculo de inercia para los engranajes

Se utiliza el valor dado por el software SolidWorks donde se realiza el diseño:

$$I_{\text{engranaje}} = 487933.70 \text{ g} * \text{mm}^2$$

$$I_{\text{engranaje}} = 0,4879 * 10^{-3} \text{ Kg} * \text{m}^2$$

- Cálculo del momento de inercia de todo el rodillo

Para tener el valor del momento de inercia total se tiene que sumar los valores obtenidos de cada elemento, de la siguiente forma 2.48:

$$I_{total} = 3I_{Engranjes} + I_{tub} + I_{eje} + 2I_{tapon} + I_{tornillo}$$

$$I_{total} = (3(0,4879 * 10^{-3}) + 5,77 * 10^{-3} + 9,18 * 10^{-4} + 2(6,77 * 10^{-4}) + 1,78 * 10^{-3}) Kg * m^2$$

$$I_{totalrodillo} = 0.011 Kg * m^2$$

- Cálculo de inercia de las papas

Al momento de mover todo el rodillo se supone que este está cargado de papas por lo tanto se tendrá en cuenta las 91 papas que cabe por cada rodillo al igual que cada una pesa en promedio 100 gramos y un radio de 39.5 mm. Se utiliza la ecuación 2.48.

$$I_{papas} = \frac{2}{5} m * r^2$$

$$I_{papas} = \frac{2}{5} * (9.1 Kg)(0.0395 mm)^2$$

$$I_{papas} = 5.6710^{-3} Kg * m^2$$

La inercia total sería:

$$I_{total} = 0.017 Kg * m^2$$

3.6.3 Determinación de ecuaciones para hallar potencial ideal

En primera instancia se debe calcular la potencia ideal, para lo cual se debe tener en cuenta la dinámica rotacional, la cual tiene bases en la segunda ley de Newton, la cual nos dice que el torque total que actúa sobre un cuerpo es igual al producto del momento de inercia del cuerpo y la aceleración angular del mismo, con lo que se expresa la siguiente fórmula:

$$\sum \tau_z = I\beta_z \quad \text{Ec. 3.1}$$

Dependiendo el trabajo efectuado por el torque, se determina que, si este actúa sobre un cuerpo rígido que gira, se realiza un trabajo. Este valor se lo puede expresar como una integral del torque, según [61] “el teorema trabajo-energía establece que el trabajo rotacional total efectuado sobre un cuerpo rígido es igual al cambio de energía cinética

de rotación. La potencia, o rapidez con la que el torque efectúa el trabajo, es el producto del torque y la velocidad angular". Se expresa con la siguiente formula.

$$P_{ot} = \tau_z W \quad \text{Ec. 3.2}$$

Como se puede observar con las ecuaciones anteriores se puede determinar la potencia angular del sistema teniendo como base la velocidad angular, momento de inercia y la aceleración angular. Para lo cual se tiene en cuenta la aceleración angular en términos de la velocidad angular y esto dividido para el tiempo de estabilización del arranque del motor, el tiempo establecido para motores eléctricos de bajo torque es de 0.05 segundos, para lo cual se utilizará la ecuación 3.1:

$$\beta_z = \frac{W}{t_m}$$

Primero se transformará la velocidad de giro del rodillo a radianes:

$$N = 25 \text{ r.p.m}$$

$$N = \frac{30 \text{ r.p.m} * 2 * \pi}{60}$$

$$N = 3,14 \text{ rad/s}$$

$$\beta = \frac{3,14 \text{ rad/s}}{0.05 \text{ s}}$$

$$\beta = 62.8 \text{ rad/s}^2$$

Este valor se reemplaza en la ecuación 3.2:

$$\tau_z = I\beta_z$$

$$\tau_z = 0.016 \text{ Kg} * \text{m}^2 * 62.8 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau_z = 1,001 \text{ N} * \text{m}$$

El valor obtenido se reemplaza en:

$$P_{ot} = \tau_z W$$

$$P_{ot} = 1,001 * N * m * 3,14 \text{ rad/s}$$

$$P_{ot} = 31.6 \text{ watts}$$

Para la potencia real se realiza una corrección con un factor de eficiencia mecánica de 0,6 y un factor de eficiencia eléctrica de 0.6, finalmente un factor de seguridad de 2, esto basado en el libro de Diseño de elementos de máquina de Mott.

$$P_{real} = P_{ot} * \frac{F_{seguridad}}{E_{mecanica} * E_{electrica}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

$$P_{real} = 31.6 * \frac{2}{0.6 * 0.6}$$

$$P_{real} = 175.56 \text{ watts}$$

El valor anterior se lo multiplica por 2 debido a que el motor moverá 2 secciones iguales.

$$P_{real\ total} = 175.56 * 2$$

$$P_{real\ total} = 351.11 \text{ watts}$$

Este valor transformado a hp tendría un valor de 0.47 Hp

3.6.4 Sistema de transmisión

Para el diseño del sistema de transmisión se utilizó la ayuda del software Excel, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 30.Datos de las catarinas y la cadena

Número de dientes de la Catarina impulsora	34
Número de dientes de la Catarina impulsada.	17
Numero de hileras	1
Factor de servicio	1,3
Factor de corrección de dientes	1
Factor de seguridad	5,11
Número de cadena.	60
Longitud de la cadena	142 pulgadas
Medida de paso de la cadena	0,75 pulgadas

3.7 Resultados del análisis Estructural

A continuación, se presentará los resultados obtenidos una vez realizado el análisis para cada estructura del conjunto total, estos cálculos son los que serán determinantes para conocer si los perfiles elegidos son adecuados para la construcción y funcionamiento de la máquina.

Para la realización del análisis se han asignados las respectivas cargas vivas y muertas ya calculadas en la sección de cálculos, así como también los respectivos combos de funcionamiento, dando como resultado lo siguiente:

a) Estructura Tolva de Entrada de Papas

- **Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales**

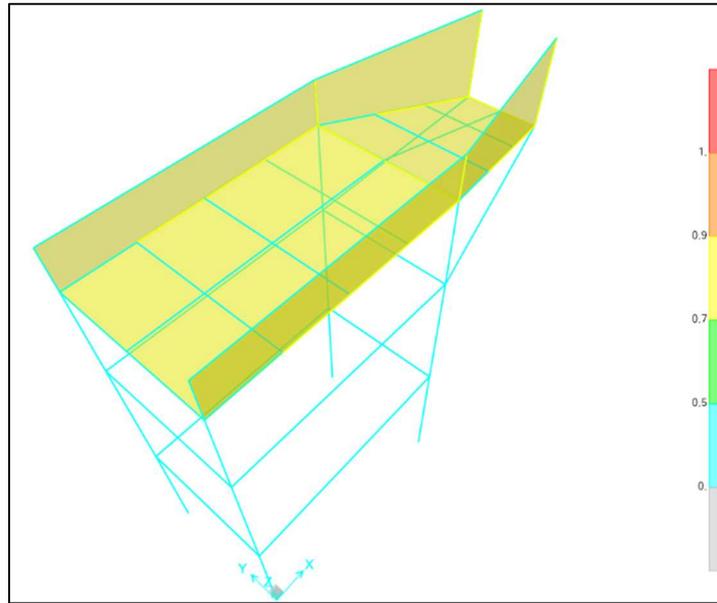


Figura 41.Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales (Tolva de Entrada)

Como se puede apreciar en la figura anterior, todos los elementos de la estructura se encuentran pintados de color celeste después del análisis, lo que indica que los elementos para la Tolva de entrada de papas trabajarán de manera correcta durante el funcionamiento del sistema.

- **Desplazamientos**

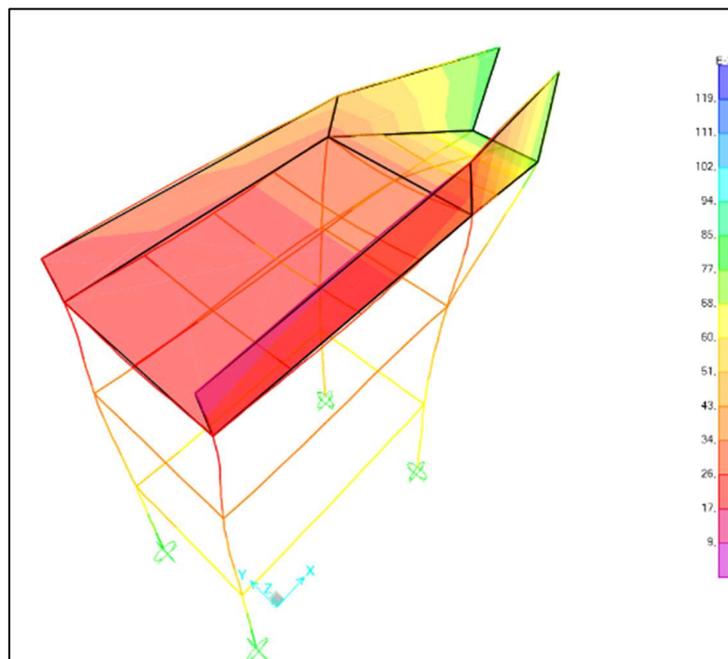


Figura 42.Desplazamientos (Tolva de Entrada)

Para el caso de los desplazamientos, los valores indicados en la tabla a continuación son los máximos y mínimos que tendrá la estructura cuando se encuentre ya en funcionamiento.

Tabla 31.Desplazamientos (Tolva de Entrada)

Desplazamientos (mm)	
Máximo	Mínimo
$119 e^{-3}$	$9 e^{-3}$

- **Tensiones de Von Mises**

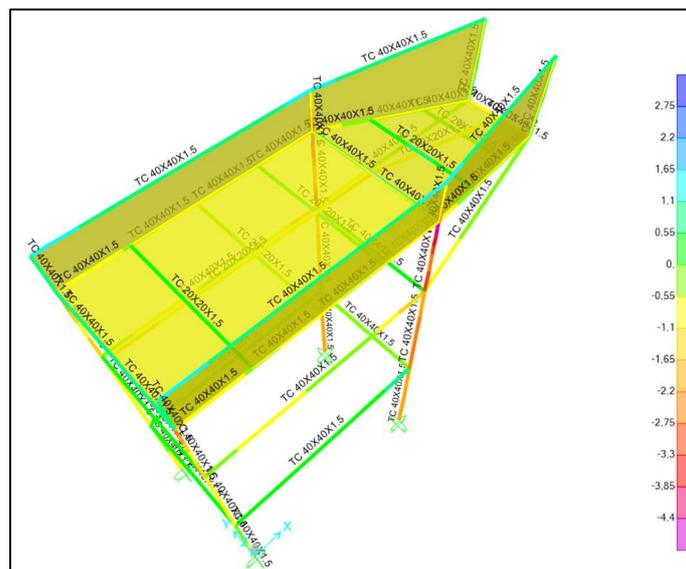


Figura 43.Tensiones de Von Mises (Tolva de Entrada)

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, el valor máximo para la tensión de Von Mises será de $4.4 N/mm^2$, y así mismo el valor mínimo será de 0.

Tabla 32.Tensiones de Von Mises (Tolva de Entrada)

Tensiones de Von Mises (N/mm^2)	
Máximo	Mínimo
4.4	0

- **Factor de Seguridad**

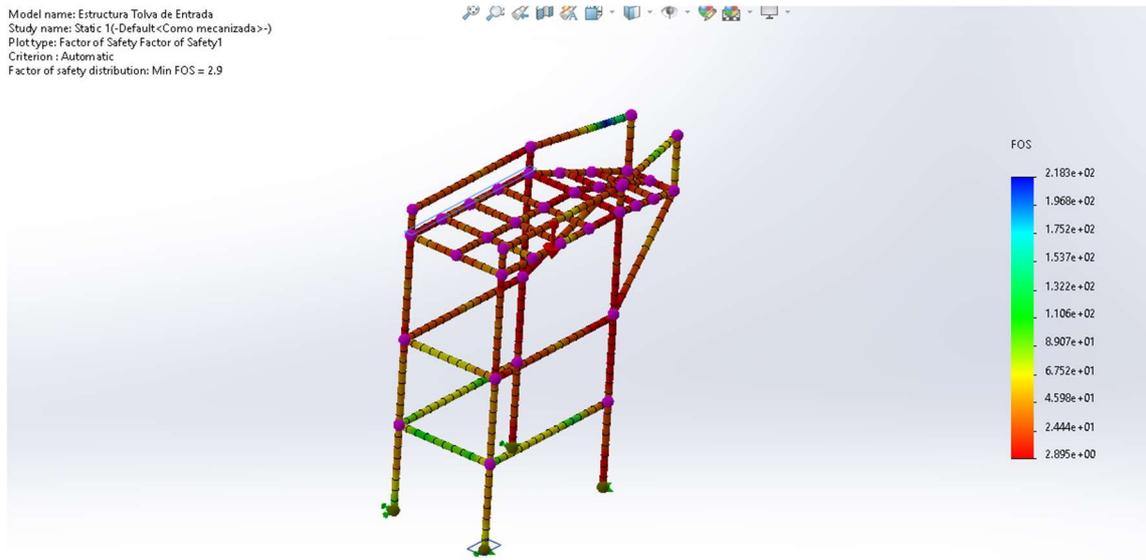


Figura 44.Factor de Seguridad (Tolva de Entrada)

Como se observa en la figura anterior, de acuerdo con el software utilizado para el diseño, una vez insertados los parámetros necesarios, se ha calculado el factor de seguridad de acuerdo con las áreas de exigencia, obteniendo los siguientes resultados para la estructura de la tolva de entrada de papas: un factor de seguridad de 2.89 el cual cumple con lo requerido para tener un correcto diseño.

Estructura Lavadora de Papas

- **Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales**

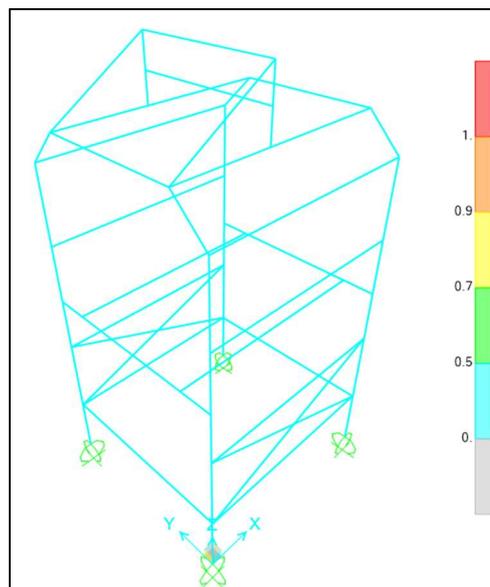


Figura 45.Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales (Lavadora de Papas)

En la figura anterior se pudo observar que, todos los elementos de la estructura se encuentran pintados de color celeste después del análisis, lo que indica que los elementos para la máquina lavadora de papas trabajarán de manera correcta durante el funcionamiento del sistema.

- **Desplazamientos**

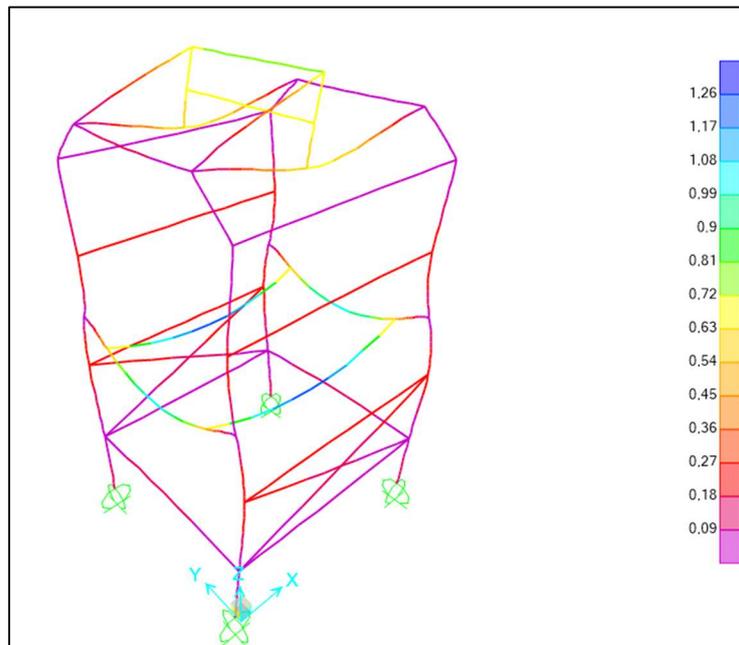


Figura 46.Desplazamientos (Lavadora de Papas)

Para el caso de los desplazamientos, los valores indicados en la tabla a continuación son los máximos y mínimos que tendrá la estructura cuando se encuentre ya en funcionamiento.

Tabla 33.Desplazamiento

Desplazamientos (mm)	
Máximo	Mínimo
1.26	0.09

- Tensiones de Von Mises

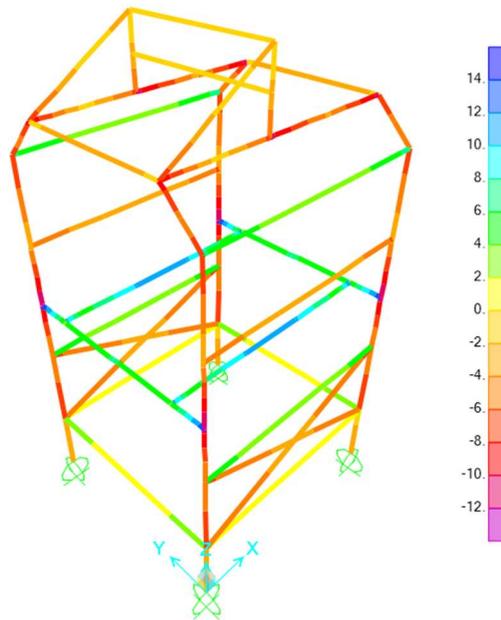


Figura 47.Tensiones de Von Mises (Lavadora)

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, el valor máximo para la tensión de Von Mises será de 14 N/mm^2 , y así mismo el valor mínimo será de 0.

Tabla 34.Tensión máxima y mínima de Von Mises

Tensiones de Von Mises (N/mm^2)	
Máximo	Mínimo
14	0

- **Factor de Seguridad**

En la siguiente figura se puede apreciar el valor del factor de seguridad de la estructura que es de 5.1, el cual cumple con los requerimiento para el diseño y construcción de la misma.

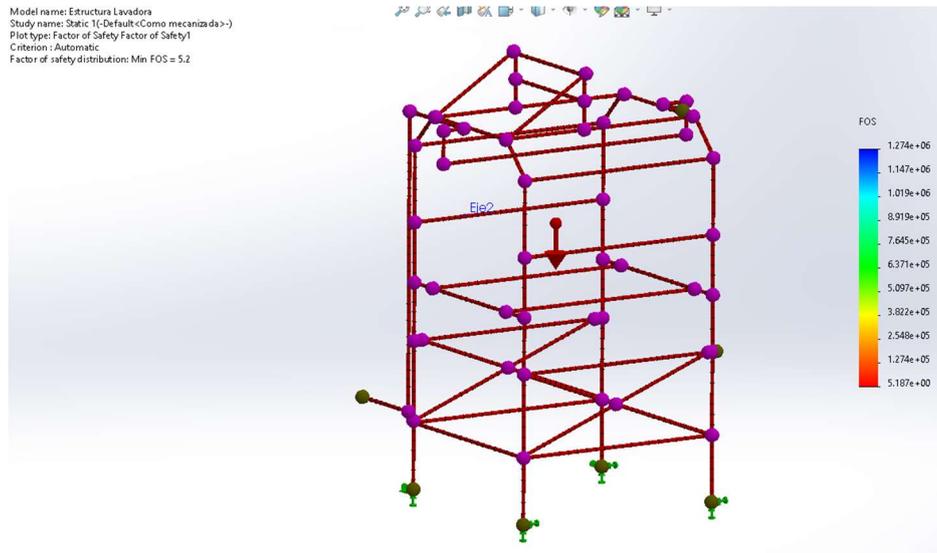


Figura 48.Factor de Seguridad (Estructura lavadora de Papas)

b) Estructura Clasificadora de Papas

- **Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales**

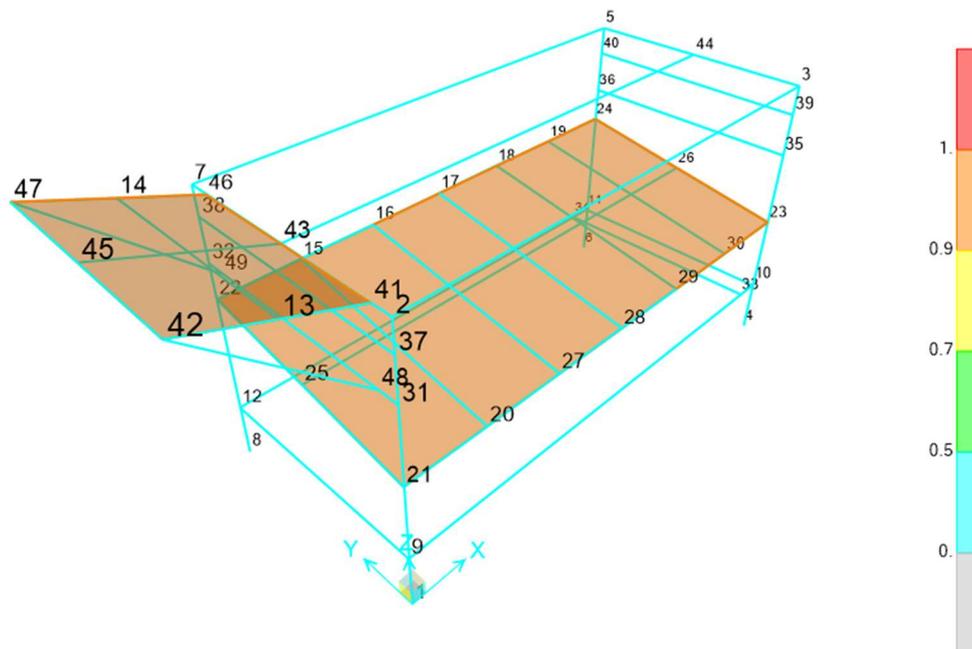


Figura 49.Verificación de la resistencia de los perfiles estructurales (Clasificadora de Papas)

Como se puede apreciar en la figura anterior, todos los elementos de la estructura se encuentran pintados de color celeste después del análisis, lo que indica que los elementos para la máquina clasificadora de papas trabajarán de manera correcta durante el funcionamiento del sistema.

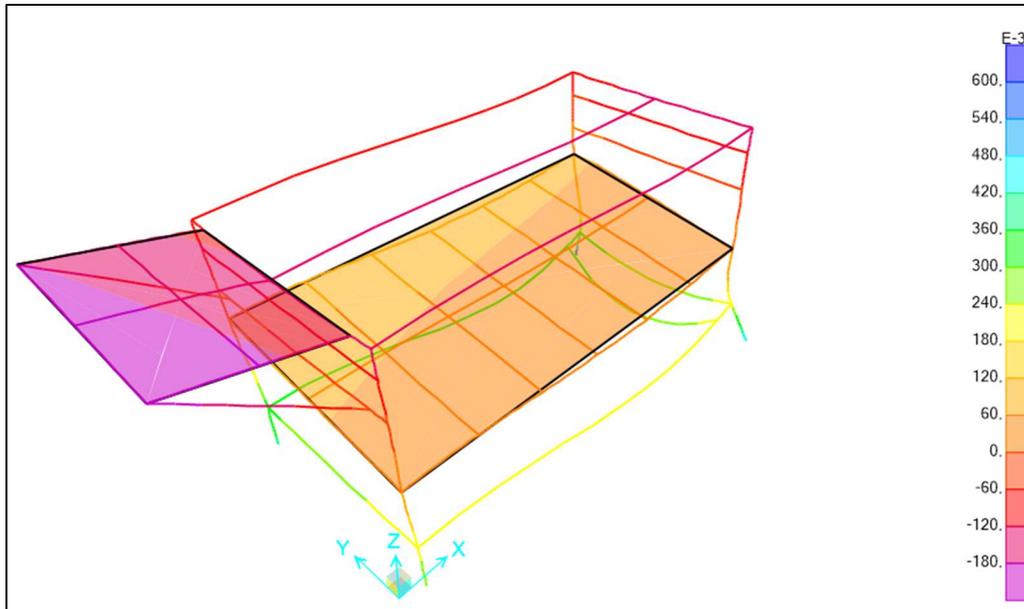


Figura 50.Desplazamientos (Clasificadora de Papas)

Para el caso de los desplazamientos, los valores indicados en la tabla a continuación son los máximos y mínimos que tendrá la estructura cuando se encuentre ya en funcionamiento.

Tabla 35.Desplazamiento máximo y mínimo de la clasificadora

Desplazamientos (<i>mm</i>)	
Máximo	Mínimo
$600 e^{-3}$	0

- **Tensiones de Von Mises**

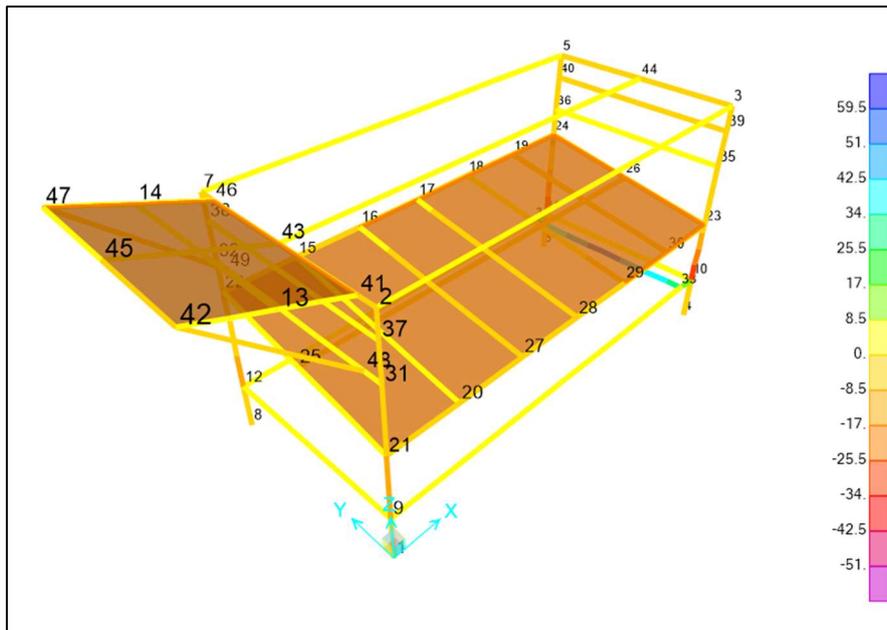


Figura 51.Tensiones de Von Mises (Clasificadora de Papas)

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, el valor máximo para la tensión de Von Mises será de 98 N/mm^2 , y así mismo el valor mínimo será de 0.

Tabla 36.Tensión máxima y mínima de Von mises de la máquina clasificadora.

Tensiones de Von Mises (N/mm^2)	
Máximo	Mínimo
59.5	0

- **Factor de Seguridad**

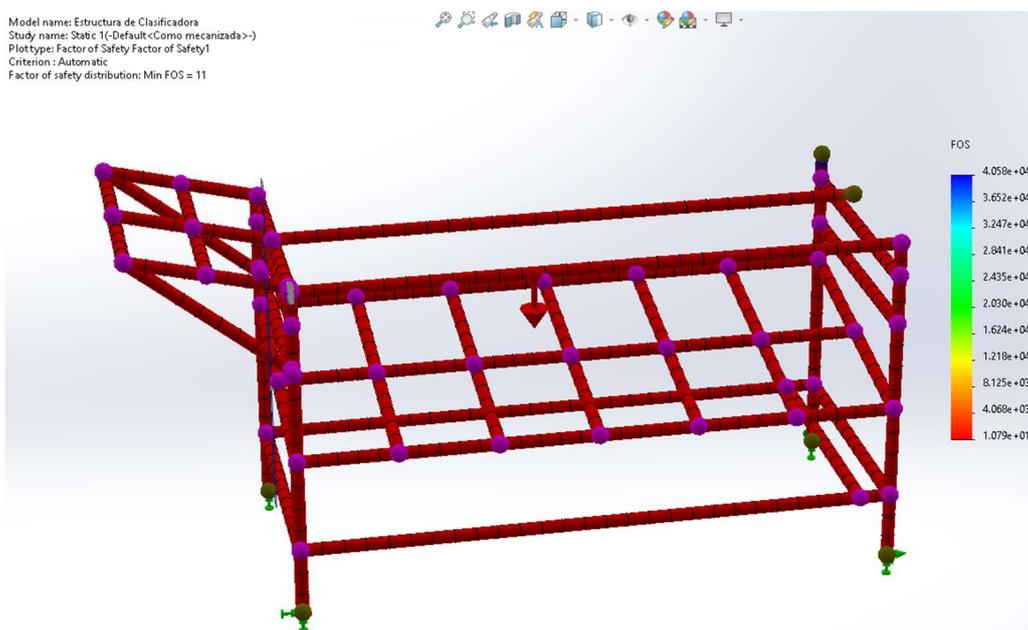


Figura 52.Factor de Seguridad (Estructura Clasificadora de Papas)

Se puede ver en la anterior figura que el factor de seguridad cumple con los requisitos de diseño con un valor de 4.05.

c) Tambor de Lavado

- **Tensiones de Von Mises**

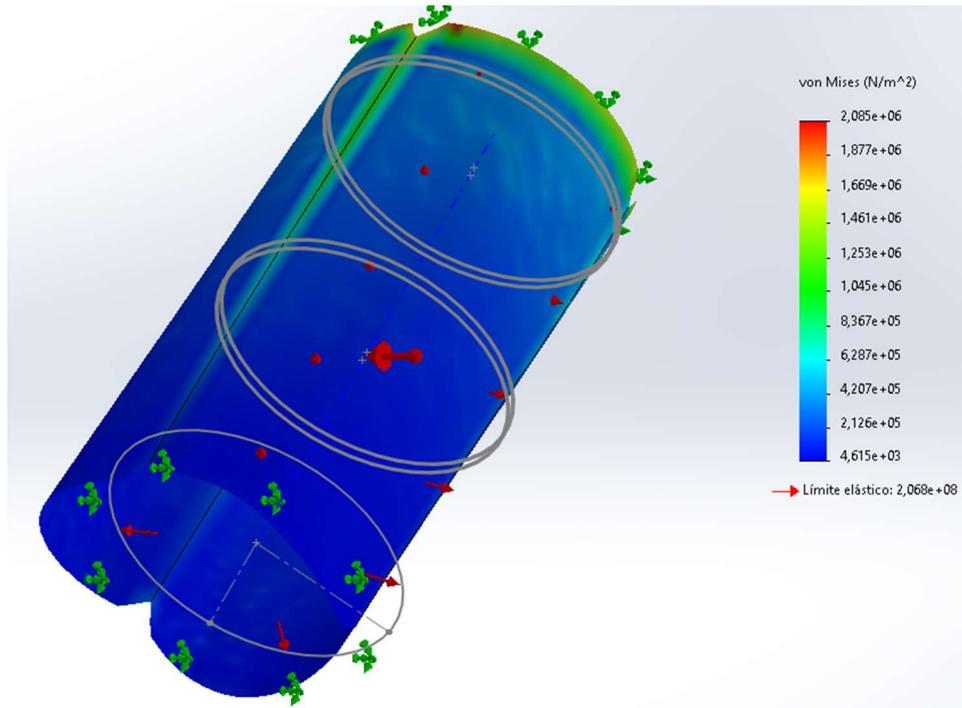


Figura 53.Tensiones de Von Mises (Tambor de Lavado)

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, el valor máximo para la tensión de Von Mises será de $2.085 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, y así mismo el valor mínimo será de $4.615 \times 10^3 \text{ N/m}^2$.

Tabla 37.Tensiones de Von Mises del tambor de lavado

Tensiones de Von Mises (N/m^2)	
Máximo	Mínimo
2.085×10^6	4.615×10^3

- **Desplazamientos**

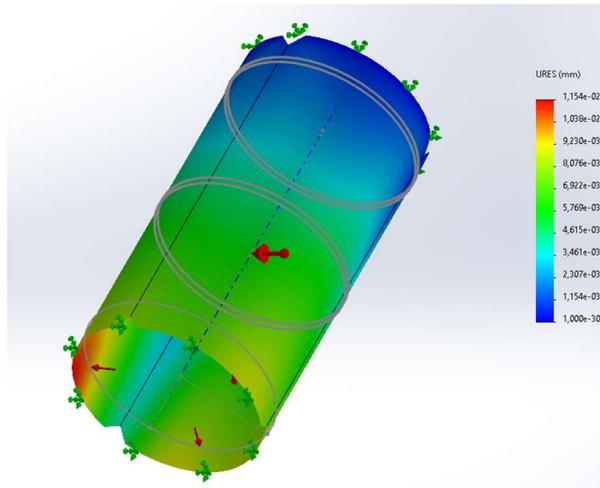


Figura 54.Desplazamientos (Tambor de Lavado)

Para el caso de los desplazamientos, los valores indicados en la tabla a continuación son los máximos y mínimos que tendrá la estructura cuando se encuentre ya en funcionamiento.

Tabla 38.Desplazamiento máximo y mínimo del tambor de lavado

Desplazamientos (<i>mm</i>)	
Máximo	Mínimo
$1.154 e^{-2}$	$1 e^{-30}$

d) Perfil Circular de Tornillo Sin Fin

- **Tensiones de Von Mises**

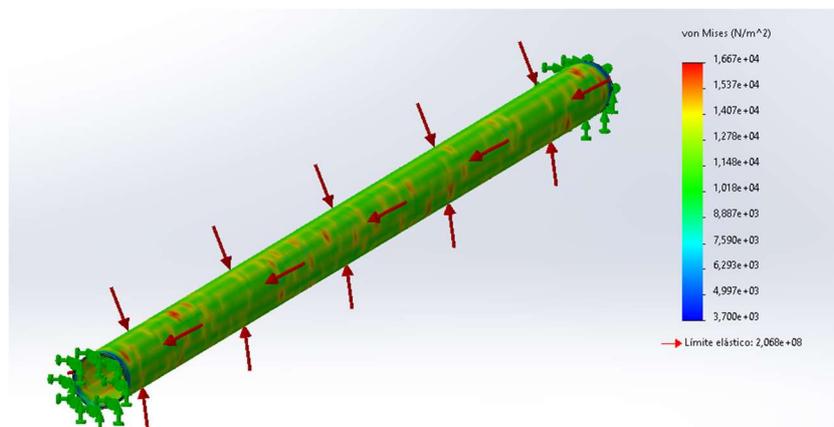


Figura 55.Tensiones de Von Mises (Tornillo sin fin)

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, el valor máximo para la tensión de Von Mises será de $1.667 e^4 N/m^2$, y así mismo el valor mínimo será de $3.7 e^3 N/m^2$.

Tabla 39.Tensión máxima y mini de Von Mises del tornillo sin fin

Tensiones de Von Mises (N/m^2)	
Máximo	Mínimo
$1.667 e^4$	$3.7 e^3$

- **Desplazamientos**

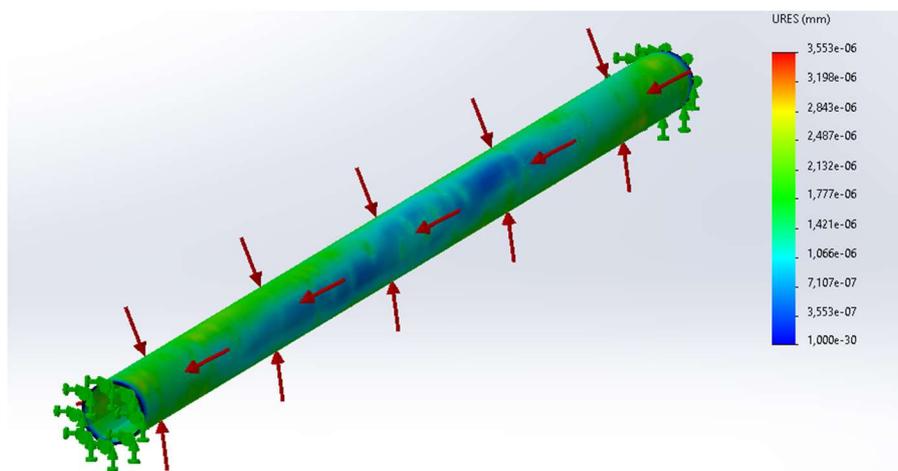


Figura 56.Desplazamientos (Tornillo sin fin)

Para el caso de los desplazamientos, los valores indicados en la tabla a continuación son los máximos y mínimos que tendrá la estructura cuando se encuentre ya en funcionamiento.

Tabla 40.Desplazamiento máximo y mínimo del tubo del tornillo sin fin

Desplazamientos (mm)	
Máximo	Mínimo
$3.553 e^{-6}$	$1 e^{-30}$

3.7.1 Diseño de soldadura

El punto más crítico donde se encuentra el mayor esfuerzo es en uno de los elementos de la clasificadora, la estructura está fabricada de Acero ASTM A36, en este punto existen dos componentes soldados en donde es necesario comprobar la resistencia de la junta soldada, para lo cual se deben considerar los siguientes aspectos.

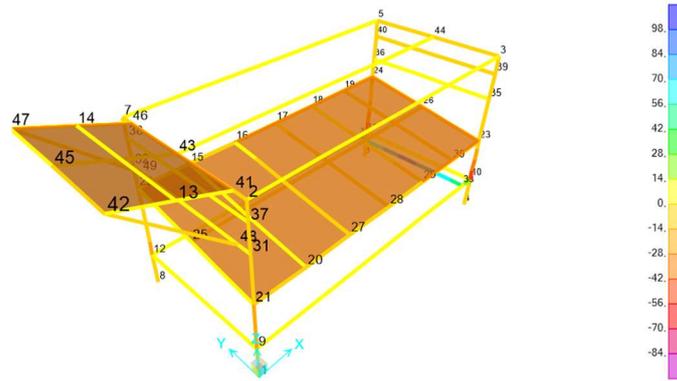


Figura 57. Esfuerzo de Von Mises en elementos frame de la clasificadora

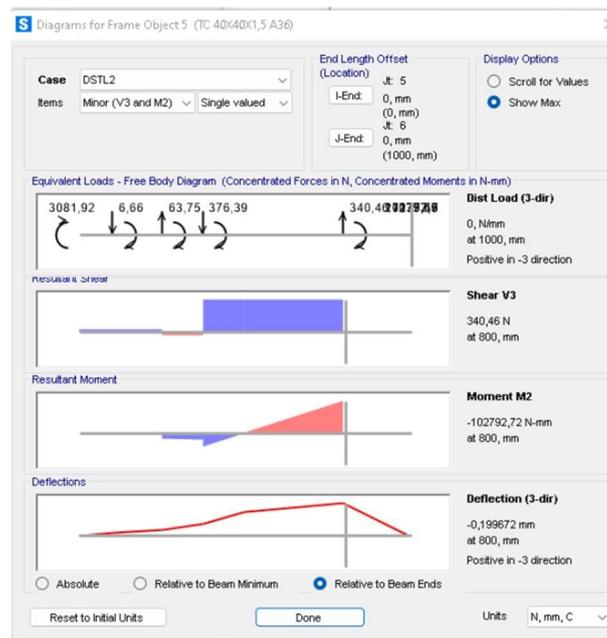


Figura 58. Fuerza cortante y momento flector en el punto de análisis

3.7.2 Cálculo de soldadura

Para el cálculo de este parámetro se utilizará las ecuaciones 2.5;2.51;2.52;2.53.

$$A = 4,414h(b + d)$$

$$\bar{y} = \frac{d}{2}$$

$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$$

$$I = 0,707hI_u$$

Datos:

$$F = 340,46 \text{ N}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

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

Resolviendo las ecuaciones:

$$A = 4,414h(b + d)$$

$$A = 4,414 * 5 * (40 + 40)$$

$$A = 1765.6 \text{ mm}^2$$

$$\bar{y} = \frac{d}{2}$$

$$\bar{y} = \frac{40}{2}$$

$$\bar{y} = 20 \text{ mm}$$

$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$$

$$I_u = \frac{40^2}{6}(3 * 40 + 40)$$

$$I_u = 42666.66 \text{ mm}^3$$

$$I = 0,707hI_u$$

$$I = 0,707 * 5 * 42666.66$$

$$I = 150826.66 \text{ mm}^4$$

A continuación, se realiza el cálculo del esfuerzo primario y secundario con las siguientes ecuaciones 2.54 y 2.55.

$$\tau' = \frac{F}{A}$$

$$\tau'' = \frac{Mr}{I}$$

Resolviendo:

$$\tau' = \frac{340,46 \text{ N}}{1765.6 \text{ mm}^2}$$

$$\tau' = 0.19 \text{ Mpa}$$

$$\tau'' = \frac{102792.12 \text{ N} * \text{mm} * 20 \text{mm}}{150826.66 \text{ mm}^4}$$

$$\tau'' = 13,63 \text{ Mpa}$$

Al final se calcula el esfuerzo cortante máximo:

$$\tau = \sqrt{(\tau')^2 + (\tau'')^2}$$

$$\tau = \sqrt{(0.19 \text{ Mpa})^2 + (13,63 \text{ Mpa})^2}$$

$$\tau = 13,63 \text{ Mpa}$$

Finalmente se calcula el factor de seguridad

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$n = \frac{0.577 * 250 \text{ Mpa}}{13,63 \text{ Mpa}}$$

$$n = 10.58$$

Como se puede observar el diseño de la soldadura es el correcto ya que se tiene un factor de seguridad de 10.58

3.8 Construcción de la máquina lavadora y clasificadora de papas

Después de terminar el diseño de las partes, elementos y sistemas que conforman la máquina se pasa al proceso de construcción de esta. Durante la construcción son necesarios materiales, herramientas y la maquinaria adecuada.

3.8.1 Presupuesto

En este apartado se tiene el interés de determinar los costos directos e indirectos de dicho proyecto.

3.8.1.1 Costos directos

Tabla 41. Costos de materiales

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Tubo cuadrado Acero ASTM A36 50*50*3 mm	7	\$ 36.96	\$258.72
Tubo cuadrado Acero ASTM A36 20*20*4 mm	2	\$ 11.92	\$ 23.84
Plancha de acero inoxidable A304 espesor =1.2 mm	4	\$ 70.5	\$ 282.00
Tubo rectangular acero ASTM A36 50*25*3 mm	5	\$ 18.63	\$ 93.15
Tubo cuadrado Acero ASTM A36 20*20*2 mm	6	\$11.92	\$71.52
Plancha de acero inoxidable A304 espesor =1.5mm	2	\$120.45	\$240.90
Platina 1 *1/4 in	3	\$11.20	\$33.60
Varilla cuadrada de media pulgada	2	\$6.72	\$13.44
Placa de Acero ASTM A36 250*250*6 mm	1	\$15.00	\$15.00
Tubo cuadrado Acero ASTM A36 40*40*3 mm	3	\$31.26	\$93.78
Guías con rodamientos ½ in y eje de 2 in	8	\$20.00	\$160.00
Manguera negra 1 ¼ in	18	\$1.50	\$27.00
Autoperforante ½ in	500	\$0.01	\$5.00
Grillete para manguera	40	\$0.30	\$12.00
Tubo redondo Acero ASTM A36 diámetro 2 pulgadas espesor= 3mm	2	\$20.99	\$41.98
Eje de acero inoxidable A304 diámetro= 2cm	1	\$40.00	\$40.00
Manguera de presión ½ in	15	\$1.10	\$16.50
Tubo cuadrado Acero ASTM A36 40*40*4 mm	6	\$32.80	\$196.80
Total			\$ 1625.23

Tabla 42. Costo de materiales normalizados

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Chumaceras de piso	8	\$ 8.00	\$ 64.00
Chumaceras de pared	1	\$ 4.00	\$ 4.00
Pernos	16	\$0.20	\$ 3.20
Tuercas	16	\$ 0.20	\$ 3.20
Motorreductor	2	\$ 500.00	\$ 1000.00
Tornillos	40	\$0.30	\$ 12.00
Tornillos en L	8	\$ 10.00	\$ 80.00
Bandas	2	\$ 24.10	\$ 48.20
Poleas	1	\$ 37.45	\$ 37.45
Pulsadores	2	\$ 5.00	\$ 10.00
Tomacorrientes	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Bomba de agua	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Cables	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Cadenas	2	\$ 8.00	\$ 16.00
Piñones	2	\$ 3.00	\$ 6.00
Catarina	2	\$ 8.00	\$ 16.00
Total			\$ 1709.05

Tabla 43.Costos totales directos

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Mano de obra	2	\$ 250,00	\$ 500,00
Soldadura	2	\$ 75,00	\$ 150,00
Mecanizado de elementos	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Materiales	1	\$ 1625.23	\$ 1625.23
Materiales normalizados	1	\$ 1709.05	\$ 1709.05
Insumos	1	200,00	200,00
TOTAL			\$ 4384.28

3.8.2 Costos indirectos

Tabla 44.Total de costos indirectos

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Costo de diseño e ingeniería	1	800,00	800,00
Transporte	1	50,00	50,00
Impresiones	1	10,00	10,00
Internet	1	20,00	20,00
Suministros	1	20,00	20,00
Imprevistos	1	50,00	50,00
TOTAL			950,00

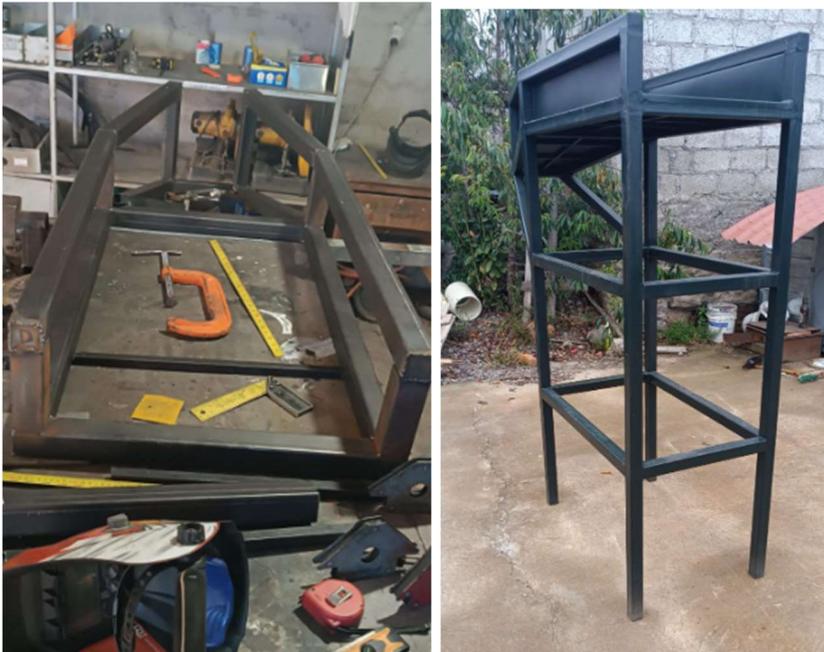
3.8.3 Costos totales

El costo total se lo puedo obtener al sumar los costos totales directos y los costos totales indirectos con lo siguiente se tiene $\text{Costo total} = \$ 4384.28 + \$ 950.00 = \$ 5334.28$

3.8.4 Proceso de construcción de la máquina

En la siguiente tabla se puede ver el proceso de construcción de la máquina lavadora y clasificadora de papas.

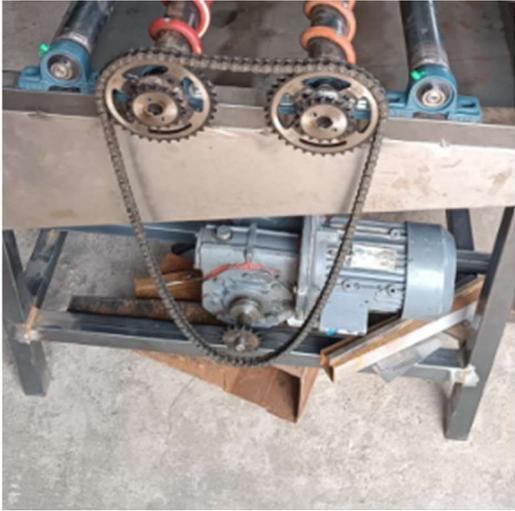
Tabla 45.Procesos de construcción de la máquina.

Máquina lavadora y clasificadora de papas		
Elemento	Imagen	Descripción
Tolva principal		<p>La tolva principal almacena y alimenta a la máquina lavadora, la cual después alimentará a la máquina clasificadora.</p>
Estructura de la tolva principal		<p>Construcción y acople de la tolva de alimentación a la estructura que soportará dicho elemento y las cargas respectivamente mencionadas.</p>

<p>Tambor de lavado</p>		<p>El tambor de lavado fue formado por un proceso de doblado y luego fue reforzado con platinas, las mismas que servirán de guías para los retenedores.</p>
<p>Estructura de la lavadora</p>		<p>Se puede observar la estructura donde se acoplará el tanque de lavado, el tanque de recolección y el motor, todo esto para conformar la máquina lavadora de papas.</p>

<p>Tanque de recolección</p>		<p>El tanque de recolección es construido con la finalidad de recolectar el agua que se utiliza durante el proceso de lavado, está fabricado del mismo material que el tambor.</p>
<p>Sistema de transmisión de poleas</p>		<p>Son dos poleas las cuales están encargadas de transmitir el movimiento generado por el motorreductor hacia el tambor de lavado,</p>
<p>Sistema de lavado</p>		<p>Está conformado por una tubería PVC, codos y varios elementos más, el cual está encargado de distribuir el agua a través del tambor de lavado.</p>

<p>Rodillos sin espiral</p>		<p>Están conformados por tuberías, chumaceras y ejes. Su función principal es dar la correcta separación, para la clasificación de las papas.</p>
<p>Rodillos con espiral</p>		<p>Están conformados por tubería metálica, manguera, tornillos, ejes y chumaceras. Su función principal es transportar las papas hasta la separación correcta y de esta manera clasificar las papas.</p>

<p>Estructura de la clasificadora</p>		<p>Es la estructura donde esta instalados la tolva de clasificación, el motorreductor, los rodillos y otros elementos.</p> <p>Esta construida en acero A36.</p>
<p>Transmisión mediante cadenas</p>		<p>Está conformada por piñones y cadenas.</p> <p>Su función principal, es transmitir el movimiento el motorreductor hacia los rodillos.</p>
<p>Inversor de giro</p>		<p>Se colocó un inversor de giro, debido a que el tornillo sin fin debe girar en el mismo sentido que el otro para no lastimar las papas.</p>

<p>Colocación de retenedores</p>		<p>Los retenedores están colocados para que sean la base en la cual va a girar el tambor de lavado.</p>
<p>Tornillo sin fin y perforaciones en el tanque e lavado</p>		<p>El tornillo sin fin es colocado en el tambor de lavado para el transporte de las papas, los orificios realizaos en la máquina es para que el agua pueda ser filtrada antes de que llegue al proceso de clasificación.</p>

<p>Abrazaderas para la sujeción del tornillo sin fin del tambor</p>		<p>Son utilizadas para fijar la manguera al tambor de lavado y de esta manera formar el tornillo sin fin en su interior.</p>
<p>Colocación de los tornillos sin fin en la chumacera</p>		<p>Los rodillos son colocados en chumaceras para que estos puedan girar de una manera más efectiva.</p>
<p>Tolva de alimentación de la clasificadora</p>		<p>Está diseñada para recolectar las papas que salen de la máquina lavadora.</p>

Tolva
clasificadora



Está diseñada para realizar la separación de las papas según el diámetro de estas.

Comparación entre el diseño en software y el diseño real.

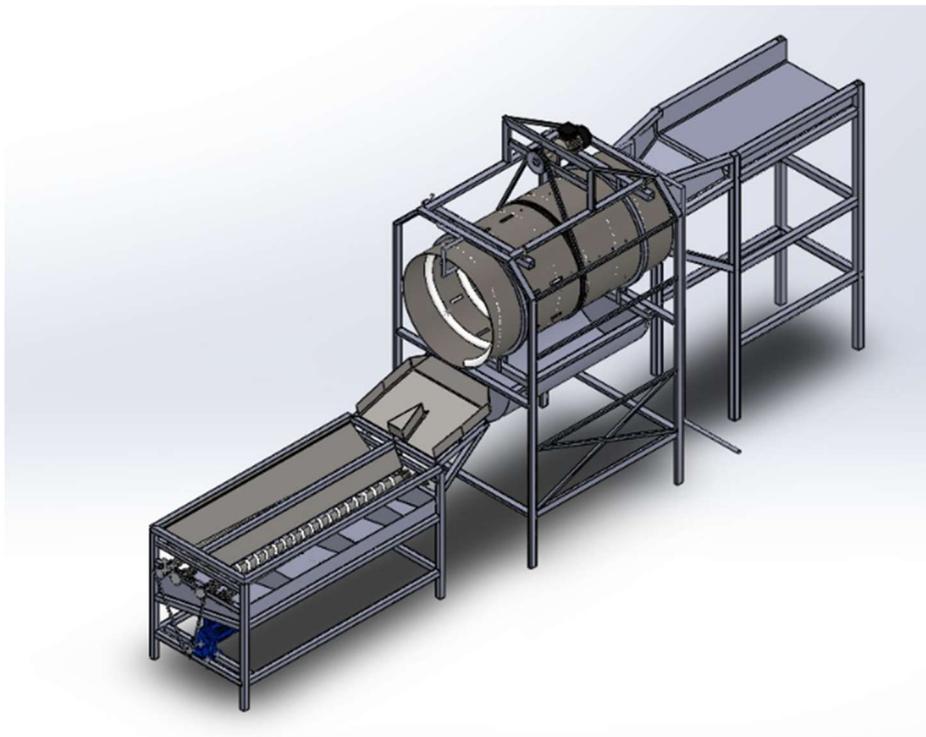


Figura 59.Máquina lavadora y clasificadora diseño en software.



Figura 60.Máquina lavadora y clasificadora diseño real

3.8.5 Verificación del funcionamiento de la maquina lavadora y clasificadora de papas

3.8.5.1 Lavadora de papas

La máquina lavadora de papas posee la capacidad de lavar 45 Kg/2 min, satisfaciendo la necesidad diaria de 9000 Kg en un lapso de 8 horas, además se puede utilizar para lavar tubérculos con características similares.



Figura 61.Máquina lavadora de papas en funcionamiento

3.8.5.2 Clasificadora de papas

La máquina clasificadora de papas tiene la capacidad necesaria para seleccionar de acuerdo con el tamaño las papas, a la misma velocidad de la clasificadora, la cual es de 9000 Kg en un lapso de 8 horas diarias.



Figura 62.Máquina lavadora de papas en funcionamiento

3.8.5.3 Tolva de alimentación

La tolva de alimentación posee la capacidad de almacenar hasta 90 Kg de papas, lo cual satisface la alimentación de las dos máquinas.



Figura 63.Tolva de alimentación

3.8.6 Manual de uso y mantenimiento

3.8.6.1 Lavadora de Papas

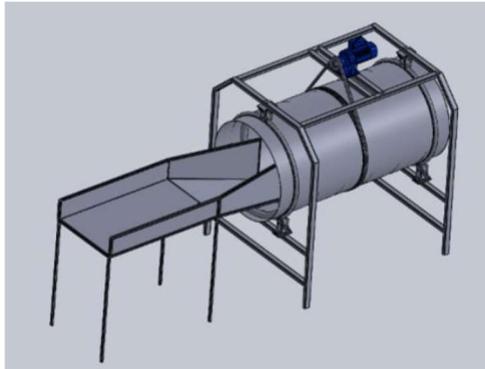


Figura 64.Lavadora de papas

Información general

Descripción

La máquina consta de tres secciones principales, la primera es la tolva de alimentación, sección de lavado y por último la sección de clasificación.

Tolva de alimentación. Está ubicada al inicio de la máquina, es la encargada de almacenar y depositar las papas para su respectivo lavado y clasificado.

Sección de lavado. Consta de un tanque cilíndrico en el cual ingresan las papas y mediante el sistema de aspersion las mismas son lavadas, además consta de un sistema de un tornillo sin fin en cual ayuda a que las mismas no queden atrapadas en un mismo lugar.

Sección de clasificado. Consta de 2 tornillos sin fin y 2 apoyos, los cuales están distribuidos de manera tal que se van separando según la sección de clasificación de las papas, en la parte inferior consta de una tolva dividida en secciones para su clasificación y recolección.

Principio de funcionamiento

El objetivo principal de la máquina lavadora y clasificadora de papas es retirar toda la suciedad posible y ordenar según el tamaño las papas, además de reducir el tiempo que conllevaría esta tarea si fuera realizada de manera manual.

La máquina está diseñada para lavar y clasificar papas de la variedad superchola, sin embargo, se puede utilizar para lavar y clasificar tubérculos de características similares, igual que algunas frutas y hortalizas.

Aplicación

La máquina está diseñada para ser implementada en la industria agroalimentaria, o en industrias similares.

Este tipo de maquina es fabricado con la función de agilizar los procesos de la industria agroalimentaria, ya que con las mismas se puede mejorar los tiempos en el lavado de productos agrícolas, debido a que estos están siendo consumidos a nivel industrial y también a nivel del hogar.

Instalación

Recepción del equipo

Al momento de aceptar la maquina se debe tener en cuenta algunas de las características que se mencionan a continuación, que no tenga abolladuras que pudieron ser causadas por el transporte, si faltan piezas descritas al momento de la venta, además se debe usar el equipo adecuado al momento de realizar la descarga del equipo (grúas, montacargas, elevadores, etc.)

Trasporte y almacenamiento

Es fundamental desmontar las partes móviles, como lo es el motorreductor, las bandas, la polea, el cilindro de lavado.

Se debe tener cuidado con el transporte debido a las dimensiones y peso de la máquina podría provocar accidentes.

Ubicación

Es necesario poseer una fuente de energía de 220 voltios, además de una fuente de agua continua, además se debe colocar a la maquina en un espacio plano para que la máquina no se vea afecta por algún nivel de inclinación y pueda funcionar con normalidad

Preparación

Las papas deben estar lo más cerca de la tolva para que de esta manera se logre una mayor eficiencia sin hacer grandes esfuerzos.

Instalaciones eléctricas

Es necesario una fuente de 220 V, además de que cuenta con un pulsador de encendido y un breaker para el paso de la corriente eléctrica de la fuente hacia el motor.

Encendido

- Inicialmente es necesario conectar a una fuente de corriente eléctrica de 220 V.
- Se debe mantener presionando el pulsador de color verde durante 3 segundos.
- Una vez transcurrido el tiempo de 3 segundos se suelta el pulsador y se procede a encender el breaker y soltar el pulsador.
- Para la detención de la máquina es necesario bajar el switch del breaker y la máquina dejará de recibir energía eléctrica y se detendrá.

Mantenimiento

Identificación del equipo para solicitar repuestos

El poder identificar el funcionamiento y la frecuencia de fallas de las piezas es muy importante debido a que se puede determinar qué elementos tiende a fallar de un momento a otro, esto puede provocar un estancamiento del proceso que involucre a la lavadora.

Es importante al momento de solicitar las piezas de repuesto fijarse en las numeraciones de los planos, además de que se use el nombre y la numeración correcta, de esta manera el proceso de despacho se realiza de una manera más eficiente.

Descripción del equipo

La lavadora consta con un sistema de aspersion que se encarga del lavado de las papas que recorren la longitud del tambor, además de que para su mayor eficiencia se ha colocado un tornillo sin fin. La lavadora consta con un mecanismo de polea de correa, el cual ayuda a disminuir el costo de mantenimiento, además que es soporta con un sistema de ruedas que facilita el sistema de rotación, está diseñado para satisfacer un flujo de al

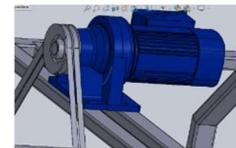
menos 9000 kg en un lapso de 8 horas, es controlada por un motor de 1 HP a una velocidad del tambor de 30 rpm.

Su fabricación es en acero inoxidable AISI 304 el cual se usa para máquinas que están en contacto directo con productos alimenticios.

Identificación y mantenimiento

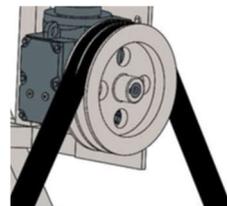
Motor reductor

- Revisar el nivel del aceite.
- Revisar que no exista ninguna fuga del aceite.
- Revisar que las conexiones.
- Identificar la solicitud de cualquier repuesto.
- Es recomendable usar aceites especiales para reductores.



Polea correa

- Revisar si existen fisuras en la correa.
- Revisar la tensión de las correas.
- Revisar la polea.
- Verificar que los elementos estén correctamente alineados.
- Identificar y solicitar cualquier repuesto.



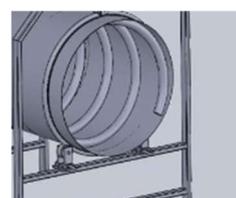
Ruedas de soporte

- Revisar el desgaste que se ha producido durante el tiempo de uso.
- Revisar las guías.
- Verificar la correcta alineación entre las ruedas y las guías.
- Identificar y solicitar cualquier repuesto.



Sistema de lavado

- Revisar el sistema de aspersión.
- Verificar la presión de salida de los agujeros.
- Se recomienda la limpieza frecuente del sistema de aspersión.
- Identificar y solicitar cualquier repuesto.



3.8.6.2 Clasificadora de papas

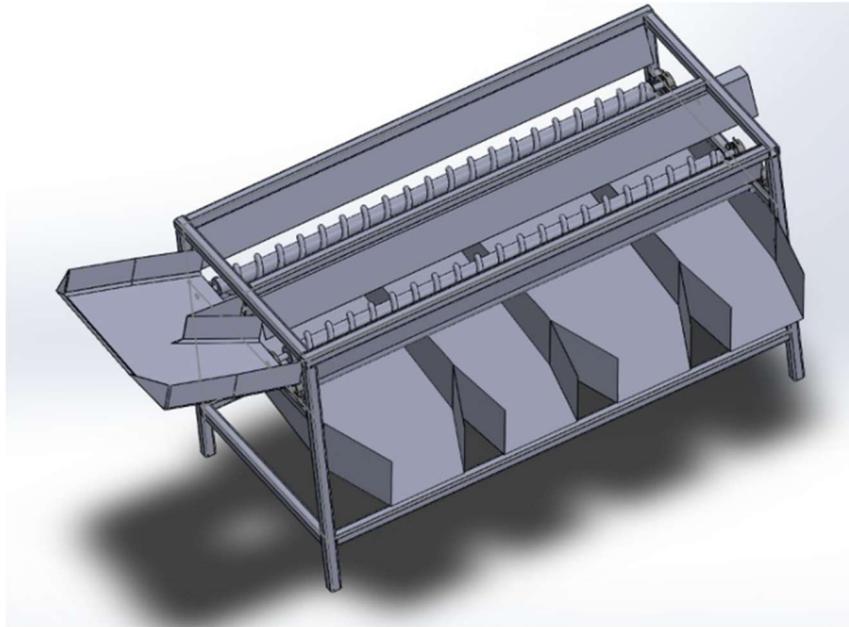


Figura 65. Clasificadora de papas

Instalación

Recepción del equipo

Al momento de aceptar la maquina se debe tener en cuenta algunas de las características que se mencionan a continuación, que no tenga abolladuras que pudieron ser causadas por el transporte, si faltan piezas descritas al momento de la venta, además se debe usar el equipo adecuado al momento de realizar la descarga del equipo (grúas, montacargas, elevadores, etc.)

Trasporte y almacenamiento

Es fundamental desmontar las partes móviles, como lo es el motorreductor, los tornillos de apoyo, los tornillos de transporte, chumaceras.

Se debe tener cuidado con el transporte debido a las dimensiones y peso de la máquina podría provocar accidentes.

Ubicación

Es necesario poseer una fuente de energía de 220 voltios, además se debe colocar a la máquina en un espacio plano para que la misma no se vea afectada por algún nivel de inclinación y pueda funcionar con normalidad

Preparación

La clasificadora debe estar colocada en un nivel y posición adecuada después de la lavadora, para que las papas no se caigan o amontonen en una sola sección.

Instalaciones eléctricas

Es necesario una fuente de 220 V, además de que cuenta con un pulsador de encendido y un breaker para el paso de la corriente eléctrica de la fuente hacia el motor.

Encendido

- Inicialmente es necesario conectar a una fuente de corriente eléctrica de 220 V.
- Se debe mantener presionando el pulsador de color verde durante 3 segundos.
- Una vez transcurrido el tiempo de 3 segundos se suelta el pulsador y se procede a encender el breaker y soltar el pulsador.
- Para la detención de la máquina es necesario bajar el switch del breaker y la máquina dejará de recibir energía eléctrica y se detendrá.

Mantenimiento

Identificación del equipo para solicitar repuestos

El poder identificar el funcionamiento y la frecuencia de fallas de las piezas es muy importante debido a que se puede determinar qué elementos tienden a fallar de un momento a otro, esto puede provocar un estancamiento del proceso que involucre a la clasificadora.

Es importante al momento de solicitar las piezas de repuesto fijarse en las numeraciones de los planos, además de que se use el nombre y la numeración correcta, de esta manera el proceso de despacho se realiza de una manera más eficiente.

Descripción del equipo

La clasificadora consta de un sistema de dos tornillos, uno de apoyo y otro de transporte, el tornillo transportador es accionado mediante catalinas, las mismas que son accionados por cadenas y un motor de 1HP, la tolva de ingreso está colocada a un nivel adecuado para poder recibir las papas de la lavadora sin causar daños, además en la parte inferior existe una tolva para realizar la clasificación, la misma que está dividida en varias secciones dependiendo el tamaño de la papa, está diseñada para clasificar u flujo de al menos 9000 Kg en un lapso de 8 horas, la velocidad de los rodillos transportadores es 60 rpm.

Su fabricación es en acero inoxidable AISI 304 el cual se usa para máquinas que están en contacto directo con productos alimenticios.

Identificación y mantenimiento

Motor reductor

- Revisar el nivel del aceite.
- Revisar que no exista ninguna fuga del aceite.
- Revisar que las conexiones.
- Identificar la solicitud de cualquier repuesto.
- Es recomendable usar aceites especiales para reductores.

Sistema de transmisión mediante cadenas

- Revisar la lubricación de la cadena y los piñones.
- Revisar la alineación entre los piñones y el eje del motor.
- Identificar y solicitar cualquier repuesto.
- Verificar la correcta colocación de la cadena.

Sistema de transporte

- Revisar el desgaste que se ha producido durante el tiempo de uso.
- Revisar la lubricación de las chumaceras.
- Revisar la separación de los rodillos.
- Identificar y solicitar cualquier repuesto.

Sistema de clasificado

- Revisar que la separación sea la adecuada.
- Verificar el desgaste de la tolva.
- Se recomienda la limpieza frecuente del sistema para evitar corrosión.
- Identificar y solicitar cualquier repuesto.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Dentro del análisis realizado el factor más importante que se puede tener para la clasificación de las papas es el diámetro de estas, debió a que en función de este se realizara la selección desde la primera hasta la cuarta.
- El tambor de lavado es la mejor opción para el lavado de papas, debido a que se puede lavar grandes cantidades en periodos de tiempo muy cortos, además de que los procesos de fabricación y mantenimiento son relativamente fáciles.
- El sistema de transporte mediante tornillo sin fin es la opción más adecuada para la máquina clasificadora y lavadora de papas, las características más favorables son su eficiencia y la capacidad de transportar las papas sin lastimarlas.
- La máquina tiene un costo total de \$ 53334.28, el mismo que se puede reducir si la producción se realizara en masa, además puede lavar y clasificar un total de 200 quintales en un lapso de 8 horas de trabajo.
- Cada uno de los elementos que conforman la máquina de clasificado y lavado han sido diseñados mediante softwares CAD, mismos en los cuales se han aplicados las cargas a las cuales estará sometida la máquina, para verificar si el diseño está realizado de manera correcta se ha comprobado mediante los factores de seguridad los mismo que son mayor a la unidad, además que se ha revisado que no existan grandes deformaciones.
- Se diseño y construyo una máquina clasificadora y lavadora de papas para la empresa Cereales Ambateños en la cual se obtuvo mediante pruebas de funcionamiento una producción de 9000 kilogramos en 8 horas, además de que las personas utilizadas para este proceso serán 2, valor que se ha reducido considerablemente en comparación con el proceso que se llevaría a cabo de manera manual.

4.2 Recomendaciones

- Se debe utilizar la maquina lavadora y clasificadora de papas para la variedad especificada o similares, en especial la clasificadora ya que la misma tiene separaciones adecuadas para la variedad superchola.

- Verificar que cada sistema de transmisión de movimiento, tanto el de poleas, así como el de cadenas, este libre de cualquier objeto extraño para poder evitar cualquier accidente.
- Se debe utilizar ropa adecuada, debido a que los sistemas se encuentran en rotación y puede causar accidentes.
- Realizar los mantenimientos adecuados para prologar la vida útil de la máquina.
- Se debe revisar que el tambor este correctamente alineado antes de ser utilizado, debido a que esto puede provocar fallas.
- Desconectar el suministro eléctrico antes de realizar cualquier mantenimiento o limpieza de esta.

Bibliografía

- [1] E. O. Mejía, “Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Diseño de máquina clasificadora de papas en el Valle de Tambo , 2019,” 2021.
- [2] A. PAUL, “Diseño Y Construcción De Zaranda De Papa,” *Universidad Nacional De Loja*, vol. 1, p. 100, 2017.
- [3] C. H. Q. Ramírez and H. S. M. Monroy, “Prototipo de Máquina Para el Lavado y Clasificación de Papa Tocarreña.” p. 76, 2019.
- [4] V. de la República del Ecuador, “Estrategia Nacional para el cambio de la Matriz productiva,” pp. 1–120, 2015.
- [5] G. Bovino and O. Y. C. En, “Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025,” 2010.
- [6] L. Berrocal, “Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de papas precocida congelada cortada (rissole, gajos y bastón),” 2019.
- [7] J. Villota and M. Pantoja, “Diseño Y Construcción De Un Prototipo De Máquina Cosechadora De Papa En El Municipio De Yacuanquer,” 2018.
- [8] S. Wahyu, R. Sri, and I. Sofyan, “La papa como ventaja competitiva.” pp. 184–189, 2018.
- [9] N. Borba, “La papa un alimento básico,” *Rap-Al Uruguay*, vol. 1, pp. 1–11, 2008.
- [10] F. N. Ezeta, “Una visión a la expansión de la papa en Asia,” vol. 15, pp. 1–11, 2009.
- [11] T. Bernet and P. Urday, “El Reto de Vincular a los Pequeños Productores de Papa con la Agroindustria,” pp. 1–23, 2002.
- [12] W. Press and C. Internacional, “Las Papas En Los Países En Desarrollo,” pp. 9–17, 1988.
- [13] E. H. Alejandro, “Departamento de ciencias de la energía y mecánica,” 2013.

- [14] R. Morales, N. Lara, H. Andrade, and M. Sola, “información técnica de la variedad de papa iniap - fripapa 99,” pp. 1–16, 1992.
- [15] R. N. Kenghe, A. P. Magar, and K. R. Kenghe, “Design, Development and Testing of Small-Scale Mechanical Fruit Washer,” *International Journal of Trend in Research and Development*, vol. 2, no. 4, pp. 168–171.
- [16] C. Crisci, “Almacenamiento de papas.”
- [17] Á. Montaldo, *Cultivo y mejoramiento de la papa*. San José, Costa Rica, 1984.
- [18] S. A. Adegbite, S. K. Adeyemi, A. O. Komolafe, M. O. Salami, C. F. Nwaeche, and A. A. Ogunbiyi, “Design and Development of Fruit Washer,” *J Sci Res Rep*, vol. 21, no. 6, pp. 1–11, 2019, doi: 10.9734/jsrr/2018/46041.
- [19] C. segundo Torres, “Procesamiento Industrial De Papas Frescas En Tiras Para Fritura De La Empresa Servipap,” *Universidad Nacional de San Agustín*, 2018.
- [20] Se. A. C. Guato, “Cálculo de la potencia de la bomba del sistema de rociadores para enfriamiento del tanque y del sistema contra incendios,” *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 2021. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/monge_t_m/anexo-8.pdf
- [21] C. E. M. Domínguez and R. C. Ávila, “Diseño de una máquina para la clasificación de tomate chonto Diseño de una máquina para la clasificación de tomate chonto Lycopersicum esculentum mill Lycopersicum esculentum mill Citación recomendada Citación recomendada,” 2020.
- [22] L. Torres, X. Cuesta, C. Monteros, and J. Rivadeneira, “VARIEDADES DE PAPA,” *INVENTARIO DE TECNOLOGÍAS E INFORMACIÓN PARA EL CULTIVO DE PAPA EN ECUADOR*. p. 1, 2011.
- [23] C. Requisito, P. Para, O. El, G. De, B. La, and S. De, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CLASIFICADORA DE PAPAS (Solanum tuberosum L.) TESIS DE GRADO GAUDENCIO GRANDE MARTÍNEZ.”
- [24] G. V. Buitrago, A. P. López, A. P. Coronado, and F. L. Osorno, “Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en

Colombia,” *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 8, no. 1, pp. 102–110, 2004, doi: 10.1590/s1415-43662004000100015.

- [25] “Tipos de Máquinas de Lavadora de Papas | PDF.” <https://es.scribd.com/document/434524450/Tipos-de-Maquinas-de-lavadora-de-papas> (accessed Mar. 10, 2022).
- [26] “Carga en un camión de patatas en una granja, Ormskirk, Lancashire Fotografía de stock - Alamy.” <https://www.alamy.es/carga-en-un-camion-de-patatas-en-una-granja-ormskirk-lancashire-image> (accessed Mar. 17, 2022).
- [27] “lavador de vegetales / lavadora de papas.” <https://www.youtube.com/watch?v=RqIQia9hvTk> (accessed Mar. 17, 2022).
- [28] “Gelgoog Gg-fd6000 Proveedor De China De Papas Fritas Máquina De Secado - Buy French Fries Drying Machine, China French Fries Drying Machine, Automatic Drying Machine Product on Alibaba.com.” <https://spanish.alibaba.com/product-detail/gelgoog-gg-fd6000-china-supplier-automatic-french-fries-drying-machine-60840740525.html> (accessed Mar. 18, 2022).
- [29] “Patatas Frescas, Limpiadas Y Clasificadas En Una Banda Transportadora Imagen de archivo - Imagen de calidad, granja: 113143501.” <https://es.dreamstime.com/patatas-frescas-limpiadas-y-clasificadas-en-una-banda-transportadora-image113143501> (accessed Jan. 27, 2023).
- [30] G. Augusto, A. Romero, F. Augusto, and G. Rodríguez, “ESTUDIO, ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE MEJORA DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO PARA LA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE PAPA SÁNCHEZ Y CALDERÓN.”
- [31] “(54) lavadora de papas hquiroz - YouTube.” <https://www.youtube.com/watch?v=skJmunDpKXY> (accessed Mar. 18, 2022).
- [32] “Lavadora Rotativa - Maquinaria - Vulcanotec.” <https://vulcanotec.com/es/maquinaria/lavadora-rotativa/> (accessed Mar. 10, 2022).

- [33] “Lavadora de papas y zanahorias HAITH - Tienda portaldelcampo.cl.” <https://portaldelcampo.cl/linea-paking/1784-lavadora-de-papas-y-zanahorias-haith.html> (accessed Mar. 10, 2022).
- [34] “Lavadora de frutas / verduras / patatas proveedores, fabricantes, fábricas - dasionbrush.com.” https://es.dasionbrush.com/potato-washing-peeling-brush-roller_p29.html (accessed Mar. 10, 2022).
- [35] “Clasificador Rotativo Industrial Automático De Patatas, Máquina Clasificadora De Verduras De Frutas Y Raíces, Fabricante - Buy Rotary Sorter, Potato Sorter, Fruit Sorter Product on Alibaba.com.” <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Automatic-Industrial-Potato-Rotary-Sorter-Fruit-60636892991.html> (accessed Jan. 27, 2023).
- [36] “Clasificadora de papa (CIFEMA) - YouTube.” <https://www.youtube.com/watch?v=m9YyAceU3cQ> (accessed Jan. 27, 2023).
- [37] “Clasificar cebollas, papas, frutas con rodillos.” <https://www.cebollas-papas.com/manipular/equipo/clasificadoras/rodillos.php> (accessed Jan. 27, 2023).
- [38] INEN 2176, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1516: 2013 Primera revisión,” *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, vol. First Edit, p. 15, 2013.
- [39] A. Manrique, “Acero Estructural A36,” *Pengaruh Harga Diskon Dan Persepsi Produk Terhadap Nilai Belanja Serta Perilaku Pembelian Konsumen*, vol. 7, no. 9, pp. 27–44, 2015.
- [40] “Normas y características a las que se sujetan los aceros,” pp. 1–31.
- [41] “Acero Inoxidable AISI 304 Ficha Técnica, Propiedades, Densidad, Dureza - Material Mundial Grados.” <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/> (accessed Mar. 10, 2022).
- [42] “▷ Qué es el PVC - Propiedades y para qué sirve - REHAU.” <https://www.rehau.com/es-es/que-es-el-pvc> (accessed Mar. 10, 2022).
- [43] S. Polig, “No Title,” *CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PVC*, 2017.

- [44] “Guía de remaches - ¿Qué remache debo usar?” <https://www.rapid.com/es-es/guias/guias-remachado/guia-remaches/> (accessed Mar. 10, 2022).
- [45] B. M. INSDUSTRIAL, “Ficha técnica Plegadora W67K 160*3200,” p. 1.
- [46] “Definición de soldadura - Qué es, Significado y Concepto.” <https://definicion.de/soldadura/> (accessed Apr. 27, 2022).
- [47] “Soldadura MIG, MAG O TIG | Soldaduras | VLD ENGINEERING.” <https://www.vld-eng.com/blog/soldadura-mig-mag-tig/> (accessed Apr. 27, 2022).
- [48] Carbone Stainless Steel, “Ficha Técnica de los Aceros Inoxidables AISI 304 y AISI 316,” *Empresas Carbone*, no. X, pp. 1–6, 2016.
- [49] “Proceso de Soldadura - Arco Manual con Electrodo Revestido (SMAW).” <https://www.westarco.com/westarco/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-arco-manual-con-electrodo-revestido.cfm> (accessed Apr. 27, 2022).
- [50] “Todo lo que necesitas saber sobre las cizallas. | Maquituls - HERRAMIENTAS PROFESIONALES.” <https://www.maquituls.es/noticias/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-las-cizallas/> (accessed Apr. 27, 2022).
- [51] “Qué es una amoladora y para qué sirve | Cadena88.” <https://www.cadena88.com/es/consejos-y-trucos/que-es-una-amoladora> (accessed Apr. 27, 2022).
- [52] “Corte por plasma.” <https://www.sculpteo.com/es/glosario/corte-por-plasma/> (accessed Apr. 27, 2022).
- [53] H. Gusman Pinzon, “Recopilación de la investigación del sistema productivo de papa criolla”.
- [54] A. S. Mujumdar, “Handbook of Industrial Drying,” *Handbook of Industrial Drying*, 2020, doi: 10.1201/9780429289774.
- [55] JOHNNIER GÓMEZ RODRÍGUEZ and DANIEL GONZALO HERRERA PEÑA, “DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA Y UN

TRANSPORTADOR DE, ALIMENTACIÓN PARA UNA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE CROQUETAS DE YUCA,” no. August, 2016.

[56] R. Vignola, W. Watler, A. Vargas Céspedes, and M. Morales, “Ficha técnica: Cultivo de Papa,” *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA*, pp. 1–78, 2017.

[57] MAQ MARTIN, “Lavadora lbi 600”.

[58] Intermec, “Poleas en V.” p. 112, 2015.

[59] Barbosa Jaime, “Dibujo Mecánico,” 2012.
<https://es.slideshare.net/adrianperezdi/polea-y-correas>

[60] H. Young and R. Freedman, *FÍSICA UNIVERSITARIA*, vol. 1. 2013.

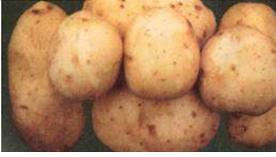
ANEXOS

Variedades de Papas existentes

Como ya se ha mencionado anteriormente, las variedades de papas existentes son nativas y mejoradas, a continuación, se separarán e indicarán las variedades de papas pertenecientes a cada grupo:

Variedades Mejoradas

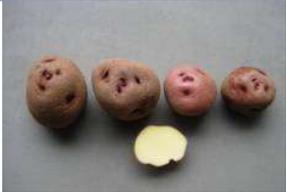
Variedad de Papa	Características Agronómicas	Características de Calidad	Imagen
Santa Catalina	Zona recomendada: zona centro desde 2800 a 3600 m de altitud. Maduración: 180 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 28 t/ha	Materia seca: 22% Gravedad específica: 1.085	 [23]
Variedad de Papa María	Zona recomendada: zona centro y zona sur desde los 2600 a 3000 m de altitud. Maduración: 150 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 35 t/ha	Materia seca: 21.4% Gravedad específica: 1.081	 [22]
Cecilia	Zona recomendada: Zona centro (Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo) desde los 2600 a 3200 m de altitud. Con mejor adaptabilidad a altitudes de 2600 a 2800. Maduración: 170-190 días a 3050 m de altitud. Rendimiento: 30 t/ha	Materia seca: 20.34% Gravedad específica: 1.078	 [22]
Gabriela	Zona recomendada: zonas norte y centro desde los 2900 a 3200 m de altitud. Maduración: 180 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 40 t/ha	Materia seca: 21.2% Gravedad específica: 1.080	 [22]

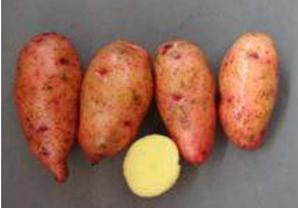
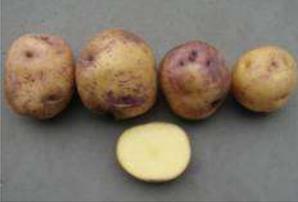
Esperanza	Zona recomendada: zonas centro y zona sur desde los 2800 a 3600 m de altitud. Maduración: 150 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 50 t/ha	Materia seca: 20.3% Gravedad específica: 1.080	 [22]
Fripapa 99	Zona recomendada: zona norte desde los 2800 a 3500 m de altitud. Maduración: 180 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 47 t/ha	Materia seca: 23.9% Gravedad específica: 1.103	 [22]
Rosita	Zona recomendada: zona centro desde los 2800 a 3500 m de altitud. Maduración: 180 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 50 t/ha	Materia seca: 20.9% Gravedad específica: 1.086	 [22]
Santa Isabel	Zona recomendada: zonas norte y centro desde los 2800 a 3800 m de altitud. Maduración: 180 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 40 t/ha	Materia seca: 20.1% Gravedad específica: 1.079	 [22]
Soledad Cañari	Zona recomendada: zona sur a 2800 m de altitud. Maduración: 110 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 25 t/ha	Materia seca: 25.5% Gravedad específica: 1.107	 [22]
Raymipapa	Zona recomendada: zona centro-norte Maduración: 130 días Rendimiento: 45 t/h	-	 [22]
Suprema	Zona recomendada: zona centro Maduración: 120 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 38 t/ha	Materia seca: 18.38%	 [22]

Papa Pan	Zona recomendada: zona centro. Maduración: temprana (120 días) a 3000 m de altitud. Rendimiento: 40 t/ha	-	 [22]
Estela	Zona recomendada: zonas norte y centro Maduración: 145 a 160 días. Rendimiento: 41 t/ha	Materia seca: 22.0% Gravedad específica: 1.097	 [22]
Natividad	Zona recomendada: Zona centro (provincia de Bolívar). Maduración: 145 a 170 días. Rendimiento: 29 t/ha	Materia seca: 20.41% Gravedad específica: 1.089	 [22]
Santa Ana	Zona recomendada: zona sur. Maduración: 140 a 160 días. Rendimiento: 20 t/ha	Materia seca: 22.0% Gravedad específica: 1.089	 [22]
Pucá Shungo	Zona recomendada: zona centro. Mejores rendimientos en altitudes comprendidas entre 3000 a 3300. Maduración: 145 días. Verdeamiento: 30 días Rendimiento: 8.9 a 27.4 t/ha	Materia seca: 19.5 – 23.7% Proteína: 7 – 9% Azúcares reductores: 0.18 – 0.25% Polifenoles: 189 – 230 mg/100g	 [22]
Yana Shungo	Zona recomendada: Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo (altitudes de 3000 a 3300 m) Maduración: 141 días. Verdeamiento: 45 días Rendimiento: 18.2 t/ha	Materia seca: 20.1 – 22.0 % Azúcares reductores: 0.10 – 0.19% Proteína: 10 – 11% Polifenoles: 198 – 385 mg/100g	 [22]
Victoria	Zona recomendada: zona centro (Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua) Maduración: 150 días.	Materia Seca: 21 % Azúcares reductores: 0.15% Proteína: 8.16%	 [22]

	Rendimiento: 18 a 37 t/ha	Fibra: 2.61% Polifenoles: 2.42 g/kg	[22]
Superchola	Zona recomendada: zonas norte y centro desde los 2800 a 3600 m de altitud. Maduración: 180 días a 3000 m de altitud. Rendimiento: 30 t/ha	Materia seca: 24% Gravedad específica: 1.098	 [22]
Diamante	Zona recomendada: zona norte desde los 2400 a 3100 m de altitud. Maduración: 150-180 días. Rendimiento: 50 a 75 t/ha Esta variedad es resistente al exceso de agua.	-	 [22]
Clon Carolina	Zona recomendada: zonas Norte y Centro Maduración: 90 a 120 días.	-	 [22]
Clon Libertad	Zona recomendada: zonas Norte y Centro Maduración: 90 a 120 días.		 [22]
ICA Única	Es de adaptación amplia (2000 a 3500 m de altitud). Se encuentra distribuida en las zonas norte y centro. Maduración: relativamente semitardía (165 días a 2600 m de altitud). Rendimiento: en condiciones óptimas de cultivo es superior a las 40 t/ha	Materia seca: 20.21% Color de las hojuelas moderadamente claro	 [22]

Variedades Nativas

Variedad de Papa	Características Agronómicas	Características de Calidad	Imagen
Chiwila	Zona recomendada: zonas centro (Cotopaxi y Bolívar) desde los 3000 a 3500 m de altitud. Maduración: 180 días. Verdeamiento: 30 días Rendimiento: 10 t/ha	Textura: arenosa Materia seca: 24.4% Proteína: 10.5 %	 [22]
Dolores	Zona recomendada: zona centro (Bolívar) desde los 2600 a 3900 m de altitud. Maduración: 190 días. Verdeamiento: 30 días Rendimiento: 11.5 t/ha	Textura: arenosa Materia seca: 22.8% Proteína: 8.1%	 [22]
Calvache	Zona recomendada: zona centro (Cotopaxi y Bolívar) desde los 3200 a 3500 m de altitud. Maduración: 200 días. Verdeamiento: 30 días Rendimiento: 13 t/ha	Textura: poco arenosa Materia seca: 25.8% Proteína: 6.4 %	 [22]
Tushpa	Textura: poco arenosa Materia seca: 25.8% Proteína: 6.4 %	Textura: muy arenosa Materia seca: 24% Proteína: 8.7 %	 [22]
Coneja Negra	Zona recomendada: zona centro (Bolívar y Cotopaxi) desde los 3000 a 3500 m de altitud. Maduración: 190 días. Verdeamiento: 90 días Rendimiento: 12.5 t/ha	Textura: poco arenosa Materia seca: 26.6% Proteína: 6.4 %	 [22]
Yema de Huevo	Zona recomendada: zona centro desde los 2600 a 3500 m de altitud. Maduración: 130 días. Verdeamiento: 90 días Rendimiento: 12 t/ha	Textura: muy arenosa Materia seca: 22.6% Proteína: 6.4 %	 [22]

Leona Negra	Zona recomendada: zona centro (Chimborazo) desde los 3200 a 3500 m de altitud. Maduración: 190 días. Rendimiento: 12 t/ha	Textura: arenosa Materia seca: 27.2% Proteína: 7.9 %	 [22]
Chaucha Colorada	Zona recomendada: zona centro (Chimborazo) desde los 3000 a 3500 m de altitud. Maduración: 140 días. Verdeamiento: 90 días Rendimiento: 14 t/ha	Textura: arenosa Materia seca: 24.2% Proteína: 9.8 %	 [22]
Uvilla	Zona recomendada: zona centro (Cotopaxi) desde los 2600 a 3900 m de altitud. Maduración: 200 días. Verdeamiento: 20 días Rendimiento: 13 t/ha	Textura: muy arenosa Materia seca: 24% Proteína: 6.2 %	 [22]
Bolona	Zona recomendada: zona sur de 2 800 a 3 200 m de altitud. Maduración: 210 días Rendimiento: 20 t/ha	Materia seca: 20.93% Gravedad específica: 1.090	 [22]
Chola	Zona recomendada: zona sur de 2 800 a 3 200 m de altitud. Maduración: 210 días Rendimiento: 30 t/ha	Materia seca: 24% Gravedad específica: 1.098	 [22]

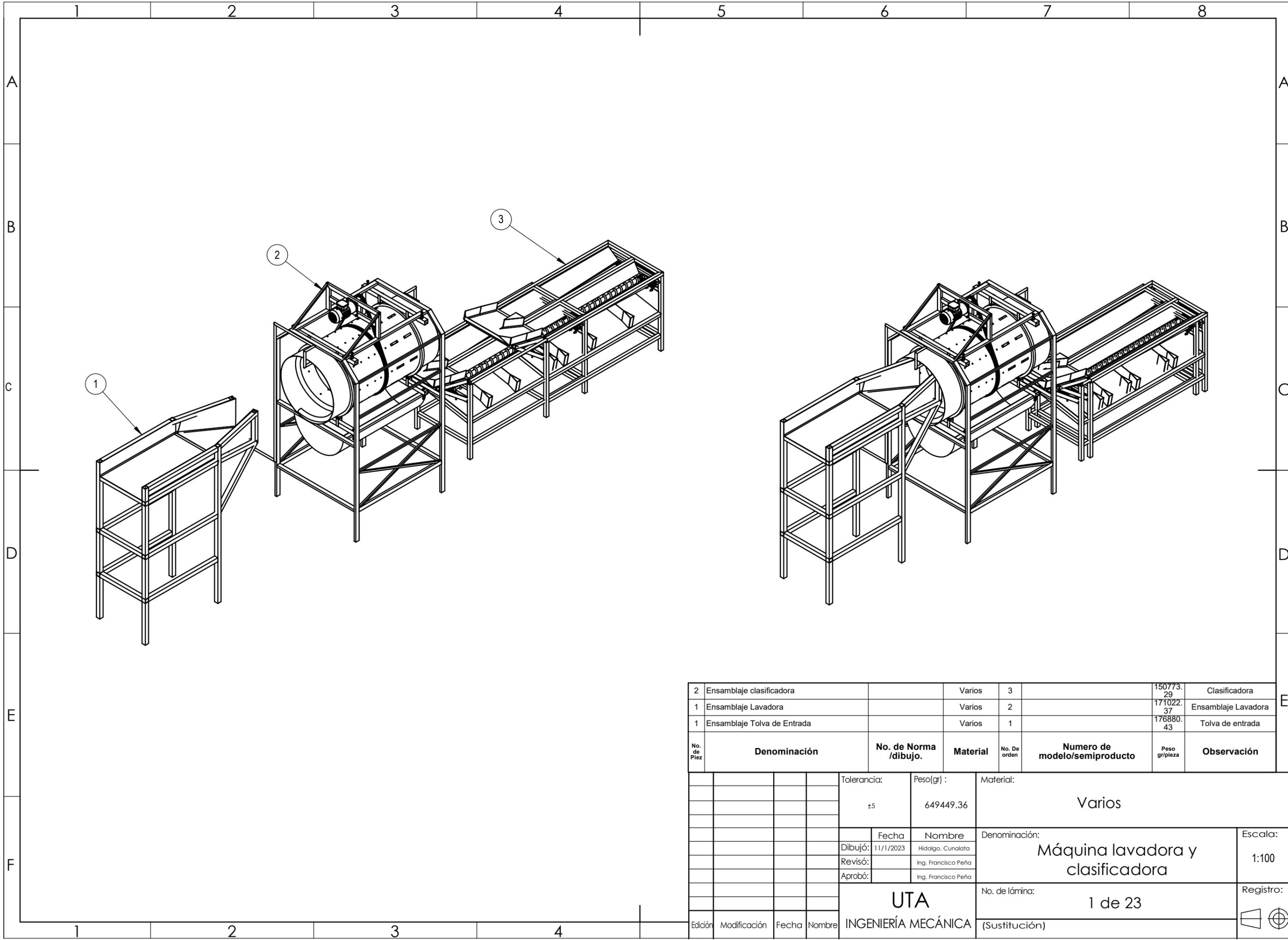
Hoja de cálculo para el sistema de transmisión de cadena

1.-Datos de entrada				
Potencia nominal	Pt		0,5	[hp]
Revoluciones de entrada	n2		120	[rpm]
Revoluciones de salida	n3		60	[rpm]
Relacion de velocidad	SR		2	
2.-Número de hileras				
Factor de servicio	Ks		1,3	
Número de dientes de la catar	N1		17	
Factor de correccion de diente	K1		1	
Número de dientes de la catar	N2		34	
Potencia	Htab		0,975	/k2
Número de hileras	Htab calculado	Htab	Número de cadena	Tipo de lubricante
1	1	3,32	60	C'

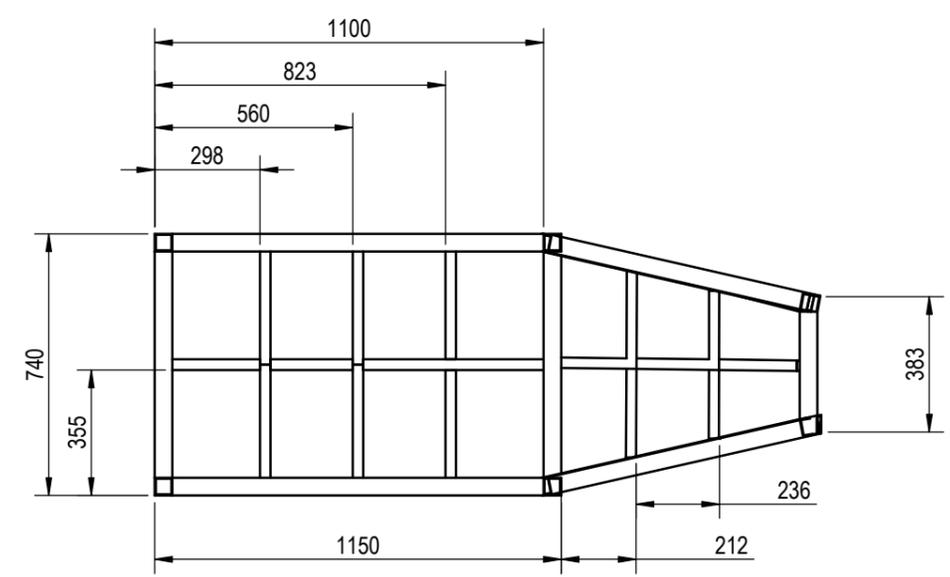
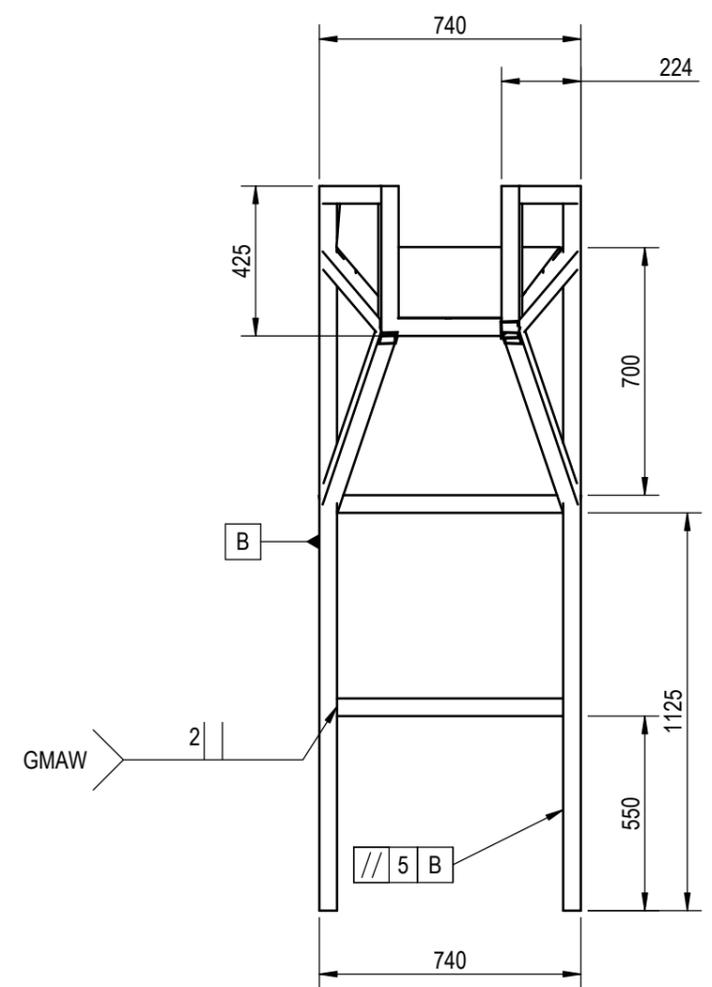
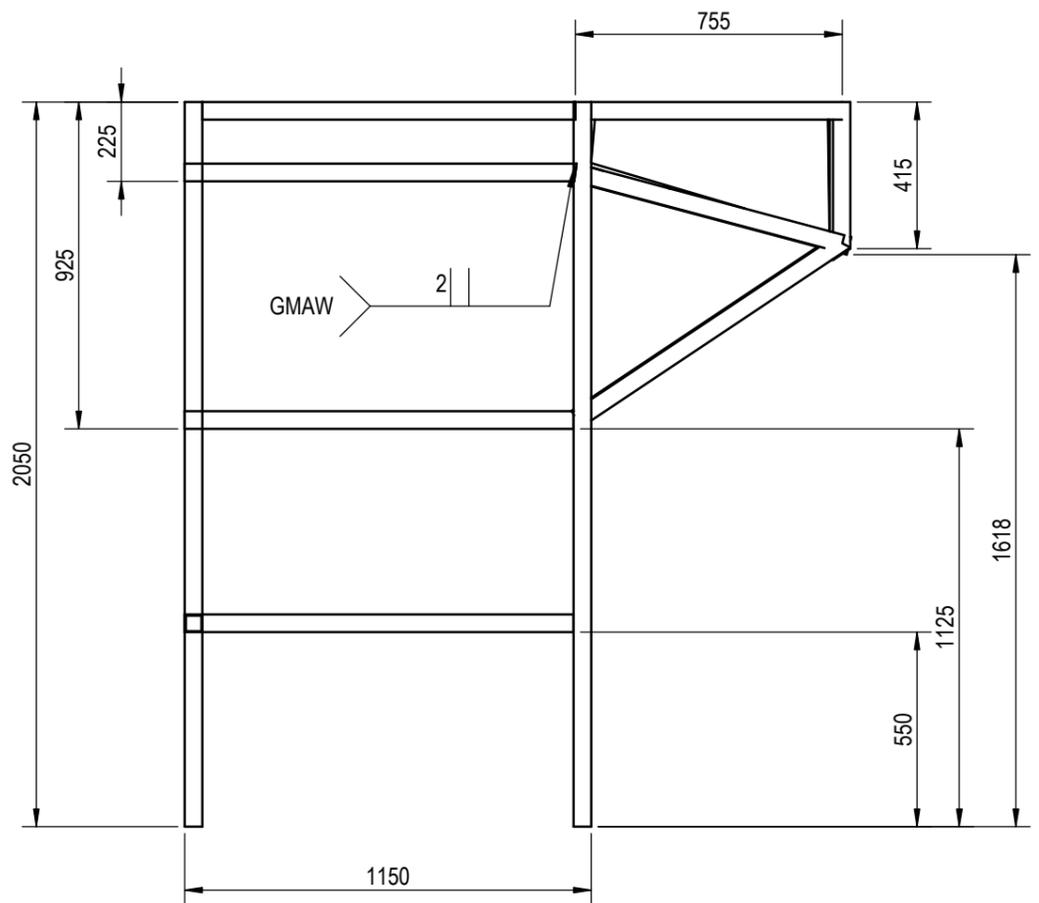
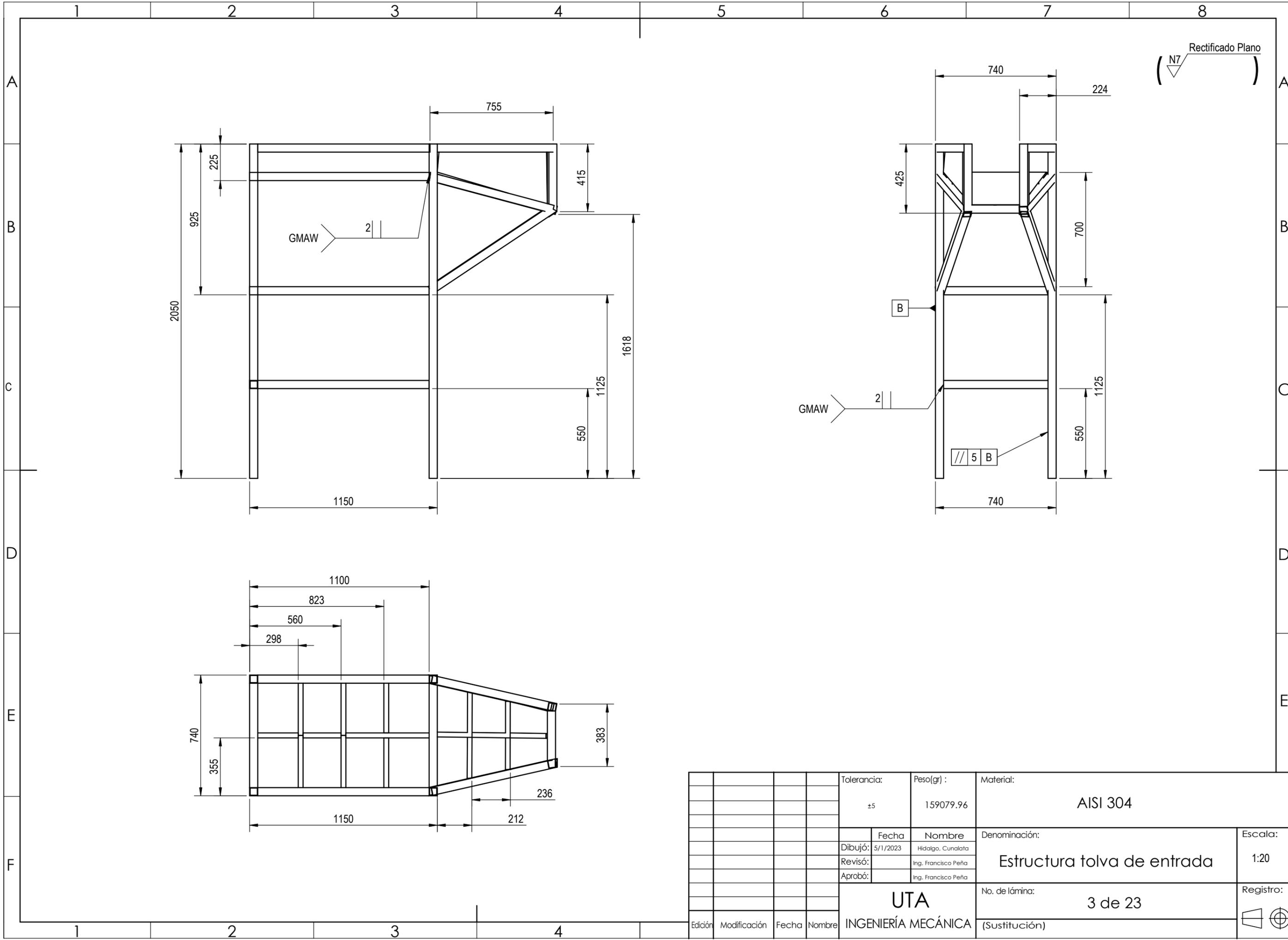
4.-Número de pasos en la cadena				
Distancia entre centros	C/p=		58	
Longitud de la cadena	L/p		141,63	
Se usa	L/p=		142	
5.-Distancia entre centros				
Artificio	A=		-116,5	
Distancia entre centros	C=		58,1870955	p
Medida de paso	p=		0,75	[plg]
Distancia entre centros	C=		43,6403217	[plg]

3.-Decisión a partir de la tabla anterior				
Número de hileras		1	ELEGIR	
Número de cadena		60		
Htab		3,32		
Tipo de lubricante	C'			

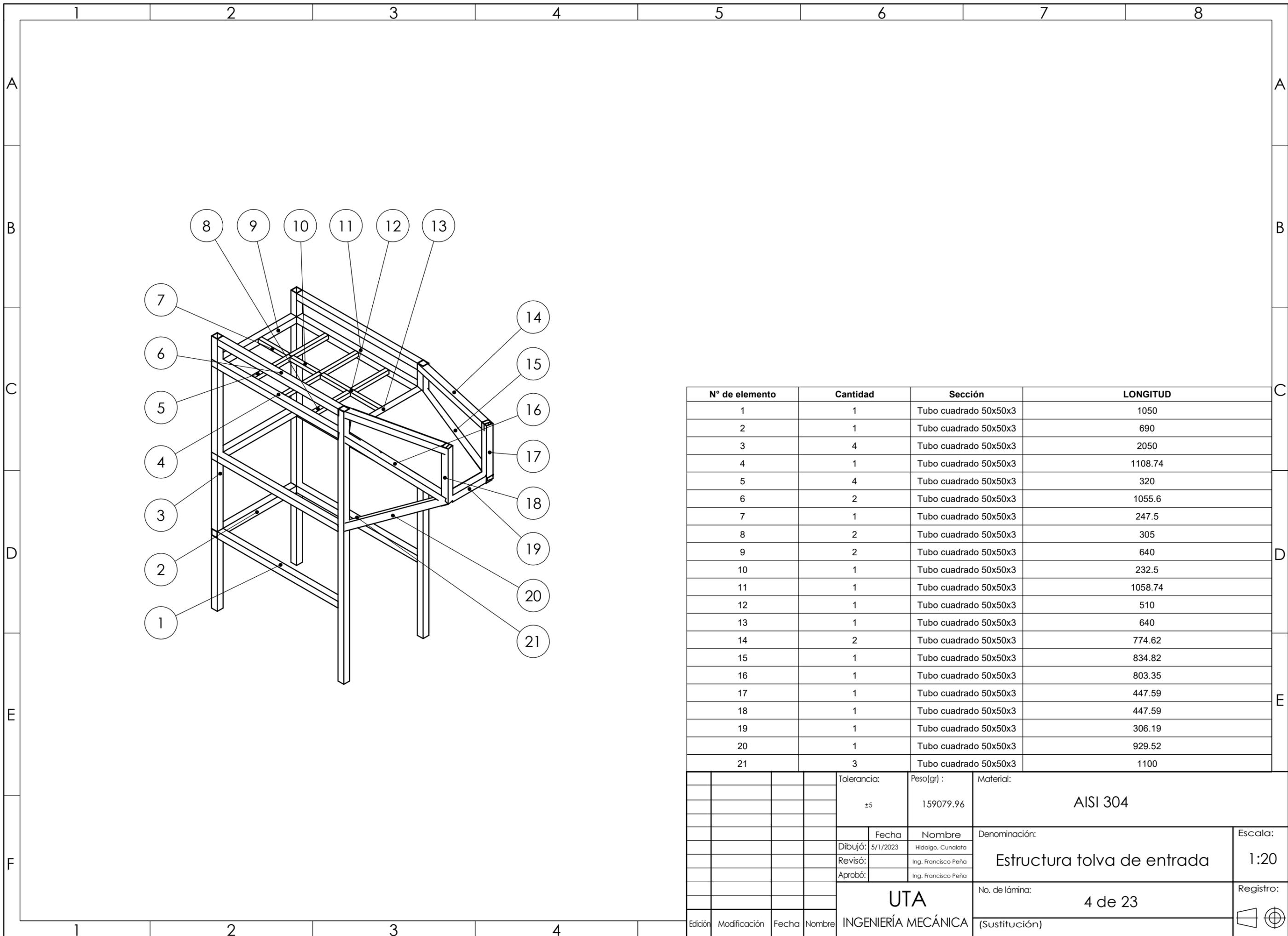
6.-Durabilidad				
Htab calculado		0,975		
k2		1		
Factor de seguridad	nd=		5,11	



2	Ensamblaje clasificadora		Varios	3	150773.29	Clasificadora	
1	Ensamblaje Lavadora		Varios	2	171022.37	Ensamblaje Lavadora	
1	Ensamblaje Tolva de Entrada		Varios	1	176880.43	Tolva de entrada	
No. de Piez	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación
			Tolerancia: ±5		Peso(gr) : 649449.36		
					Material: Varios		
					Fecha: 11/1/2023		
					Nombre: Hidalgo, Cunalata		
					Revisó: Ing. Francisco Peña		
					Aprobó: Ing. Francisco Peña		
					Denominación: Máquina lavadora y clasificadora		Escala: 1:100
					No. de lámina: 1 de 23		Registro:
					(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA			

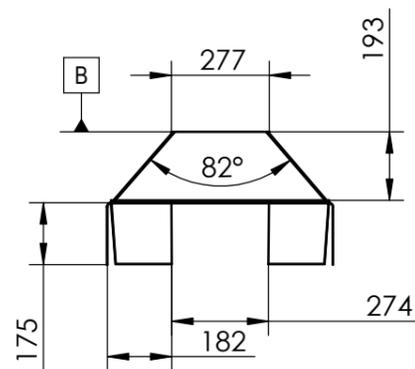
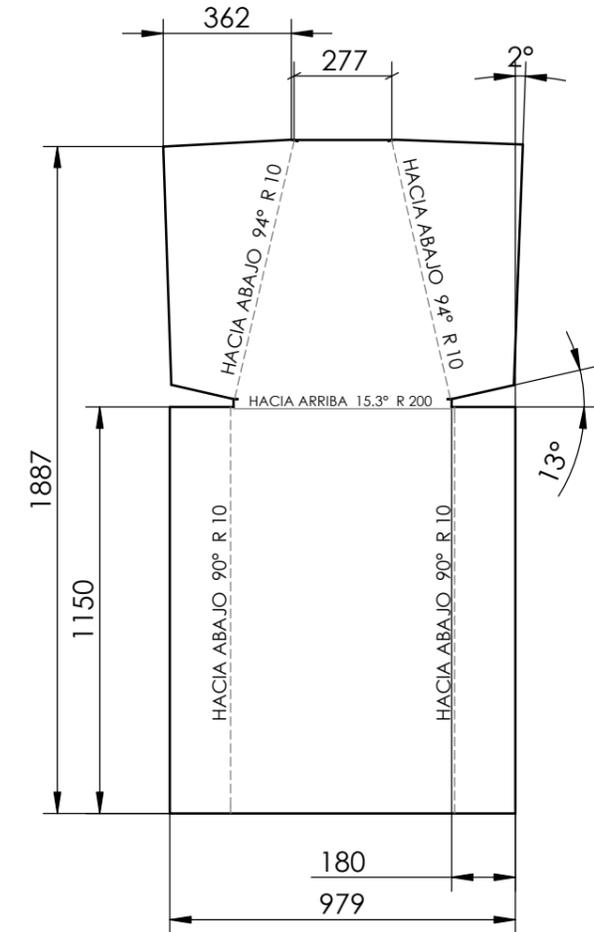
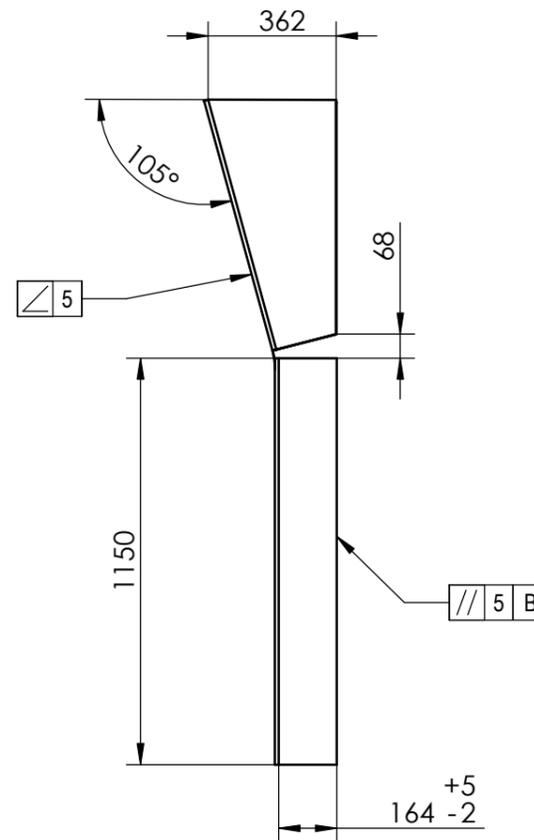
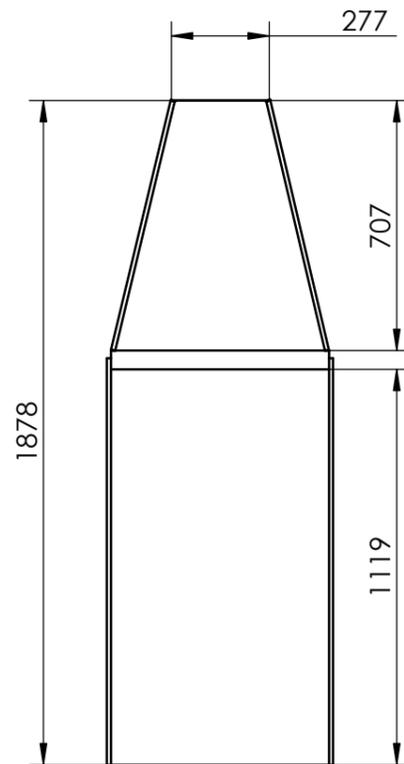


				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:	
				±5	159079.96	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 5/1/2023	Hidalgo, Cunalata	Estructura tolva de entrada	
				Revisó:	Ing. Francisco Peña	Escala:	
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña	1:20	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina:	
						3 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Registro:	



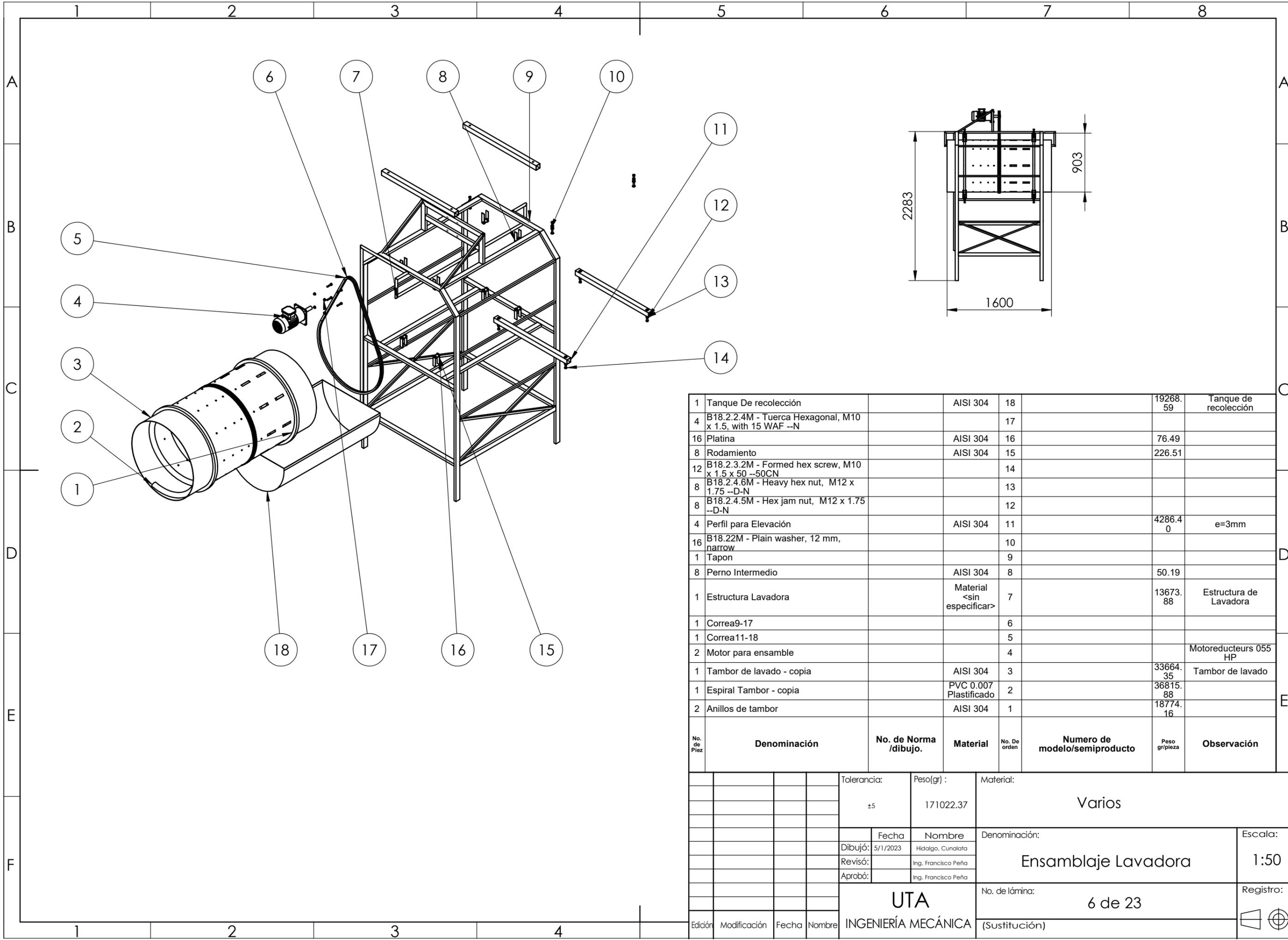
N° de elemento	Cantidad	Sección	LONGITUD
1	1	Tubo cuadrado 50x50x3	1050
2	1	Tubo cuadrado 50x50x3	690
3	4	Tubo cuadrado 50x50x3	2050
4	1	Tubo cuadrado 50x50x3	1108.74
5	4	Tubo cuadrado 50x50x3	320
6	2	Tubo cuadrado 50x50x3	1055.6
7	1	Tubo cuadrado 50x50x3	247.5
8	2	Tubo cuadrado 50x50x3	305
9	2	Tubo cuadrado 50x50x3	640
10	1	Tubo cuadrado 50x50x3	232.5
11	1	Tubo cuadrado 50x50x3	1058.74
12	1	Tubo cuadrado 50x50x3	510
13	1	Tubo cuadrado 50x50x3	640
14	2	Tubo cuadrado 50x50x3	774.62
15	1	Tubo cuadrado 50x50x3	834.82
16	1	Tubo cuadrado 50x50x3	803.35
17	1	Tubo cuadrado 50x50x3	447.59
18	1	Tubo cuadrado 50x50x3	447.59
19	1	Tubo cuadrado 50x50x3	306.19
20	1	Tubo cuadrado 50x50x3	929.52
21	3	Tubo cuadrado 50x50x3	1100

Tolerancia:		Peso(gr) :	Material:	
±5		159079.96	AISI 304	
Fecha		Nombre	Denominación:	
Dibujó: 5/1/2023		Hidalgo, Cunalata	Estructura tolva de entrada	
Revisó:		Ing. Francisco Peña	Escala:	
Aprobó:		Ing. Francisco Peña	1:20	
UTA			No. de lámina:	Registro:
INGENIERÍA MECÁNICA			4 de 23	(Sustitución)
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	



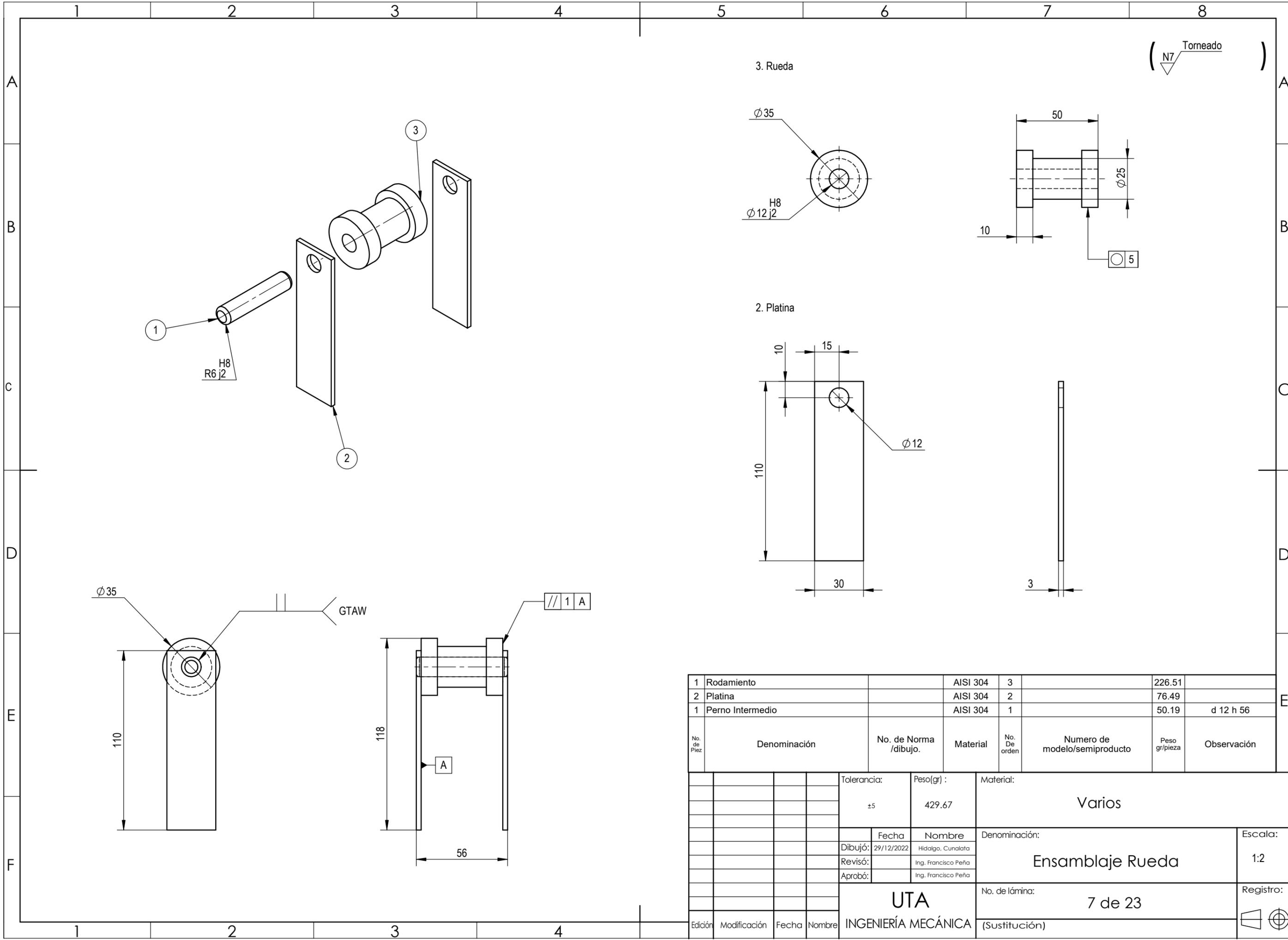
(N7 Rectificado Plano)

				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:	
				±5	17800.47	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 5/1/2023	Hidalgo, Cunalata	Tolva de entrada	
				Revisó:	Ing. Francisco Peña	Escala:	
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña	1:20	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina:	
						5 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Registro:			
				(Sustitución)			



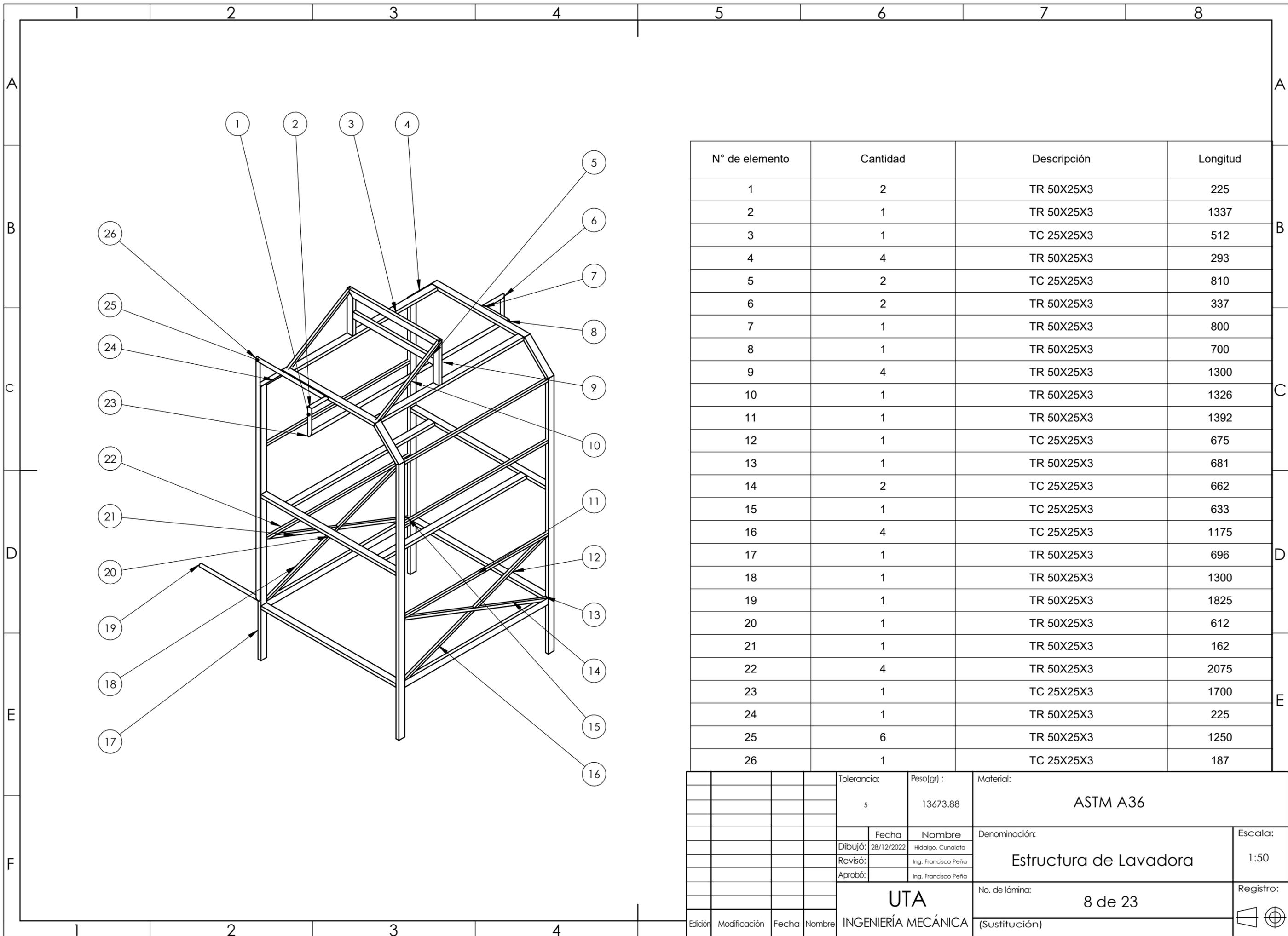
1	Tanque De recolección		AISI 304	18		19268.59	Tanque de recolección
4	B18.2.2.4M - Tuerca Hexagonal, M10 x 1.5, with 15 WAF --N			17			
16	Platina		AISI 304	16		76.49	
8	Rodamiento		AISI 304	15		226.51	
12	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M10 x 1.5 x 50 --50CN			14			
8	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M12 x 1.75 --D-N			13			
8	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M12 x 1.75 --D-N			12			
4	Perfil para Elevación		AISI 304	11		4286.40	e=3mm
16	B18.2.2M - Plain washer, 12 mm, narrow			10			
1	Tapon			9			
8	Perno Intermedio		AISI 304	8		50.19	
1	Estructura Lavadora		Material <sin especificar>	7		13673.88	Estructura de Lavadora
1	Correa9-17			6			
1	Correa11-18			5			
2	Motor para ensamble			4			Motoreducteurs 055 HP
1	Tambor de lavado - copia		AISI 304	3		33664.35	Tambor de lavado
1	Espiral Tambor - copia		PVC 0.007 Plastificado	2		36815.88	
2	Anillos de tambor		AISI 304	1		18774.16	
No. de Piez	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación

Tolerancia:		Peso(gr) :		Material:			
±5		171022.37		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dibujó: 5/1/2023		Hidalgo, Cunalata		Ensamblaje Lavadora			1:50
Revisó:		Ing. Francisco Peña		No. de lámina:			Registro:
Aprobó:		Ing. Francisco Peña					
UTA				6 de 23			
INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



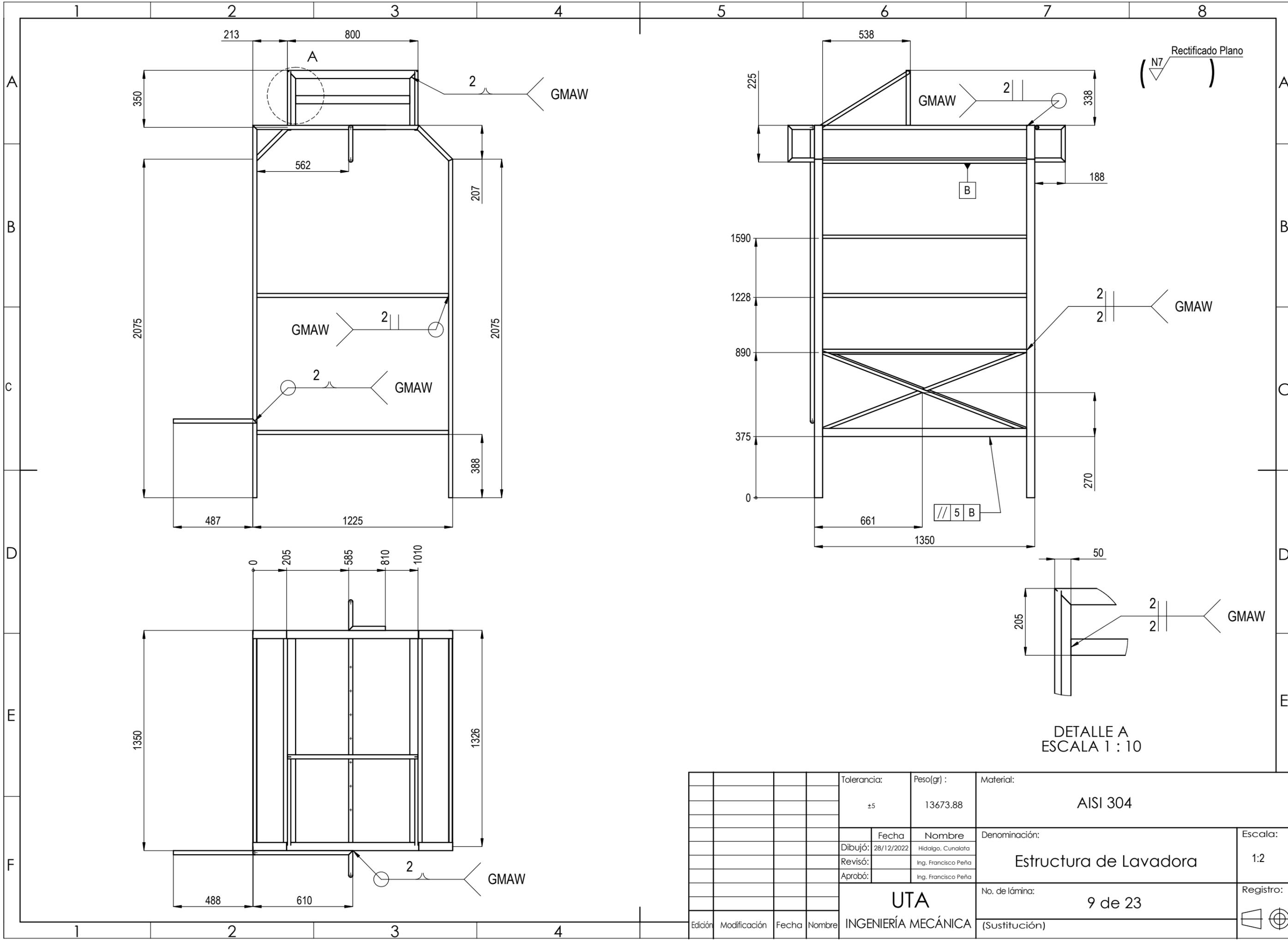
1	Rodamiento		AISI 304	3		226.51	
2	Platina		AISI 304	2		76.49	
1	Perno Intermedio		AISI 304	1		50.19	d 12 h 56
No. de Piez	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación

Tolerancia:		Peso(gr) :		Material:					
±5		429.67		Varios					
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:		
Dibujó: 29/12/2022		Hidalgo, Cunalata		Ensamblaje Rueda			1:2		
Revisó:		Ing. Francisco Peña		No. de lámina:			Registro:		
Aprobó:		Ing. Francisco Peña							
Edición				Modificación		Fecha		Nombre	
UTA				INGENIERÍA MECÁNICA		7 de 23		(Sustitución)	



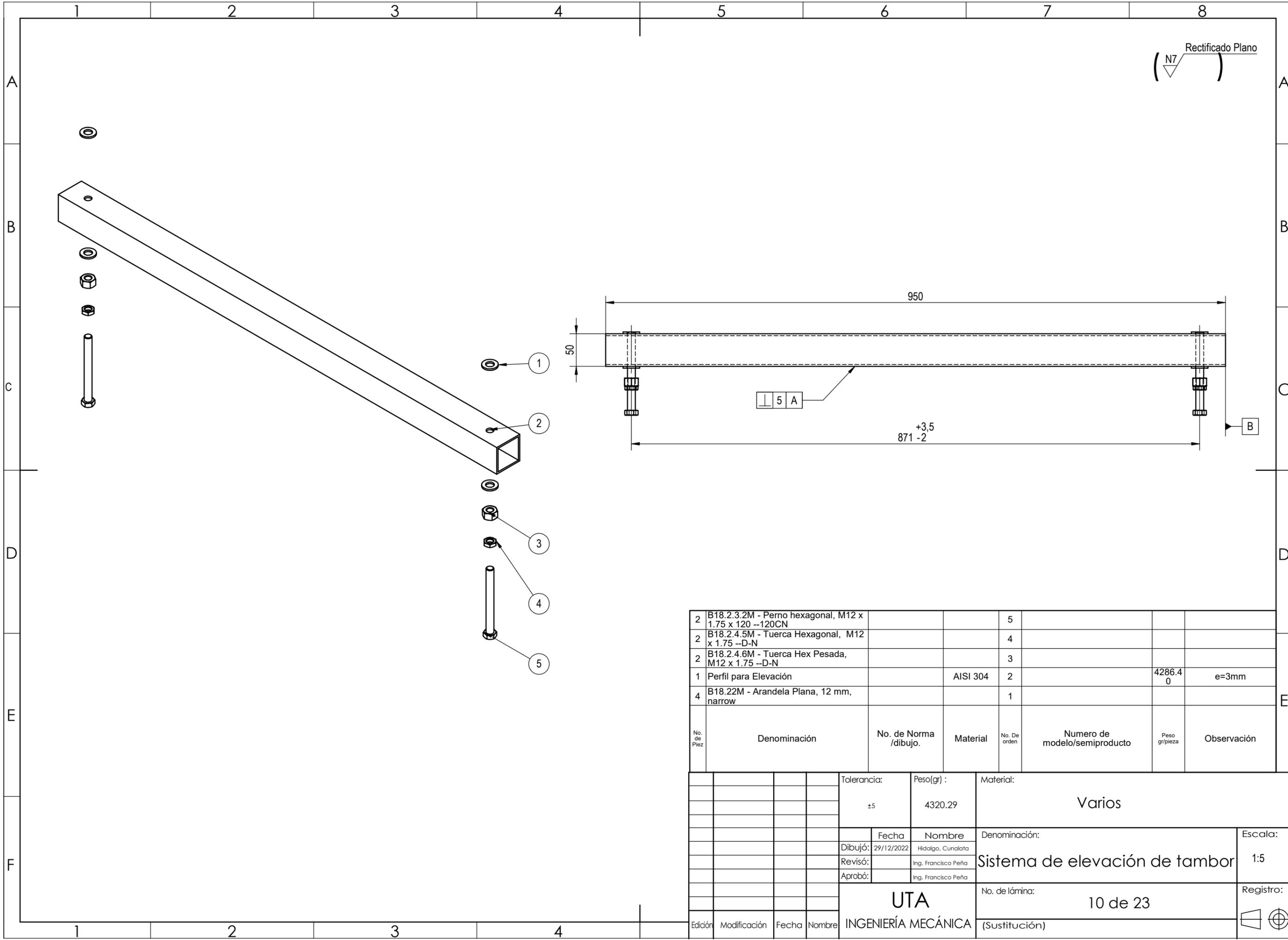
N° de elemento	Cantidad	Descripción	Longitud
1	2	TR 50X25X3	225
2	1	TR 50X25X3	1337
3	1	TC 25X25X3	512
4	4	TR 50X25X3	293
5	2	TC 25X25X3	810
6	2	TR 50X25X3	337
7	1	TR 50X25X3	800
8	1	TR 50X25X3	700
9	4	TR 50X25X3	1300
10	1	TR 50X25X3	1326
11	1	TR 50X25X3	1392
12	1	TC 25X25X3	675
13	1	TR 50X25X3	681
14	2	TC 25X25X3	662
15	1	TC 25X25X3	633
16	4	TC 25X25X3	1175
17	1	TR 50X25X3	696
18	1	TR 50X25X3	1300
19	1	TR 50X25X3	1825
20	1	TR 50X25X3	612
21	1	TR 50X25X3	162
22	4	TR 50X25X3	2075
23	1	TC 25X25X3	1700
24	1	TR 50X25X3	225
25	6	TR 50X25X3	1250
26	1	TC 25X25X3	187

				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:	
				5	13673.88	ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 28/12/2022	Hidalgo, Cunalata	Estructura de Lavadora	
				Revisó:	Ing. Francisco Peña	Escala:	
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña	1:50	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina:	
						8 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Registro:	



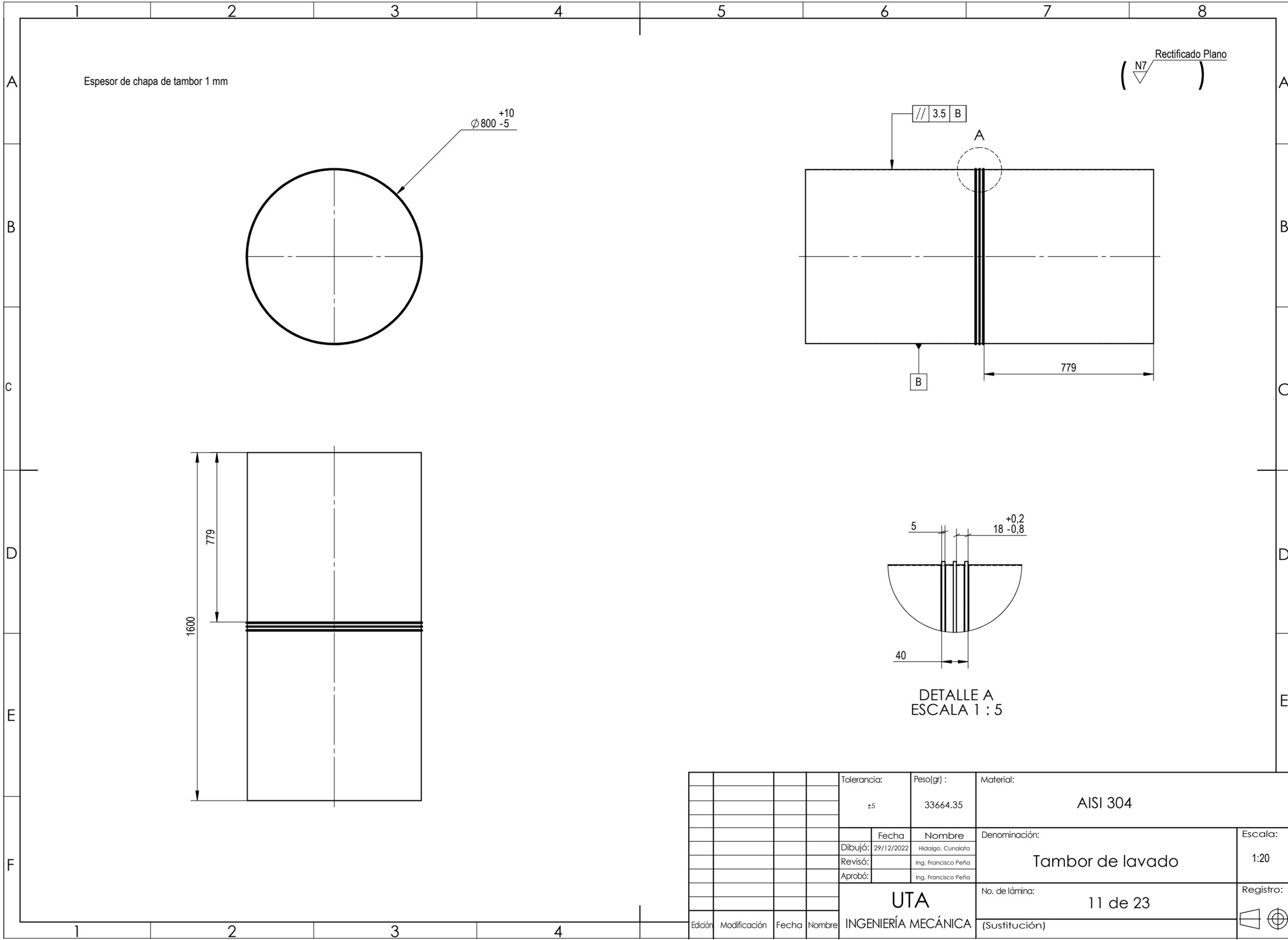
DETALLE A
ESCALA 1 : 10

				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:	
				±5	13673.88	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 28/12/2022	Hidalgo, Cunalata	Estructura de Lavadora	1:2
				Revisó:	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña		
				UTA		No. de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		9 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



2	B18.2.3.2M - Perno hexagonal, M12 x 1.75 x 120 --120CN			5			
2	B18.2.4.5M - Tuerca Hexagonal, M12 x 1.75 --D-N			4			
2	B18.2.4.6M - Tuerca Hex Pesada, M12 x 1.75 --D-N			3			
1	Perfil para Elevación		AISI 304	2	4286.40	e=3mm	
4	B18.22M - Arandela Plana, 12 mm, narrow			1			
No. de Piez	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación

Tolerancia:		Peso(gr) :		Material:			
±5		4320.29		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dibujó: 29/12/2022		Hidalgo, Cunalata		Sistema de elevación de tambor			1:5
Revisó:		Ing. Francisco Peña		No. de lámina:			Registro:
Aprobó:		Ing. Francisco Peña					
UTA				10 de 23			
INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



Espesor de chapa de tambor 1 mm

$\varnothing 800 \begin{matrix} +10 \\ -5 \end{matrix}$

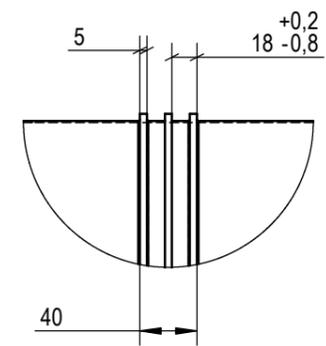
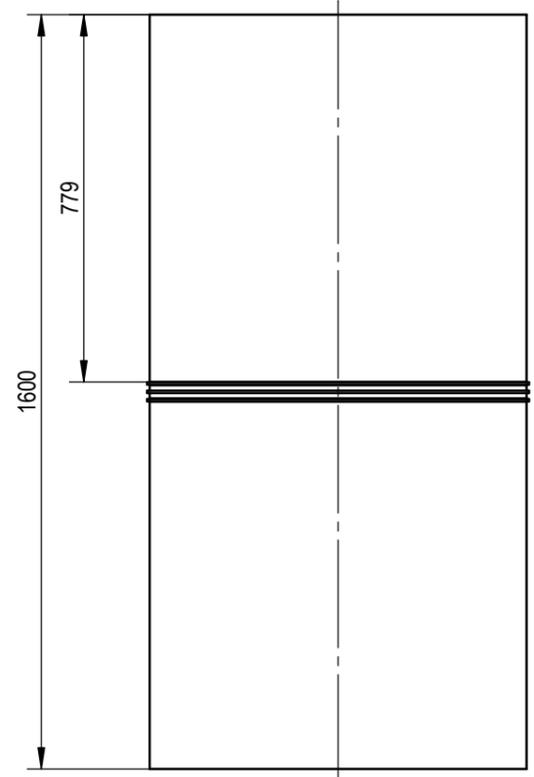
(N7) Rectificado Plano

3.5 B

A

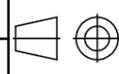
B

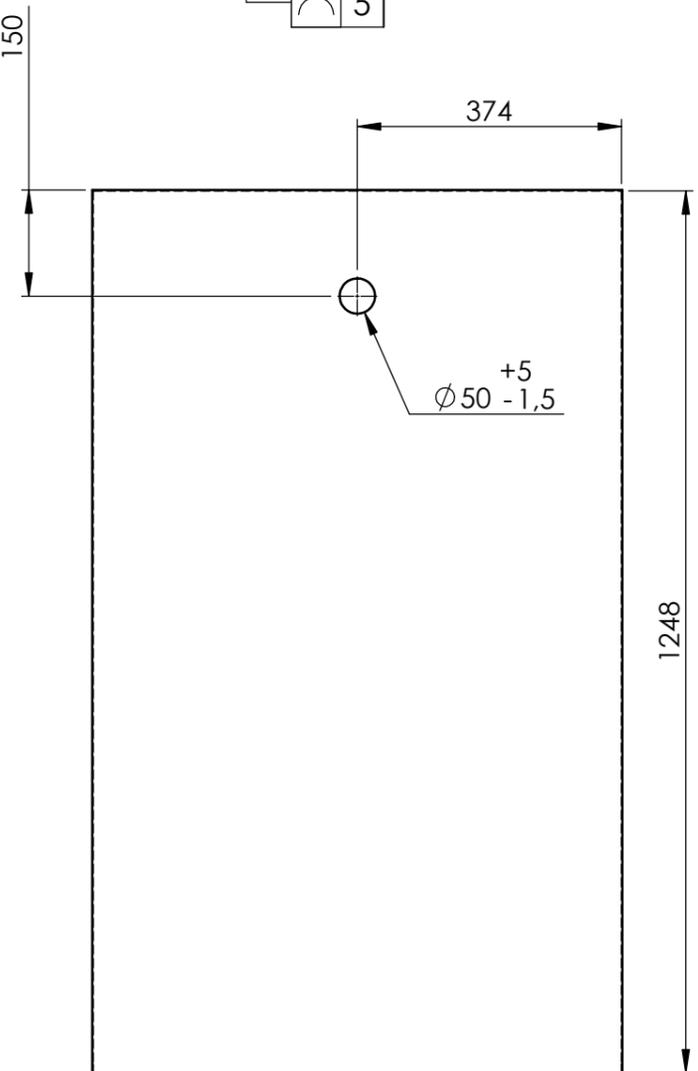
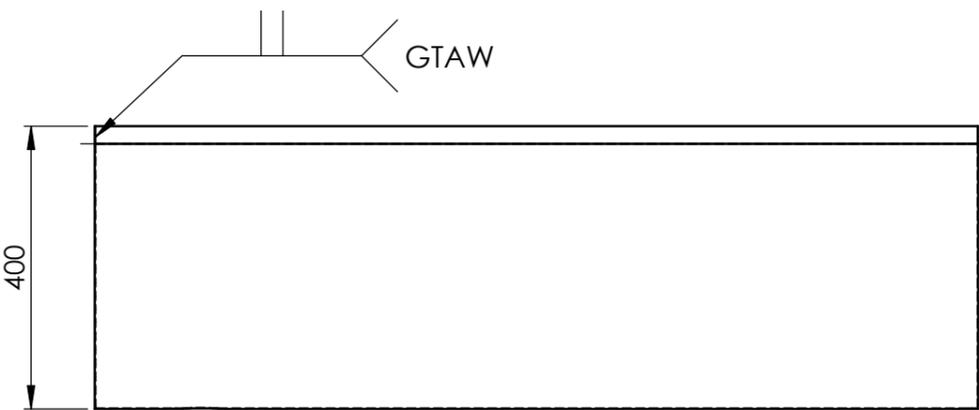
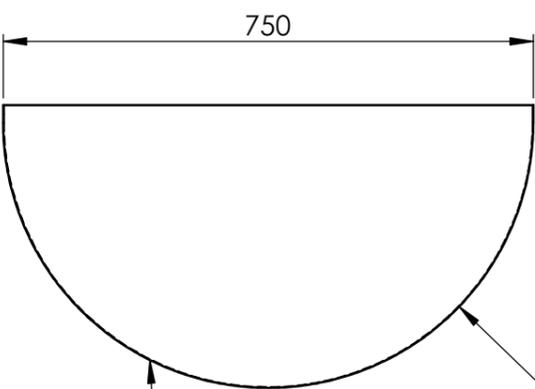
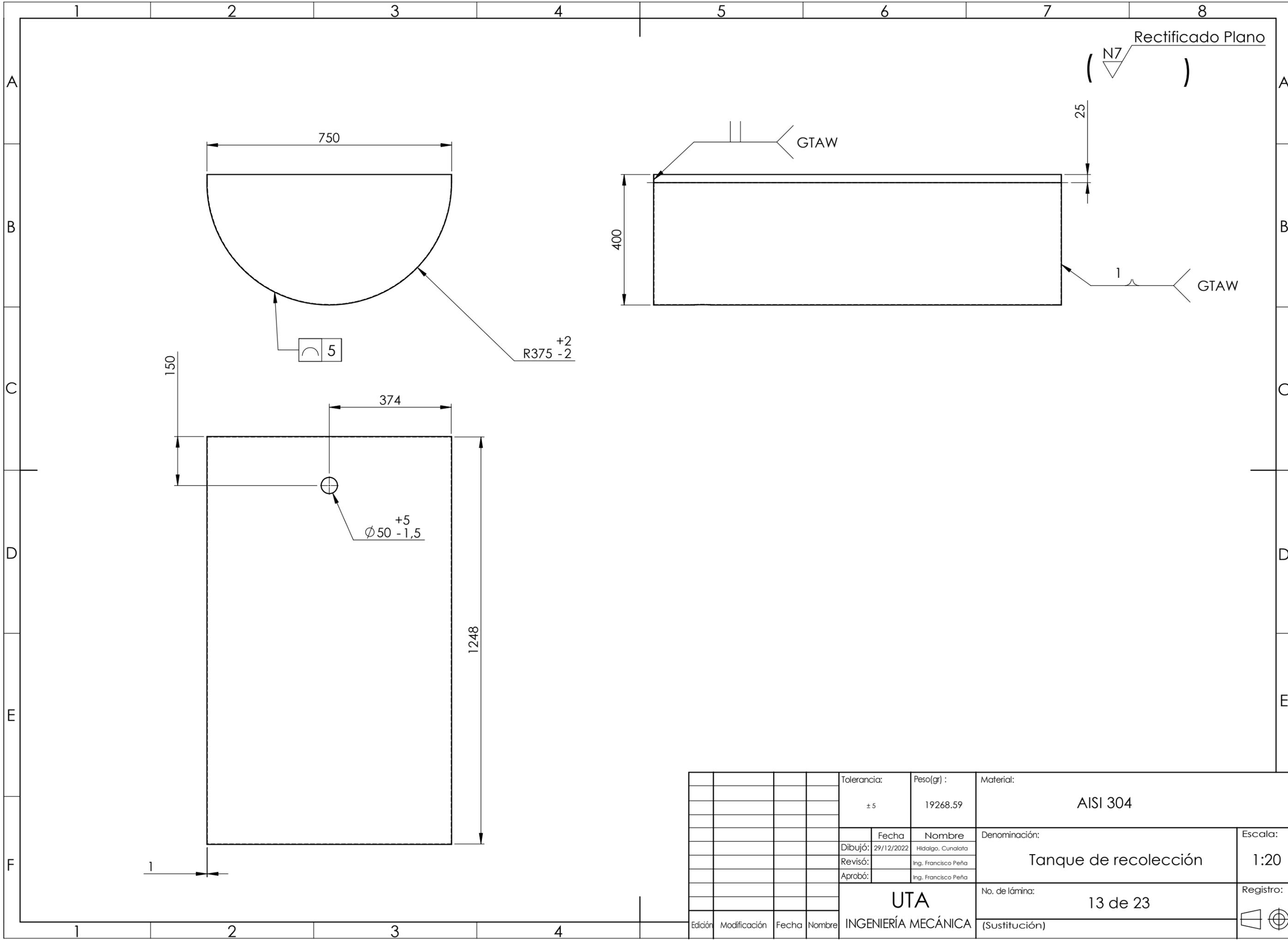
779



DETALLE A
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:		
				±5	33664.35	AISI 304		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	29/12/2022	Hidalgo, Cunalata	Tambor de lavado	
				Revisó:		Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:		Ing. Francisco Peña		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			No. de lámina:	Registro:
							11 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					





5

R375 ⁺² -2

Ø50 ⁺⁵ -1,5

Rectificado Plano
(N7)

GTAW

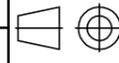
GTAW

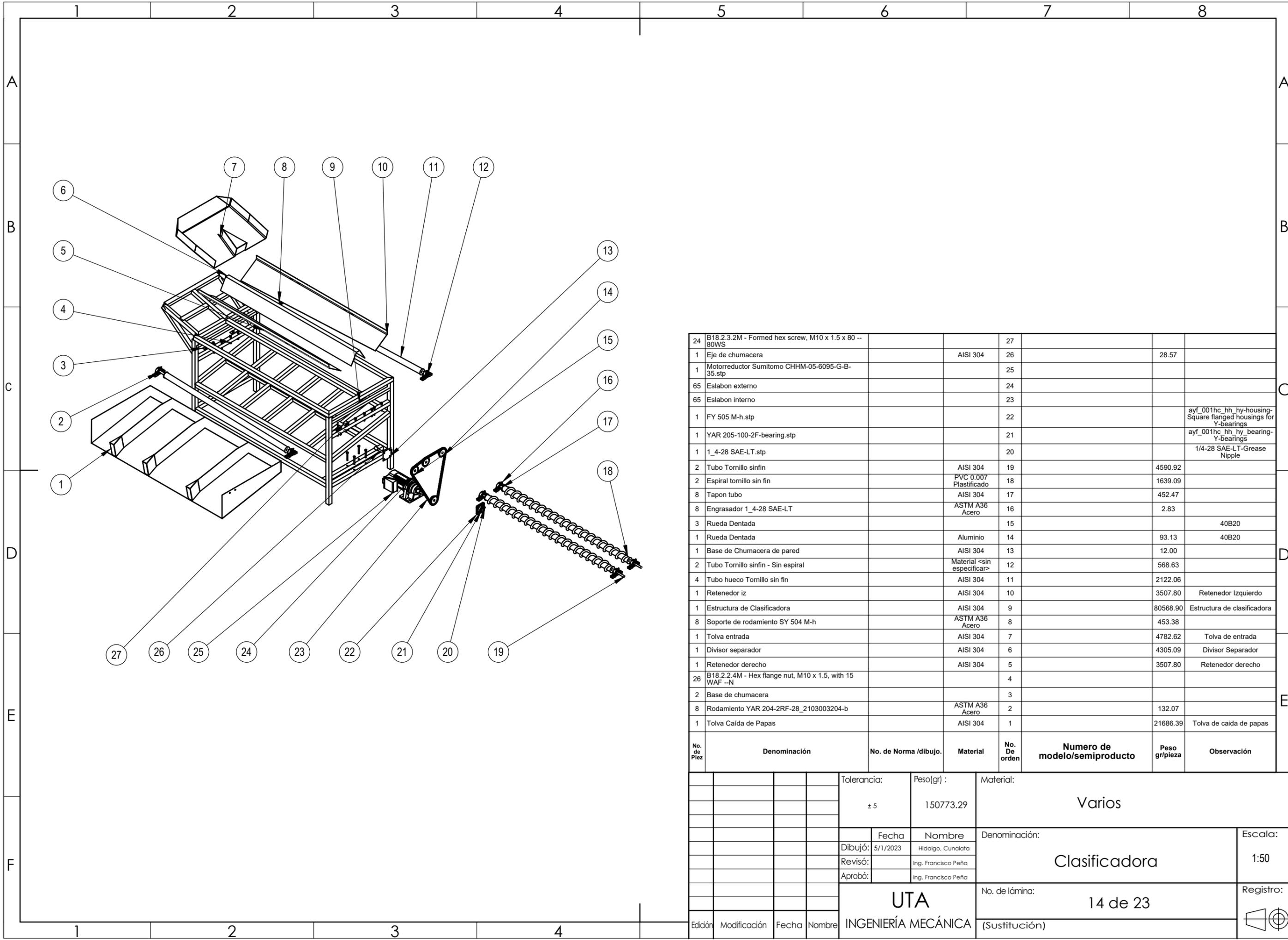
				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:	
				± 5	19268.59	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 29/12/2022	Hidalgo, Cunalata	Tanque de recolección	
				Revisó:	Ing. Francisco Peña	Escala:	
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña	1:20	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina:	
						13 de 23	
						Registro:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

Edición Modificación Fecha Nombre

UTA
INGENIERÍA MECÁNICA

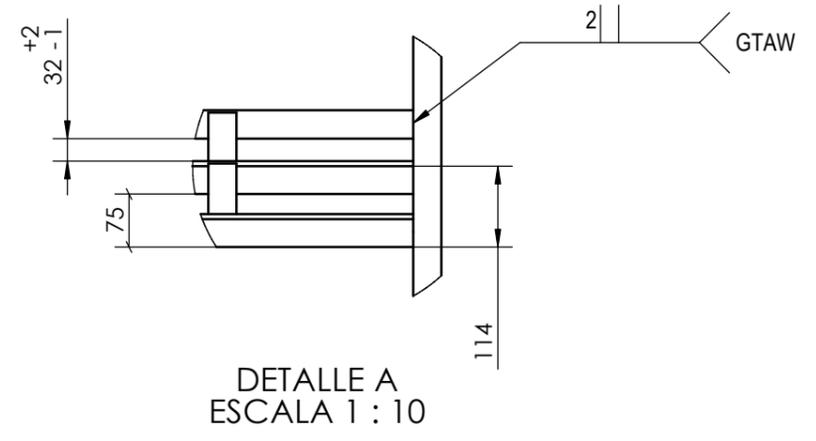
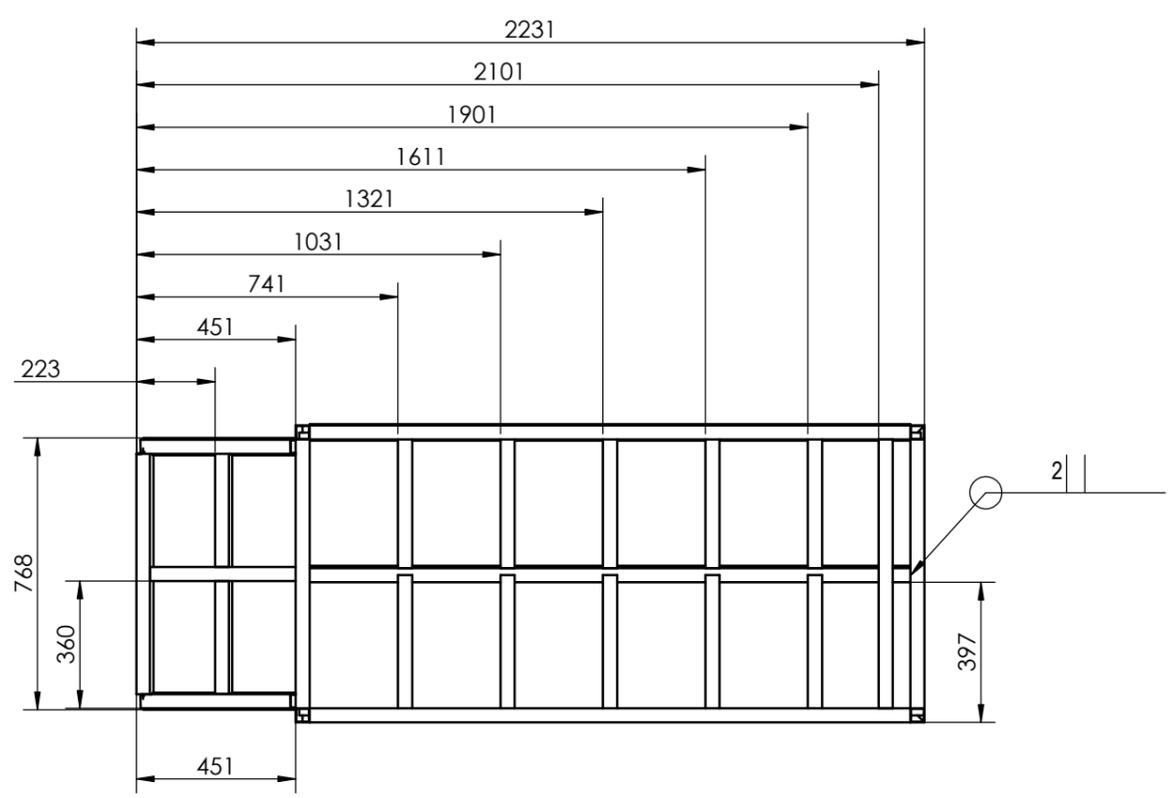
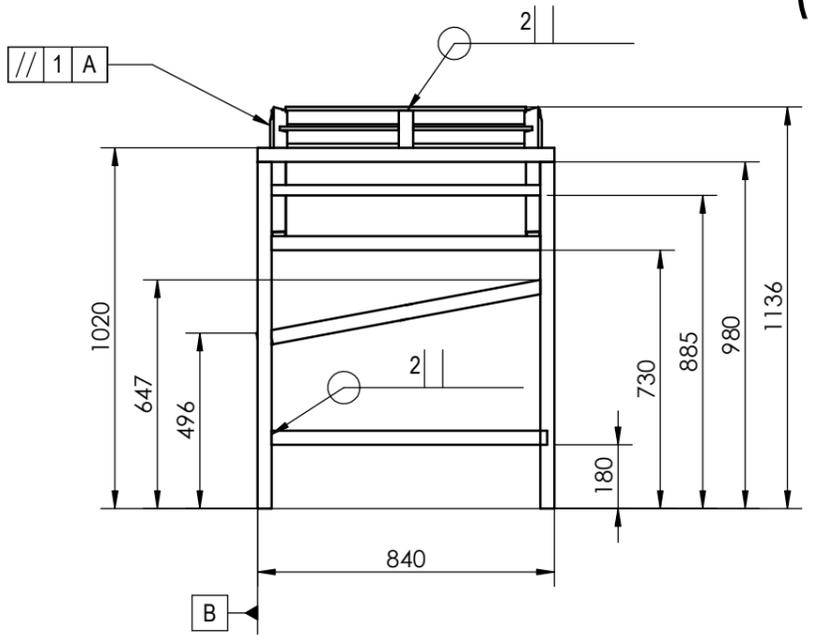
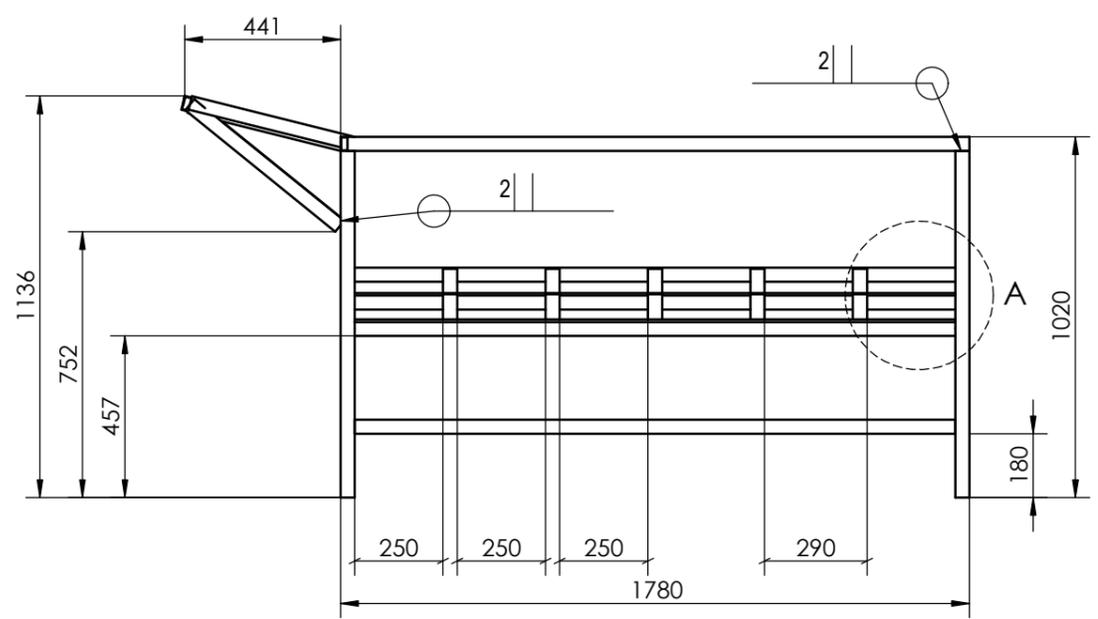
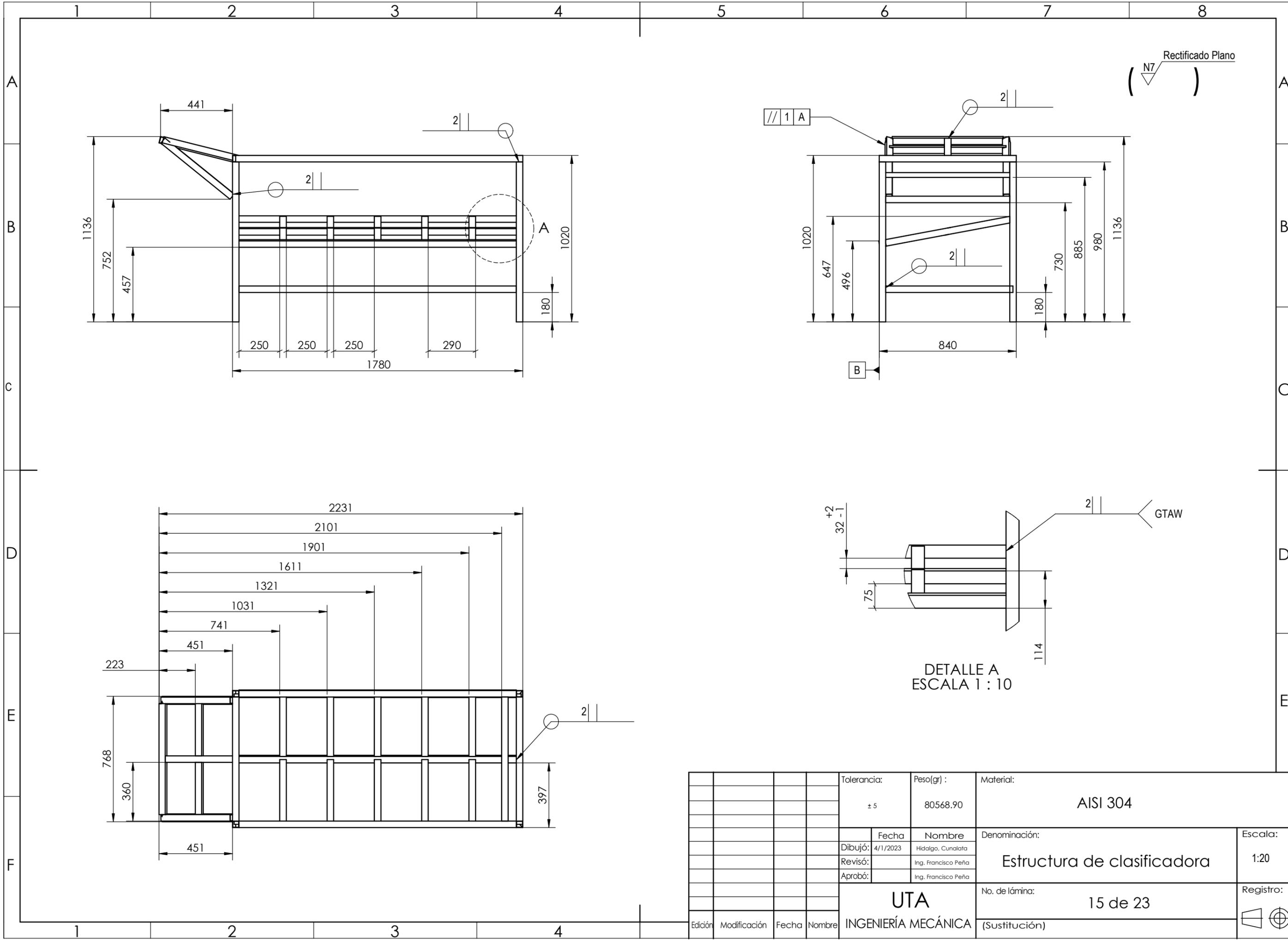
(Sustitución)



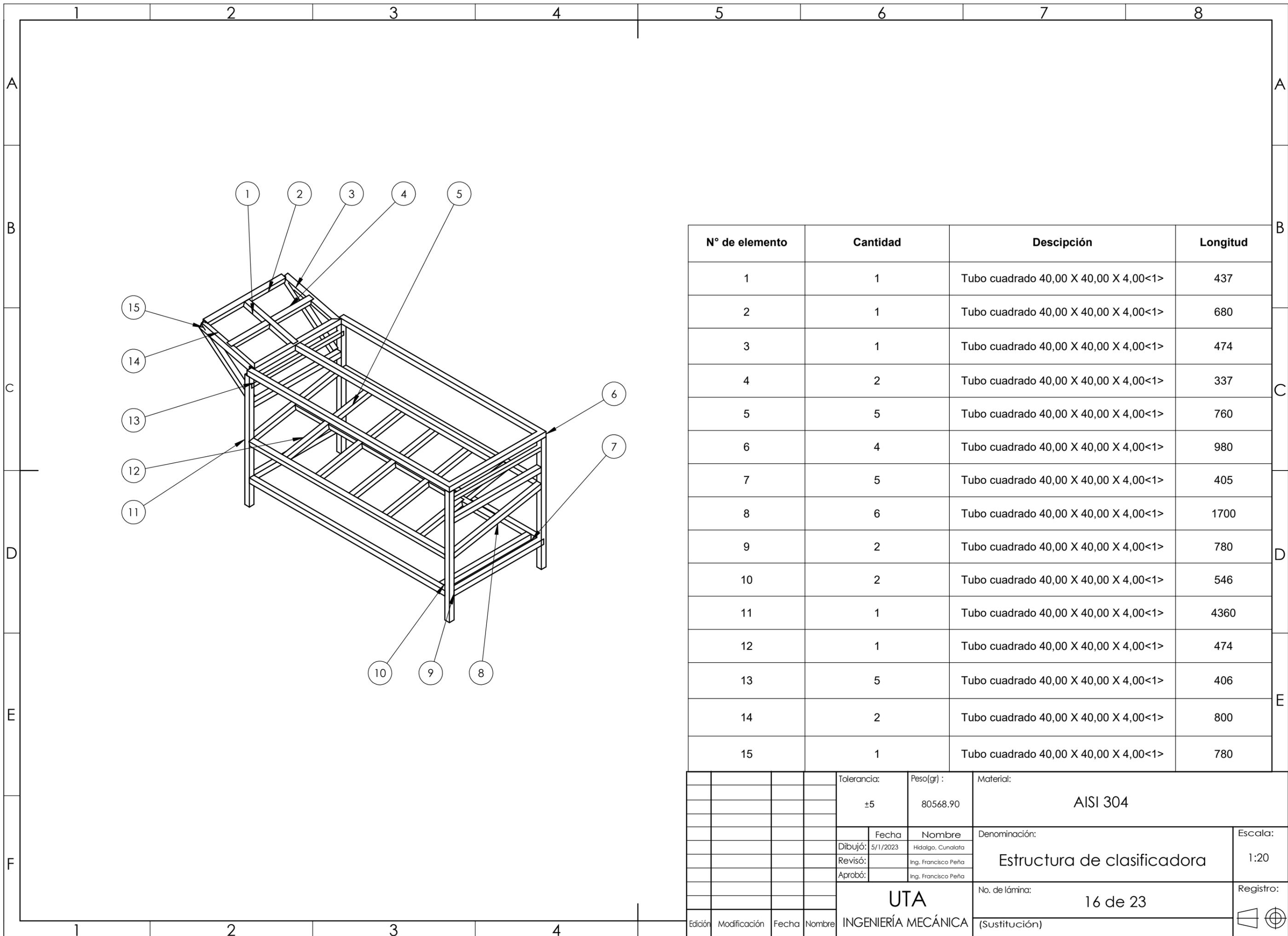


24	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M10 x 1.5 x 80 -- 80WS			27			
1	Eje de chumacera		AISI 304	26		28.57	
1	Motorreductor Sumitomo CHHM-05-6095-G-B-35.stp			25			
65	Eslabon externo			24			
65	Eslabon interno			23			
1	FY 505 M-h.stp			22			ayf_001hc_hh_hy-housing-Square flanged housings for Y-bearings
1	YAR 205-100-2F-bearing.stp			21			ayf_001hc_hh_hy_bearing-Y-bearings
1	1_4-28 SAE-LT.stp			20			1/4-28 SAE-LT-Grease Nipple
2	Tubo Tornillo sinfin		AISI 304	19		4590.92	
2	Espiral tornillo sin fin		PVC 0.007 Plastificado	18		1639.09	
8	Tapon tubo		AISI 304	17		452.47	
8	Engrasador 1_4-28 SAE-LT		ASTM A36 Acero	16		2.83	
3	Rueda Dentada			15			40B20
1	Rueda Dentada		Aluminio	14		93.13	40B20
1	Base de Chumacera de pared		AISI 304	13		12.00	
2	Tubo Tornillo sinfin - Sin espiral		Material <sin especificar>	12		568.63	
4	Tubo hueco Tornillo sin fin		AISI 304	11		2122.06	
1	Retenedor iz		AISI 304	10		3507.80	Retenedor izquierdo
1	Estructura de Clasificadora		AISI 304	9		80568.90	Estructura de clasificadora
8	Soporte de rodamiento SY 504 M-h		ASTM A36 Acero	8		453.38	
1	Tolva entrada		AISI 304	7		4782.62	Tolva de entrada
1	Divisor separador		AISI 304	6		4305.09	Divisor Separador
1	Retenedor derecho		AISI 304	5		3507.80	Retenedor derecho
26	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M10 x 1.5, with 15 WAF --N			4			
2	Base de chumacera			3			
8	Rodamiento YAR 204-2RF-28_2103003204-b		ASTM A36 Acero	2		132.07	
1	Tolva Caída de Papas		AISI 304	1		21686.39	Tolva de caída de papas
No. de Piez	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación

Tolerancia:		Peso(gr) :		Material:			
± 5		150773.29		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dibujó: 5/1/2023		Hidalgo, Cunalata		Clasificadora			1:50
Revisó:		Ing. Francisco Peña					
Aprobó:		Ing. Francisco Peña					
Edición				No. de lámina:		Registro:	
				14 de 23			
UTA INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)			

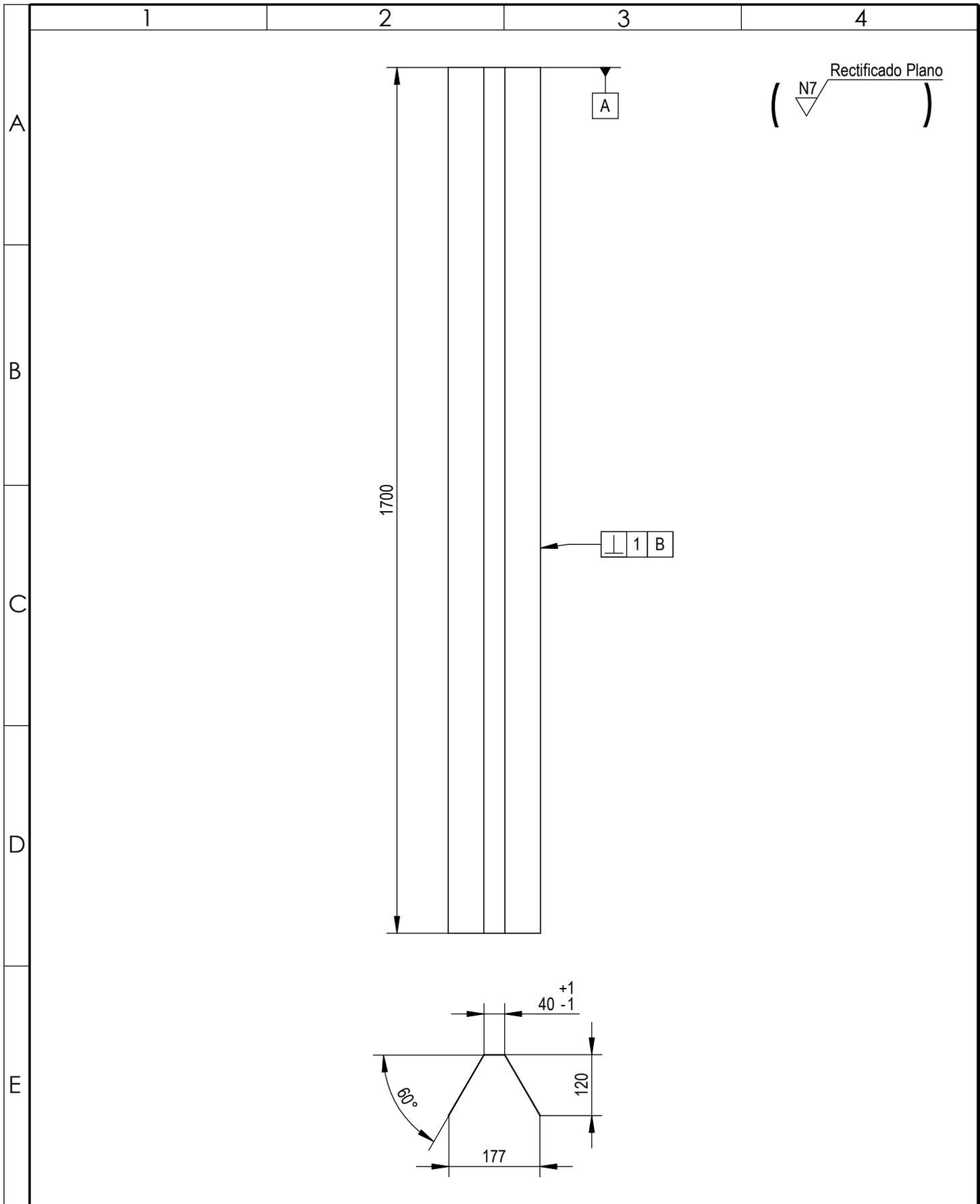


				Tolerancia: ± 5	Peso(gr) : 80568.90	Material: AISI 304	
				Dibujó: 4/1/2023	Nombre: Hidalgo, Cunalata	Denominación: Estructura de clasificadora	
				Revisó: Ing. Francisco Peña	Nombre: Ing. Francisco Peña	Escala: 1:20	
				Aprobó: Ing. Francisco Peña	Nombre: Ing. Francisco Peña	Registro: No. de lámina: 15 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Escala: 1:20	
						Registro: (Sustitución)	

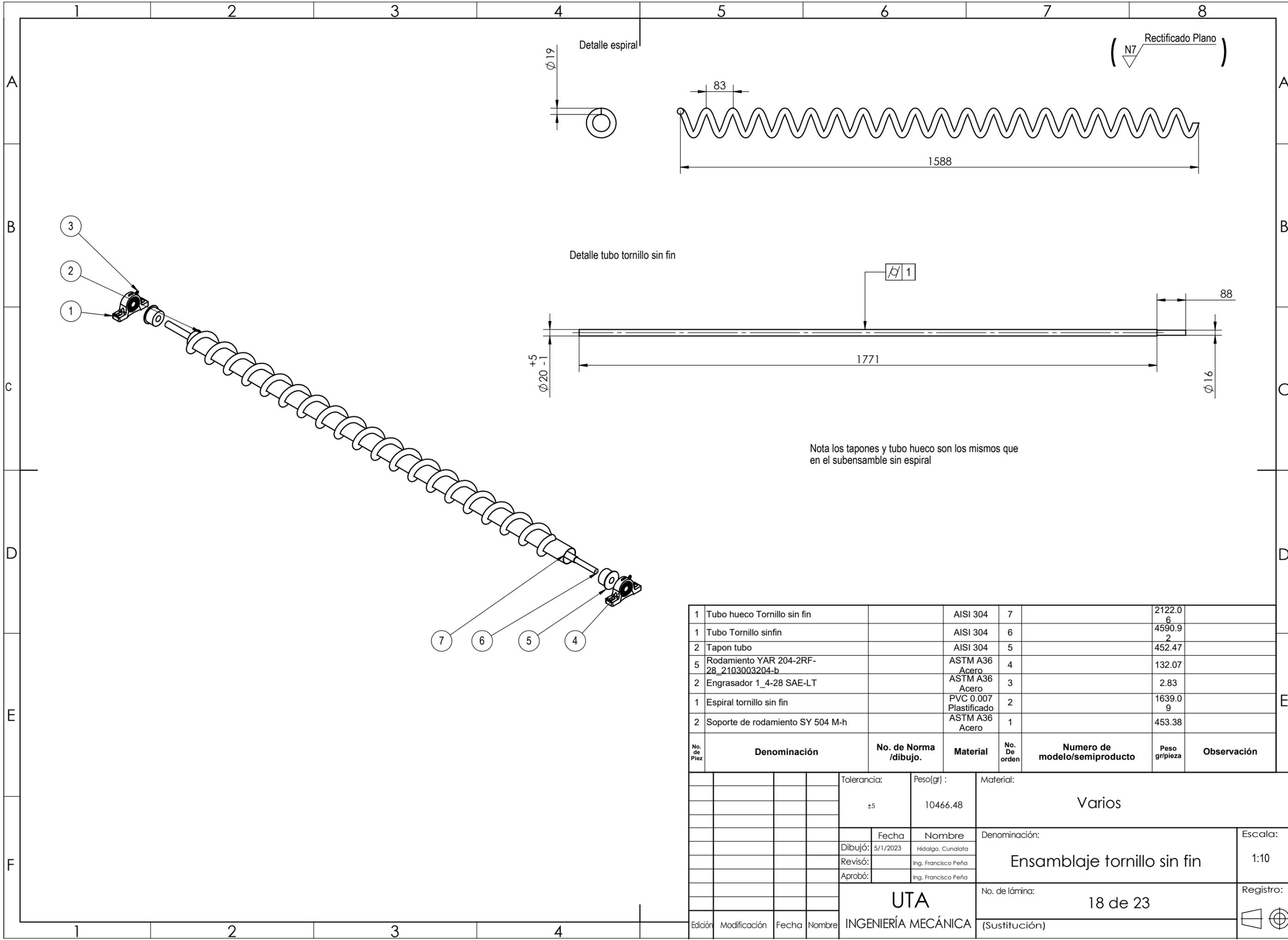


N° de elemento	Cantidad	Descipción	Longitud
1	1	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	437
2	1	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	680
3	1	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	474
4	2	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	337
5	5	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	760
6	4	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	980
7	5	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	405
8	6	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	1700
9	2	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	780
10	2	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	546
11	1	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	4360
12	1	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	474
13	5	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	406
14	2	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	800
15	1	Tubo cuadrado 40,00 X 40,00 X 4,00<1>	780

Tolerancia:		Peso(gr) :	Material:	
±5		80568.90	AISI 304	
Fecha		Nombre		Denominación:
5/1/2023		Hidalgo, Cunalata		Estructura de clasificadora
Revisó:		Ing. Francisco Peña		Escala:
Aprobó:		Ing. Francisco Peña		1:20
UTA			No. de lámina:	Registro:
INGENIERÍA MECÁNICA			16 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)

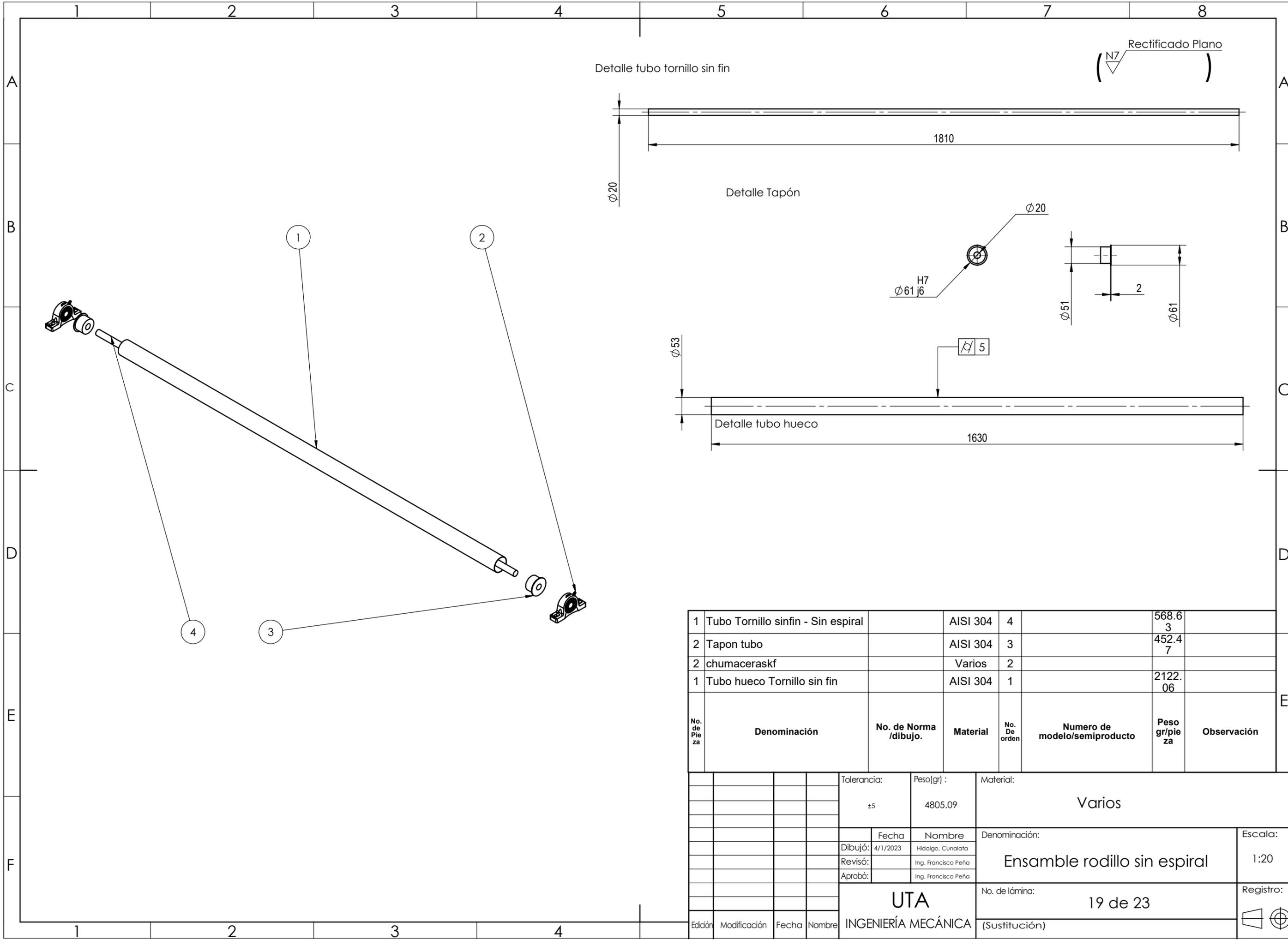


				Tolerancia: ± 10	Peso: 4305.091	Material: AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 2/2/2023	Hidalgo, Cunalata	Divisor Separador	1:1
				Revisó:	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña		
				FICM U.T.A.		No. de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		17 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



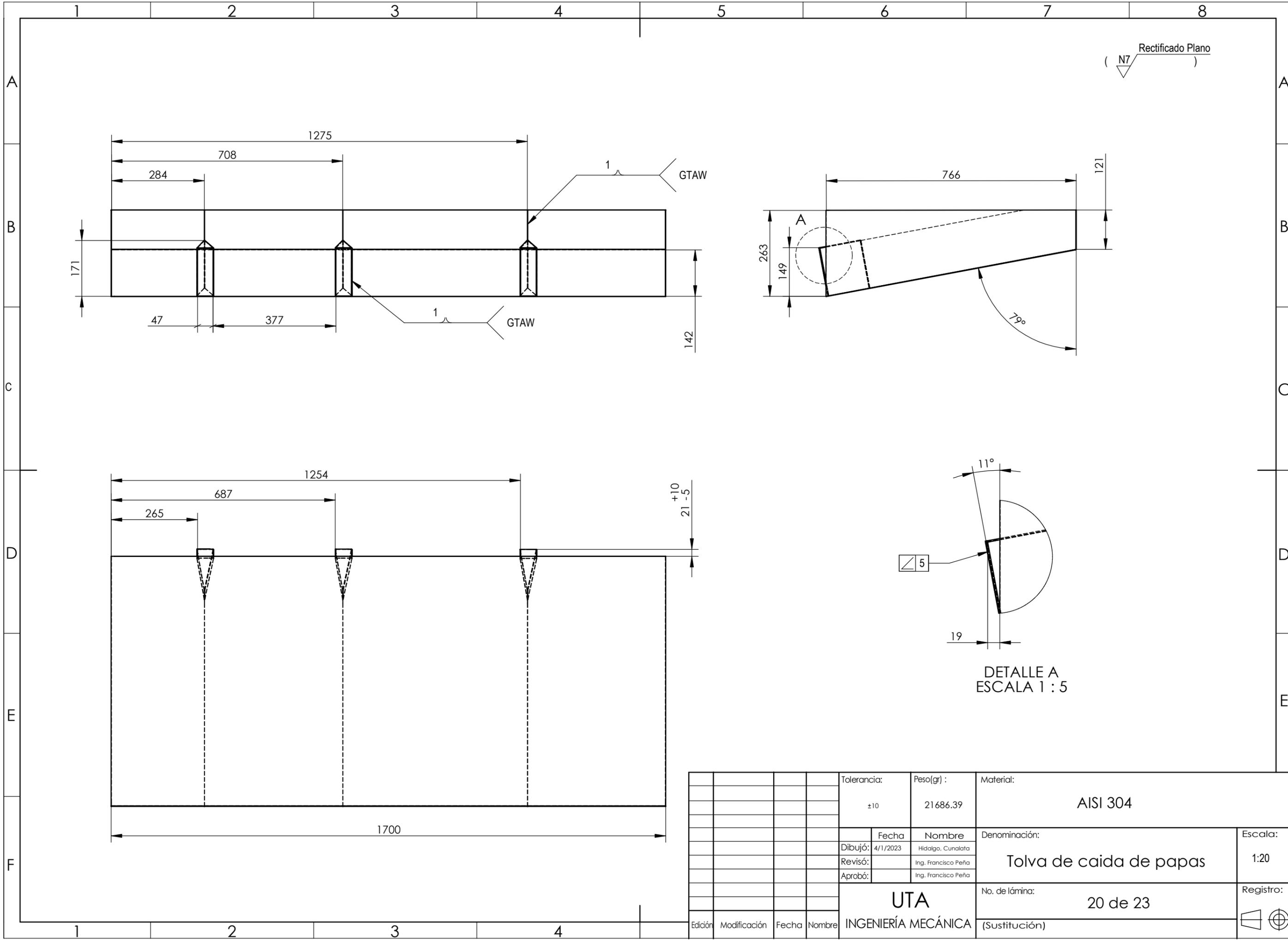
Nota los tapones y tubo hueco son los mismos que en el subensamble sin espiral

1	Tubo hueco Tornillo sin fin		AISI 304	7		2122.0	
1	Tubo Tornillo sinfin		AISI 304	6		4590.9	
2	Tapon tubo		AISI 304	5		452.47	
5	Rodamiento YAR 204-2RF-28_2103003204-b		ASTM A36 Acero	4		132.07	
2	Engrasador 1_4-28 SAE-LT		ASTM A36 Acero	3		2.83	
1	Espiral tornillo sin fin		PVC 0.007 Plastificado	2		1639.0	
2	Soporte de rodamiento SY 504 M-h		ASTM A36 Acero	1		453.38	
No. de Piez	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación
					Varios		
		Tolerancia:	Peso(gr) :				
		±5	10466.48				
		Fecha	Nombre		Denominación:		Escala:
		Dibujó: 5/1/2023	Hidalgo, Cunalata		Ensamblaje tornillo sin fin		1:10
		Revisó:	Ing. Francisco Peña				
		Aprobó:	Ing. Francisco Peña				
		UTA			No. de lámina:	18 de 23	Registro:
		INGENIERÍA MECÁNICA			(Sustitución)		



No. de Pieza	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación
1	Tubo Tornillo sinfin - Sin espiral		AISI 304	4		568.63	
2	Tapon tubo		AISI 304	3		452.47	
2	chumaceraskf		Varios	2			
1	Tubo hueco Tornillo sin fin		AISI 304	1		2122.06	

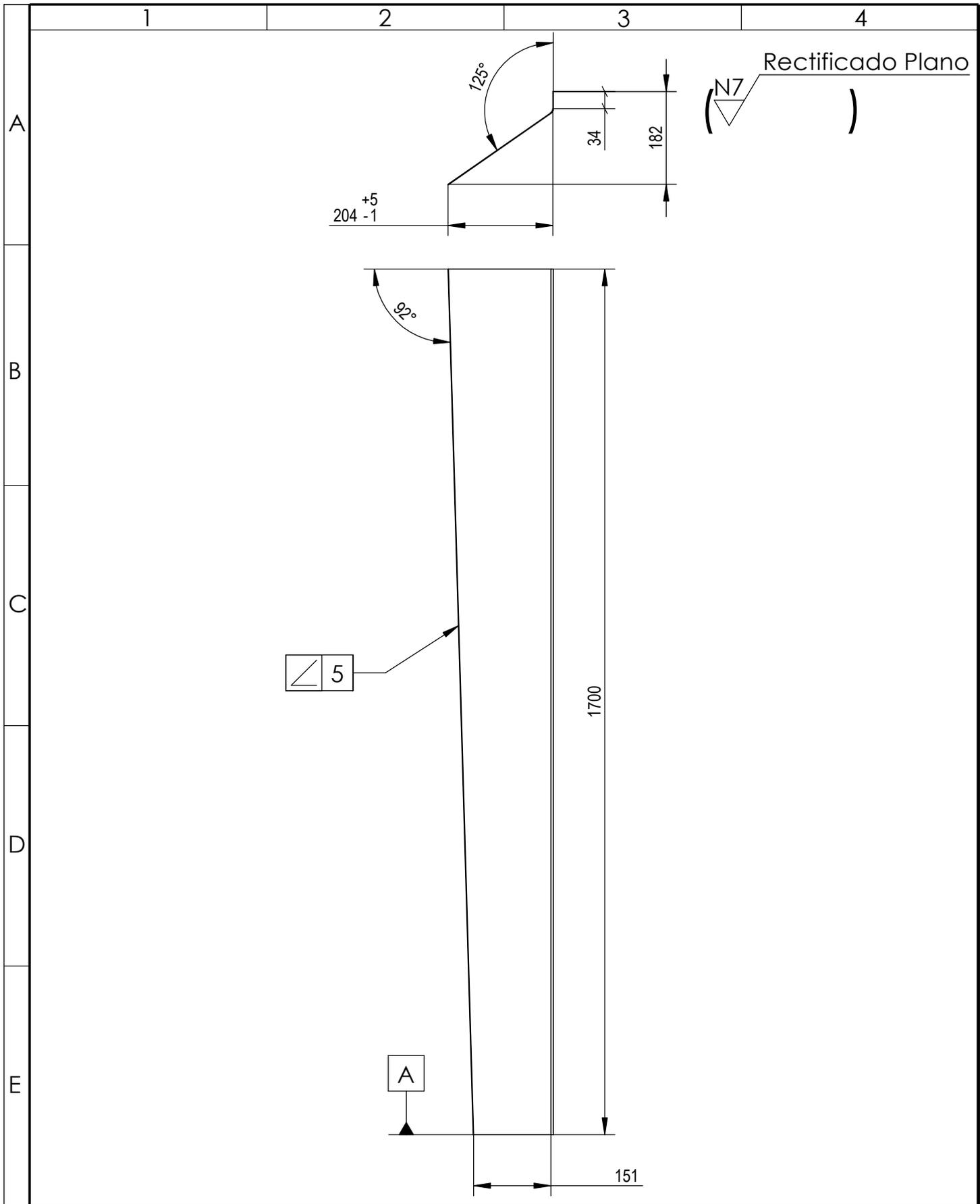
Tolerancia:		Peso(gr) :		Material:					
±5		4805.09		Varios					
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:		
Dibujó: 4/1/2023		Hidalgo, Cunalata		Ensamble rodillo sin espiral			1:20		
Revisó:		Ing. Francisco Peña		No. de lámina:			Registro:		
Aprobó:		Ing. Francisco Peña							
Edición				Modificación		Fecha		Nombre	
INGENIERÍA MECÁNICA						(Sustitución)			



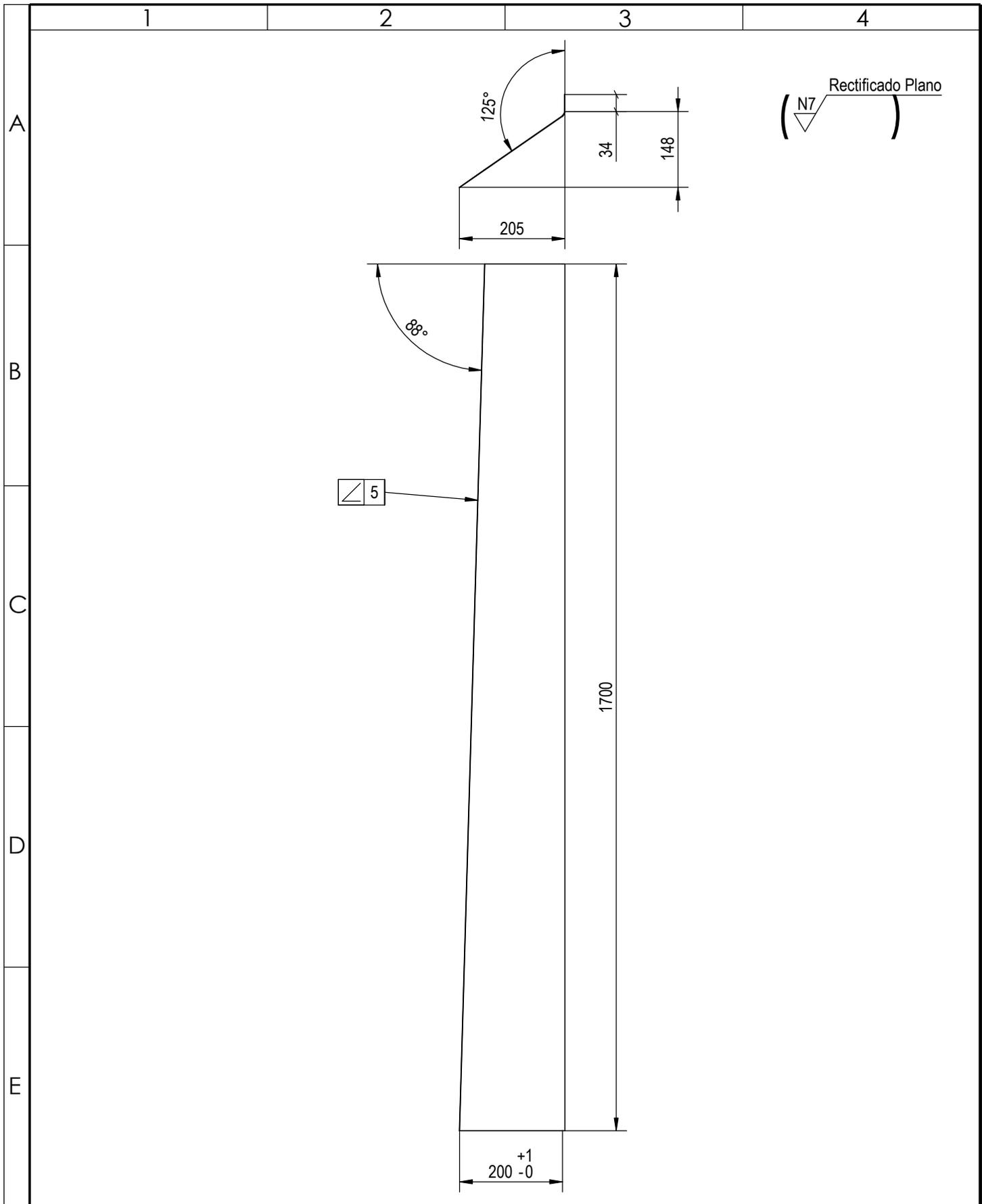
(N7 Rectificado Plano)

				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:		
				±10	21686.39	AISI 304		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
				Dibujó: 4/1/2023	Hidalgo, Cunalata	Tolva de caída de papas	1:20	
				Revisó:	Ing. Francisco Peña		No. de lámina:	Registro:
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña			20 de 23
				UTA		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA				

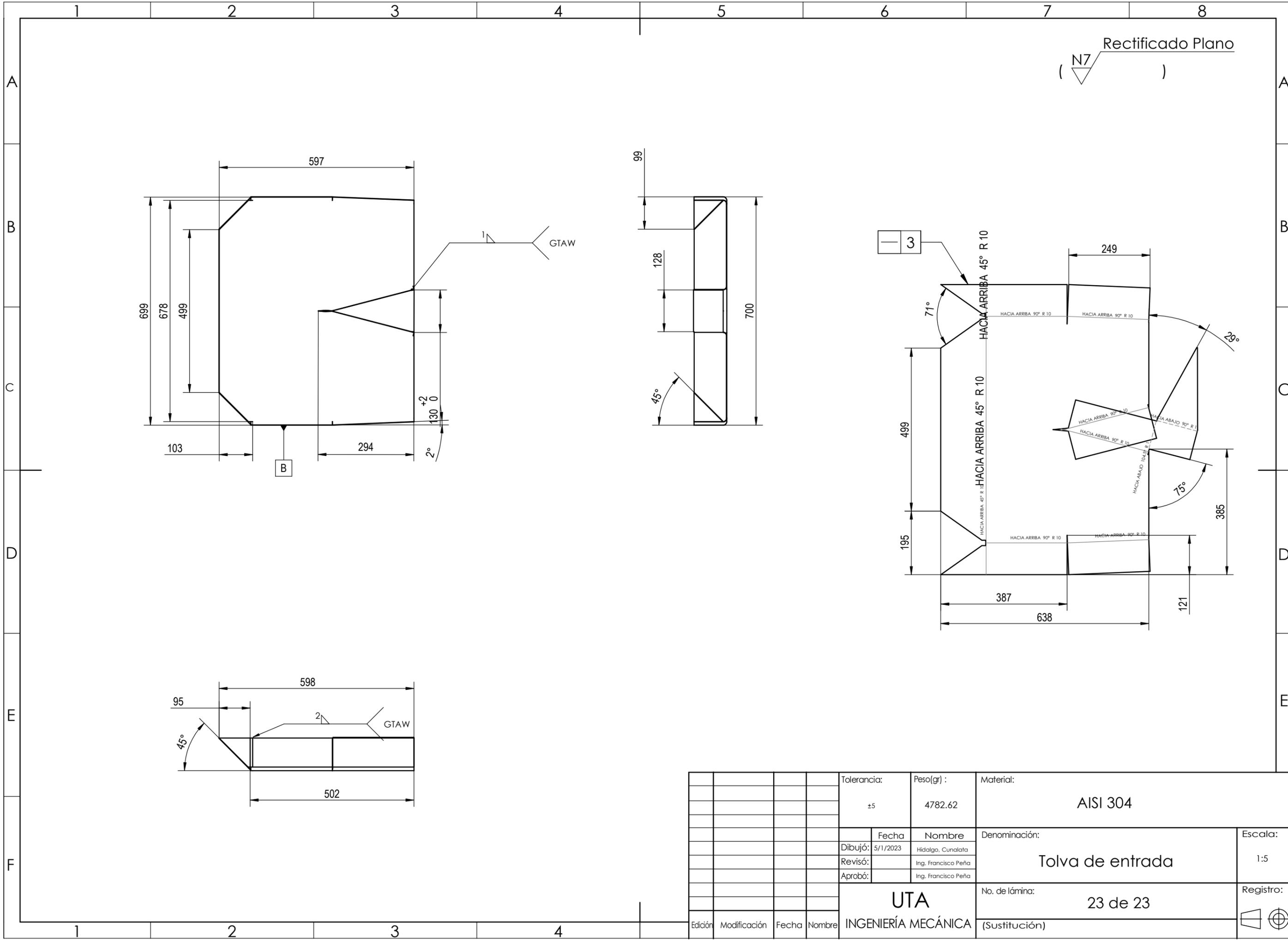
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



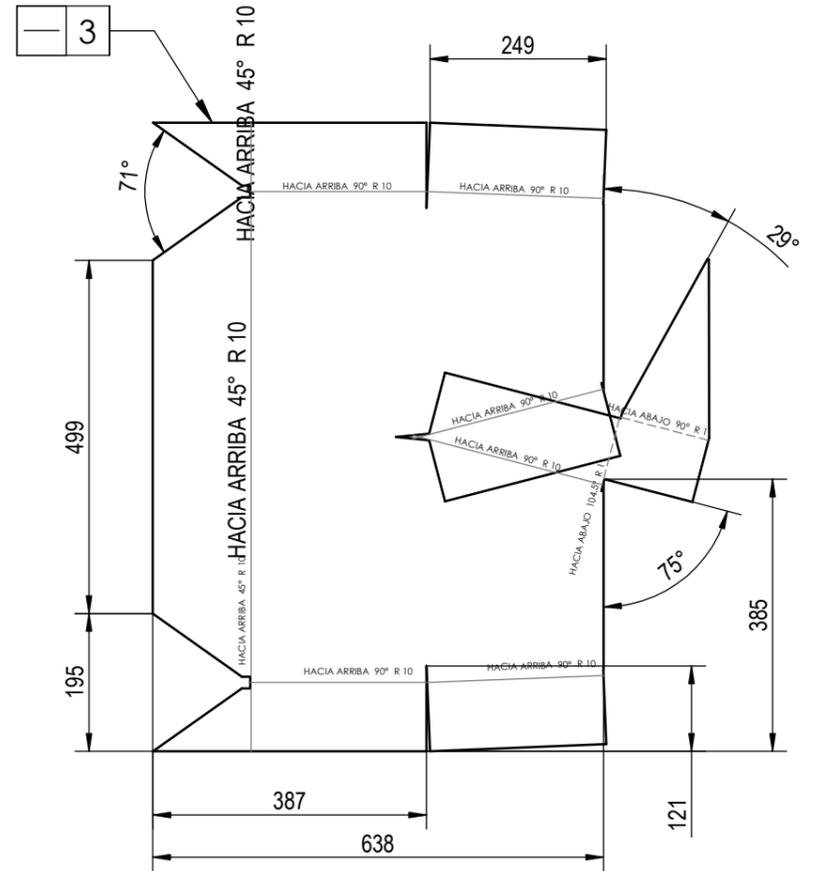
				Tolerancia: ±5	Peso: 3507.802	Material: AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 2/2/2023	Hidalgo, Cunalata	Retenedor derecho	1:1
				Revisó:	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña		
				FICM U.T.A.		No. de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		21 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ±5	Peso: 3507.802	Material: AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 2/2/2023	Hidalgo, CUnalata	Retenedor Izquierdo	1:1
				Revisó:	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña		
				FICM U.T.A.		No. de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		22 de 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



Rectificado Plano
(N7)



				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:		
				±5	4782.62	AISI 304		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 5/1/2023	Hidalgo, Cunalata	Tolva de entrada		1:5
				Revisó:	Ing. Francisco Peña			
				Aprobó:	Ing. Francisco Peña			
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina:		Registro:
						23 de 23		(Sustitución)