



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE
TUBÉRCULOS PRODUCIDOS EN LA ZONA CENTRO.**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico.

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

SANTIAGO VINICIO ROJAS MEZA

Riobamba - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE
TUBÉRCULOS PRODUCIDOS EN LA ZONA CENTRO.**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico.

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: SANTIAGO VINICIO ROJAS MEZA.

DIRECTOR: ING. SÓCRATES MIGUEL AQUINO ARROBA.

Riobamba - Ecuador

2022

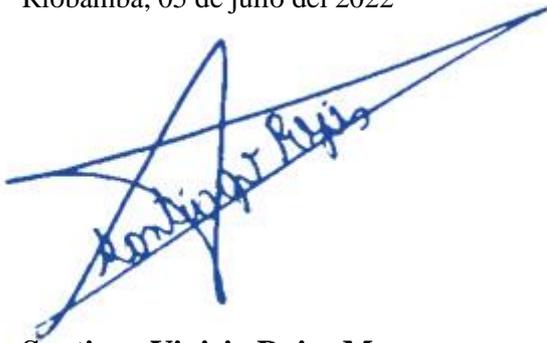
© 2022, Santiago Vinicio Rojas Meza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **Santiago Vinicio Rojas Meza**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 05 de julio del 2022

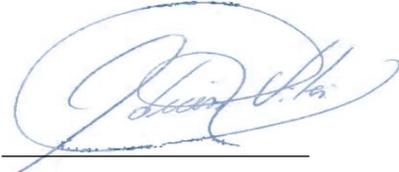
A handwritten signature in blue ink, written diagonally across the page. The signature is stylized and appears to read 'Santiago Rojas Meza'.

Santiago Vinicio Rojas Meza

CI. 0603532649

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación. Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE TUBÉRCULOS PRODUCIDOS EN LA ZONA CENTRO.**, realizado por el señor: **SANTIAGO VINICIO ROJAS MEZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-07-05
Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-07-05
Ing. Luis Santiago Choto Chariguaman. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-07-05

DEDICATORIA

Este trabajo en primer lugar se lo dedico a Dios que nunca me ha soltado la mano para seguir el camino.

Además de la manera más especial se lo dedico a mi esposa y a mis hijas que han sido el pilar fundamental del desarrollo de mi vida y nunca me han dejado solo en este recorrido, a mi madre y hermanos que siempre han estado a mi lado apoyándome para no desmayar y también a mis suegros que son un apoyo fundamental en la vida de mi familia.

A mi padrino Javier Andrade y a la comunidad de NA que son el pilar de desarrollo emocional de mi vida.

Y al cielo a mi padre, a mis abuelitos y a mi terapeuta Luchito Jerves que me han motivado a seguir adelante.

Santiago.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento en primer lugar a Dios por permitirme llegar a esta la meta tan anhelada, a mi amada ESPOCH por ser mi alma máter en mi formación académica, a mis profesores que han sido más que excelentes profesionales excelentes seres humanos que me han enseñado que esta es la mejor carrera del mundo.

De manera especial quiero agradecer al Ing. Miguel Aquino por su gran apoyo para que este trabajo sea posible y de la misma manera al Ing. Santiago Choto.

Santiago.

TRABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ZÍNDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	Marco referencial.....	2
1.1	Antecedentes	2
1.2	Delimitación	3
1.2.1	<i>Delimitación espacial</i>	3
1.2.2	<i>Delimitación temporal</i>	3
1.2.3	<i>Delimitación sectorial</i>	3
1.3	Formulación del problema	3
1.4	Objetivos	4
1.4.1	<i>Objetivo general</i>	4
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2.	Revisión de literatura o fundamentos teóricos	5
----	---	---

2.1	Diseño.....	5
2.2	El diseño mecánico	5
2.2.1	<i>El proceso de diseño</i>	6
2.2.2	<i>Fases del proceso de diseño</i>	6
2.2.3	<i>Objeto del diseño mecánico</i>	7
2.4	Sistemas de manufactura virtual (MV).....	8
2.4.1	<i>Software CAD CAM</i>	9
2.4.1	<i>Interfaz de los sistemas CAD-CAM</i>	10
2.4.2	<i>Ventajas del uso del software CAD-CAM</i>	10
2.5	Lavadora de tubérculos	11
2.5.1	<i>Maquinaria empleada en el lavado de tubérculos de forma industrial</i>	11
2.5.2	<i>Tipos de máquinas lavadoras de tubérculos</i>	12
2.5.3	<i>Características que condicionan la selección de la mejor alternativa</i>	16

CAPÍTULO III

3.	Marco metodológico.....	18
3.1	Planteamiento del problema.....	18
3.1.1	<i>Determinación de parámetros de diseño.</i>	18
3.1.1.1	<i>Parámetros de diseño</i>	18
3.1.1.2	<i>Parámetros funcionales.</i>	19
3.1.1.3	<i>Requerimientos funcionales.</i>	19
3.1.1.4	<i>Restricciones y limitaciones</i>	19
3.1.1.5	<i>Ambiente de trabajo.</i>	20
3.1.2	<i>Determinación de las especificaciones de la máquina</i>	20
3.1.2.1	<i>Matriz QFD (Quality Function Deployment)</i>	20
3.1.2.2	<i>Voz del usuario</i>	20
3.1.2.3	<i>Voz del ingeniero</i>	21
3.1.2.4	<i>Matriz QFD</i>	21
3.1.2.5	<i>Conclusiones de la matriz QFD</i>	22

3.1.3	<i>Especificaciones técnicas de la máquina.</i>	23
3.1.4	<i>Metodología y especificaciones del diseño</i>	25
3.1.4.1	<i>Principio básico de funcionamiento.</i>	25
3.1.5	<i>Definición del producto.</i>	26
3.1.6	<i>Método de evaluación de las soluciones</i>	27
3.1.6.1	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	28
3.2	Matriz morfológica de la máquina seleccionada	32
3.2.1	<i>Matriz de evaluación</i>	37
3.2.2	<i>Cálculos de diseño</i>	39
3.2.2.1	<i>Diseño y dimensionamiento del tambor</i>	39
3.2.2.2	<i>Espesor de la plancha y dimensiones comerciales.</i>	41
3.2.2.3	<i>Material del elemento seleccionado.</i>	45
3.2.2.4	<i>Diseño de materialización.</i>	46
3.2.2.5	<i>Diseño de la estructura de soporte de la máquina.</i>	47
3.2.2.6	<i>Análisis estático</i>	49
3.2.2.7	<i>Análisis de recorrido de flujo.</i>	54
3.2.3	<i>Selección de la fuente de potencia</i>	62
3.2.3.1	<i>Cálculo de la potencia del motor</i>	62
3.1.3.2	<i>Catálogo del elemento.</i>	66
3.2.4	<i>Diseño de materialización</i>	66
3.2.4.1	<i>Sistema de transmisión de potencia</i>	67
3.2.4.2	<i>Catálogo del producto.</i>	72
3.2.4.3	<i>Diseño de materialización.</i>	72
3.2.4.4	<i>Diseño de polea conductora.</i>	72
3.2.4.6	<i>Diseño de materialización.</i>	73
3.2.5	<i>Selección de ruedas de giro del tambor.</i>	74
3.2.5.1	<i>Catálogo del producto.</i>	75
3.2.5.2	<i>Diseño de materialización.</i>	75
3.2.6	<i>Mecanismo de tensión/sujeción del tambor</i>	75

3.2.6.1	<i>Diseño de materialización.....</i>	76
3.2.7	<i>Puerta de salida del producto.....</i>	76
3.2.7.1	<i>Diseño de materialización.....</i>	76
3.2.8	<i>Diseño de tubería conductora de agua o sistema de regado</i>	77
3.2.8.1	<i>Catálogo de tubería.</i>	77
3.2.8.2	<i>Diseño de materialización.....</i>	78
3.2.9	<i>Diseño de tolvas del sistema.....</i>	78
3.2.9.1	<i>Tolva de ingreso del producto.....</i>	78
3.2.9.2	<i>Dimensionamiento de la tolva.....</i>	79
3.2.9.3	<i>Tolva de recolección de agua.</i>	80
3.2.9.4	<i>Tolva de salida del producto.....</i>	81
3.2.9.5	<i>Diseño de materialización.....</i>	81
3.2.10	<i>Exigencias del diseño de la máquina lavadora de tubérculos</i>	82
3.2.10.2	<i>Procesos técnicos diseñados</i>	84
3.2.10.2.1	<i>Proceso de funcionamiento</i>	85
3.2.10.3	<i>Producto final.....</i>	86
3.3	El Acero Inoxidable en la industria alimentaria	86
3.4	Análisis de costos.....	86
3.4.1	<i>Costos directos e indirectos.....</i>	87
3.4.1.1	<i>Costos directos.....</i>	87
3.4.1.1.1	<i>Costos de materiales.....</i>	87
3.4.1.1.2	<i>Mano de obra.....</i>	88
3.4.1.1.3	<i>Equipos y herramientas.....</i>	88
3.4.1.1.4	<i>Coste de transporte de materiales.....</i>	89
3.4.1.1.5	<i>Costo total directo.....</i>	89
3.4.1.2	<i>Costos indirectos.....</i>	90
3.4.2	<i>Costo total.....</i>	91

CAPÍTULO IV

4.	Resultados	92
4.1	Validación dinámica	92
4.1.1	<i>Velocidades</i>	92
4.2	Validación estática.	92
4.2.1	<i>Simulación estática.</i>	92
4.3	Validación del recorrido del fluido.....	93
4.3.1	<i>Simulación del fluido.</i>	93
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES.....	98
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Especificaciones técnicas base de la máquina.....	24
Tabla 2-3:	Evaluación del peso específico.....	29
Tabla 3-3:	Evaluación del peso específico del criterio peso.....	29
Tabla 4-3:	Evaluación del peso específico del criterio manufactura	30
Tabla 5-3:	Evaluación del peso específico del criterio precio	30
Tabla 6-3:	Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	31
Tabla 7-3:	Tabla de conclusiones	31
Tabla 8-3:	Matriz Morfológica.	33
Tabla 9-3:	Criterios a evaluar	37
Tabla 10-3:	Exigencias del diseño	82
Tabla 11-3:	Costo de materiales.	87
Tabla 12-3:	Mano de obra.....	88
Tabla 13-3:	Equipos y herramientas.	89
Tabla 14-3:	Costo total directo.	90
Tabla 15-3:	Costos indirectos.	90
Tabla 16-3:	Costo total de la máquina lavadora de tubérculos	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Diagrama de flujo de proceso.....	26
Gráfico 2-3:	Matriz morfológica desarrollada	38
Gráfico 3-3:	Caja negra lavadora de tubérculos.....	84
Gráfico 4-3:	Procesos de funciones	85
Gráfico 1-4:	Validación de la velocidad.	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Proceso de manufactura virtual	8
Figura 2-2:	Interfaz del software CAD-CAM	10
Figura 3-2:	Máquina de lavado con tanque giratorio	13
Figura 4-2:	Máquina de lavado con rodillos	14
Figura 5-2:	Máquina de lavado con eje.....	15
Figura 6-2:	Máquina de lavado con eje cepillos.....	16
Figura 1-3:	Matriz QFD	22
Figura 2-3:	Esquematación de la máquina	38
Figura 3-3:	Esquema del tendido de tubérculos (papas)	39
Figura 4-3:	Esquematación de la.....	40
Figura 5-3:	Catálogo del material.....	45
Figura 6-3:	Croquizado del perfil del.....	46
Figura 7-3:	Tambor de lavado modelado	46
Figura 8-3:	Catálogo del material.....	47
Figura 9-3:	Tambor terminado	47
Figura 10-3:	Croquis 3D basada en los	48
Figura 11-3:	Geometría de la	48
Figura 12-3:	Catálogo de tubería cuadrada	49
Figura 13-3:	Seccionamiento del elemento	50
Figura 14-3:	Generación automática	50
Figura 15-3:	Ingreso de juntas.....	51
Figura 16-3:	Ingreso de fuerzas en cada junta.....	51
Figura 17-3:	Aplicación de fuerzas en miembros superiores	52
Figura 18-3:	Aumento de la gravedad a las.....	52
Figura 19-3:	Generación de malla de la estructura y.....	52
Figura 20-3:	Obtención del estudio del.....	53
Figura 21-3:	Obtención del mínimo	53
Figura 22-3:	Modelo a evaluar el recorrido de fluido.	54
Figura 23-3:	Ventana principal de SOLIDWORKS.....	55
Figura 24-3:	Ventana principal de Flow Simulation.	55
Figura 25-3:	Ventana generada por la opción Wizard.	55
Figura 26-3:	Ventana para poder configurar unidades.	56
Figura 27-3:	Ventana para poder configurar el parámetro gravedad.	57
Figura 28-3:	Ventana para poder añadir el fluido a trabajar.	58
Figura 29-3:	Ventana para poder finalizar la preconfiguración.	59

Figura 30-3:	Opciones a ser configuradas.....	59
Figura 31-3:	Volumen del fluido.....	60
Figura 32-3:	Ingreso del caudal de entrada.....	61
Figura 33-3:	Ingreso de la opción de salida al ambiente.....	62
Figura 34-3:	Esquemmatización del tanque.....	63
Figura 35-3:	Tabla de propiedades físicas del programa SolidWorks.....	64
Figura 36-3:	Motorreductor seleccionado de la marca weg modelo CG002-11N-63-04F.....	66
Figura 37-3:	Esquemmatización del motorreductor eléctrico.....	67
Figura 38-3:	Apreciación de la nueva distancia entre centros.....	69
Figura 39-3:	Catalogo de correas.....	72
Figura 40-3:	Modelado de banda.....	72
Figura 41-3:	Empresa dedicada a la construcción de poleas Quito.....	73
Figura 42-3:	Croquis de sección transversal de conformación.....	73
Figura 43-3:	Polea conformada.....	74
Figura 44-3:	Producto final de polea.....	74
Figura 45-3:	Características de la garrucha seleccionada.....	75
Figura 46-3:	Modelado la garrucha.....	75
Figura 47-3:	Mecanismo completo.....	76
Figura 48-3:	Coquizado y modelado puerta de salida.....	77
Figura 49-3:	Catálogo de tubería.....	78
Figura 50-3:	Ensamblado de sistema de regado de la máquina.....	78
Figura 51-3:	Entrada del producto.....	79
Figura 52-3:	Angulo de inclinación de la tolva.....	79
Figura 53-3:	Tolva conformada y chapa metaclica desplegada.....	80
Figura 54-3:	Tolva conformada.....	80
Figura 55-3:	Chapa metálica de la tolva desplegada.....	81
Figura 56-3:	Tolva conformada y chapa metaclica desplegada.....	81
Figura 57-3:	Tolva de salida conformada.....	86
Figura 1-4:	Validación estática de la estructura de la máquina.....	93
Figura 2-4:	Modelo con producto listo para simular.....	94
Figura 3-4:	Ventana que nos aparece al dar en la opción correr.....	94
Figura 4- 4:	Simulación del recorrido del fluido con producto.....	95
Figura 5-4:	Simulación del recorrido del fluido sin producto.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Evidencia fotográfica
- Anexo B:** Norma utilizada para el desarrollo del trabajo.
- Anexo C:** Catálogo de correas industriales.
- Anexo D:** Catálogo de garrucha.
- Anexo E:** Propiedades de los cauchos.
- Anexo F:** Catálogo de tubería inoxidable 304.
- Anexo G:** Catálogo de planchas perforadas de acero inox 304.
- Anexo H:** Catálogo de tubería.
- Anexo I:** Catálogo de platinas de acero inox 304.
- Anexo J:** Disposición y forma del aspersor.

RESUMEN

El presente proyecto técnico tuvo como objetivo diseñar y simular una máquina lavadora de tubérculos producidos en la zona centro del país, enfocado en un mercado adquisitivo de pequeños y medianos productores buscando que sus procesos se industrialicen y tengan un mayor margen de ganancia al ofertar productos ya limpios. Se compiló varias referencias bibliográficas de diversos autores, además se analizó maquinaria ya construida y con esto se estableció los parámetros de diseño fundamentales, se tomó la característica de capacidad de carga de trabajo de 67.5 Kg, además de esto las especificaciones técnicas que permitieron configurar las dimensiones del prototipo junto con las recomendaciones de la norma UNE S30400 para máquinas de grado alimentario. Se utilizó el método de análisis de alternativas y casa de la calidad, los cuales proporcionan una ponderación de selección de opciones para que se puedan cumplir con los estándares de la voz del usuario y la voz del ingeniero. Se determinó un mecanismo óptimo de transmisión de potencia por bandas planas, con la aplicación de un motorreductor como elemento motriz principal con una potencia de ¼ HP, se diseñó la estructura o bancada de la máquina en base a la estatura promedio en nuestro país. Los componentes mecánicos como garruchas, perfil estructural, chapa metálica, tolvas del prototipo se calcularon, diseñaron y seleccionaron teóricamente y verificados mediante la modelación en el software SolidWorks conjuntamente con su respectiva simulación para verificar tanto un adecuado funcionamiento como garantizar un factor de seguridad de la bancada dentro de un rango aceptable para su construcción. Se concluye que el prototipo de máquina lavadora de tubérculos producidos en la zona centro es válido, obteniendo una máquina que satisface las necesidades de lavado de este tipo de productos.

Palabras claves: <MÁQUINA LAVADORA DETUBÉRCULOS> <PROTOTIPO>
<COMPONENTES MECÁNICOS> < MOTORREDUCTOR> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>.

1477-DBRA-UTP-2022



SUMMARY

This technical project aimed to design and simulate a washing machine for tubers produced in the country's central zone, It focused on an acquisitive market of small and medium-sized producers seeking to industrialize their processes and have a higher profit margin by offering clean products. Several bibliographic references from various authors were compiled. Additionally, machinery already built was analyzed, and with this, the fundamental design parameters were established, and the characteristic of workload capacity of 67.5 Kg was taken. In addition to this, the technical specifications allowed configuring the prototype dimensions together with the recommendations of the UNE S30400 standard for food-grade machines. The method of analysis of alternatives and house of quality was used. It provided a weighting for the selection of options so that the standards of the voice of the user and the voice of the engineer can be met. An optimal mechanism for power transmission by flat belts was determined, with the application of a geared motor as the main driving element with a power of $\frac{1}{4}$ HP. The structure or bed of the machine was designed based on the average height in our country. The mechanical components such as pulleys, structural profile, sheet metal, and prototype hoppers were calculated, designed, and selected theoretically and verified by modeling in Solid Works software together with their respective simulation to verify both proper operations and guarantee a safety factor of the bench within an acceptable range for your construction. It is concluded that the prototype washing machine for tubers produced in the central area is valid, obtaining a device that meets the washing needs of this type of product.

Keywords: <TUBERCLE WASHING MACHINE> <PROTOTYPE> <MECHANICAL COMPONENTS> <GEAR MOTOR> < SOLIDWORKS SOFTWARE>



Lcda. Sandra Leticia Guijarro P. Mgs
C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP), la producción de papa en Chimborazo bordea las 113.588 toneladas métricas por hectárea. La provincia tiene una superficie cosechada de 7.241 ha y un rendimiento del cultivo promedio de 15,3 toneladas métricas por hectárea.

Esto la convierte en una de las principales productoras del tubérculo en el país, junto a Tungurahua, Carchi y Sucumbíos. En Chimborazo se cultiva la papa en los nueve cantones, especialmente en Riobamba, Colta y Guamote.

Estos datos nos permiten corroborar que nuestra provincia está ubicada como una zona altamente agrícola por lo que es necesaria industrializar ciertos procesos para poder llegar ya sea al comerciante o al consumidor con cierto plus que le permita al productor aumentar sus ganancias.

Es por esto que se ha visto la necesidad de poder plantear el diseño de una maquina lavadora de tubérculos que facilite el proceso ya que para poder llevar a cabo el mismo se requiere de mucho esfuerzo físico además de una cantidad muy alta de agua.

Actualmente en nuestro país no se tienen máquinas domésticas o a pequeña escala lo que se puede considerar como una oportunidad de poder entrar en este mercado y poder aportar en el desarrollo económico y productivo de nuestro país.

CAPÍTULO I

1. Marco referencial

1.1 Antecedentes

En el mundo actual, el avance tecnológico hace que las industrias ejecuten sus procesos productivos y de comercialización de forma tecnificada, en la industria agrícola la tecnificación de los procesos productivos mejora la productividad y reduce los tiempos de operación, dejando atrás los procesos obsoletos y manuales que incurrían en gastos de tiempo y recursos que podrían ser optimizados beneficiando a la economía empresarial. (Gómez, 2016)

En los países con gran adelanto tecnológico es común encontrar maquinaria para labores agrícolas, los productores buscan tecnificar los procesos para satisfacer la demanda que cada vez se incrementa acorde al aumento de la densidad poblacional mundial, tecnificar la producción significa mejorar la calidad, aumentar la producción, incrementar las ganancias, disminuir los tiempos de manufactura y satisfacer las necesidades de los consumidores. (Tituaña, 2007)

Las compañías alimentarias que lideran el consumo de tubérculos de raíz no limitan inversiones para fortalecer sus procesos, buscando mejorar su maquinaria, este es el caso de máquinas lavadoras de rábano, mellocos, ocas, remolacha entre otras, lo que las mantiene como compañías líderes. Este tipo de máquina existe en países del primer mundo como Asia, Europa y de la misma manera en América del Norte, únicamente es necesario acceder a una página web y realizar el pedido para que nos llegue a la puerta de nuestro hogar. (Gómez, 2016)

En América del Sur específicamente en el Ecuador, existe este tipo de maquinaria para todo tipo de tubérculos, su inconveniente es que su capacidad es para grandes empresas, en donde los pequeños productores y empresas medianas no pueden acceder a ellas por sus onerosos costos que los hacen inalcanzables.

Los tubérculos de raíz, como rábano, mellocos, ocas, remolacha entre otros se han posicionado en su consumo a nivel mundial, estos alimentos tienen propiedades nutricionales únicas que hace que se los utilice para prepararlos en su estado natural o como materia prima para un sinnúmero de utilidades incluso fuera de la alimenticia, y sobre cada una de estas aplicaciones existen oportunidades de mejora constante. (Barreto, 2018)

La provincia de Chimborazo se caracteriza por eminentemente agrícola, en donde los tubérculos de raíz ocupan un lugar importante en los consumidores, sin embargo, este segmento del mercado está constituido por pequeñas y medianas industrias en pleno proceso de crecimiento, que

encuentran muchas barreras para el posicionamiento competitivo en el mercado, dentro de estos obstáculos tenemos la baja eficiencia de sus procesos productivos, así como la incorrecta calidad en sus productos, razón por la que estas pequeñas empresas buscan dejar de lado métodos de producción obsoletos, inseguros, ineficientes, insalubres y están demostrando que los procesos productivos de calidad no solo están disponibles para las grandes compañías.

Con estos antecedentes, se aborda el problema de las deficiencias en la cadena productiva específicamente en la cadena de distribución, que entregan tubérculos sucios o mal lavados, es aquí donde se prevé el diseño de una máquina de lavado de tubérculos de raíz, que permitan el mejoramiento de la calidad, el aumento de la producción y la disminución de tiempos de manufactura.

En este orden de cosas el ingeniero mecánico no es ajeno a la problemática, gracias a que su formación académica además de técnico-científica incluye el acercamiento a la colectividad, hace que su constante labor busque el mejoramiento incesante de sus conocimientos, los cuales son perfectamente aplicables en el desarrollo del sector agroalimentario.

1.2 Delimitación

1.2.1 Delimitación espacial

El trabajo de investigación se desarrollará en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, aplicando los conocimientos adquiridos en los años de estudio en la asignatura de diseño mecánico.

1.2.2 Delimitación temporal

El tiempo necesario para realizar el diseño de la máquina lavadora de tubérculos, en el periodo de 16 semanas correspondiente a 4 meses.

1.2.3 Delimitación sectorial

La delimitación sectorial del presente estudio corresponde al área de mecánica, en el sector de maquinarias industrial.

1.3 Formulación del problema

¿De qué forma se puede diseñar y modelar una máquina lavadora de tubérculos de raíz, mediante el software CAE?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y modelar una máquina lavadora de tubérculos de raíz producidos en la zona centro del país, mediante el software CAE

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el estudio del estado del arte enfocado en un correcto desarrollo del estudio y diseño de la máquina.
- Diseñar y seleccionar los elementos constitutivos de la máquina lavadora de tubérculos de raíz.
- Modelar y validar la máquina lavadora de tubérculos de raíz, mediante software CAE.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Diseño

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria (Barreto, 2018).

Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas.

El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente de muchas disciplinas. Éstas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas (Barreto, 2018).

2.2 El diseño mecánico

Según Tech (2021), es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica; piezas, estructuras, mecanismos, máquinas, dispositivos e instrumentos diversos. En su mayor parte el diseño hace uso de la matemática y la física (cinemática, estática, dinámica y resistencia de materiales), pero existen muchas otras materias a considerar: el dibujo, la economía, la metalurgia, la termodinámica y la transmisión de calor, la mecánica de los fluidos. El diseño puede ser simple o enormemente complejo, fácil o difícil, matemático o no matemático, y puede implicar un problema trivial o uno de gran importancia.

De acuerdo con el diseño mecánico se define como un proceso iterativo de toma de decisiones cuyo objetivo es la creación u optimización de un sistema o dispositivo para satisfacer un deseo o necesidad humana, esta definición incluye muchas ideas clave que caracterizan al diseño mecánico ya que permite observar el enfoque del diseñador y del cliente. (TECH, 2021)

2.2.1 El proceso de diseño

El proceso de diseño es complejo y requiere de múltiples iteraciones para asegurar que se alcanza el objetivo propuesto. Es un proceso de vital importancia, ya que, si su cumplimiento de por sí no garantiza que el resultado sea un éxito, en el caso de no seguirlo, se puede asegurar que muy difícilmente el resultado sea satisfactorio para las partes implicadas. (Norton, 2011)

2.2.2 Fases del proceso de diseño

De acuerdo con Robert L. Norton, en su libro *Diseño de maquinaria*, McGraw Hill, el proceso de diseño se compone de las siguientes 10 fases.

Fase 1:

Identificación de necesidades, que consiste en asegurarse que se ha identificado el problema al que se quiere dar solución y las opciones aceptables por el usuario.

Fase 2:

Investigación preliminar, consiste en buscar información y realizar un benchmarking, que permita conocer las mejores opciones para resolver la necesidad expuesta en la fase anterior.

Fase 3:

Planteamiento de objetivos, está claro que un diseño no puede cubrir todas las posibles necesidades de un usuario, por el tanto, es importante fijar unos objetivos claros y realistas que debe cumplir el diseño.

Fase 4:

Especificaciones de desempeño, que definen lo que el diseño debe ser capaz de hacer, definiendo valores numéricos que son capaces de ser medidas y comprobadas; pueden servir como especificaciones contractuales.

Fase 5:

Ideación e invención, es la fase creativa del proceso, en la que el ingeniero mecánico va a inventar la solución, basándose en la investigación preliminar y asegurando que cumple los objetivos del proyecto, las especificaciones definidas en el contrato y, sobre todo, que resuelve las necesidades del usuario.

Fase 6:

Análisis, consistente en analizar el problema y plantear posibles soluciones, utilizando teorías físicas, procesos químicos y cálculos matemáticos, para plantear soluciones preliminares que pueden ser capaces de cumplir con los objetivos planteados.

Fase 7:

Selección, consistente en aplicar criterios de decisión que permitan seleccionar la mejor opción para cumplir con las especificaciones de desempeño y con los objetivos de acuerdo con el cliente.

Fase 8:

Diseño detallado, se trata de continuar con el análisis de la solución escogida hasta llegar al nivel de detalle necesario que permita su fabricación y utilización.

Fase 9:

Creación de prototipos y pruebas, aunque la modelización que se pueda realizar en las fases de análisis y de diseño detallado dé resultados satisfactorios, es importante construir prototipos y realizar las pruebas necesarias para asegurar que el resultado cumple, en las condiciones de trabajo, con las especificaciones de desempeño definidas.

Fase 10:

Producción, una vez que se ha comprobado que el diseño resuelve satisfactoriamente la necesidad planteada por el usuario se procede a la producción de las unidades necesarias, ya sean estos productos únicos o grandes fabricaciones en serie

2.2.3 Objeto del diseño mecánico

Para hablar de un elemento creado desde cero o mejorar un diseño existente el objetivo del diseño mecánico es proveer siempre la mejor opción o combinación de dos factores:

- 1) Selección del mejor material posible y
- 2) Determinación de la mejor geometría para cada elemento, como primer paso de iteración para poder asegurar una resistencia y vida útil apropiada en base a cargas, ambiente de uso y posibles fallos que puedan ocurrir en su aplicación.

A su vez estos criterios deben ir apoyados de otros factores ajenos al diseño que puedan influir en el proceso creativo del sistema o elemento mecánico para asegurar un rendimiento óptimo, estos criterios son: rendimiento, vida útil, peso, costo, eficiencia y seguridad los cuales poseen de igual manera un peso en la toma de decisiones haciendo que el proceso iterativo sea un paso fundamental del diseño. (Bernal, 2016)

2.4 Sistemas de manufactura virtual (MV)

Se entiende como manufactura virtual el sistema donde los modelos de objetos de manufactura, procesos, actividades y principios se desarrollan en un entorno basado en computador para incrementar uno o más atributos del proceso de manufactura. (Orejuela, 2014)

El término manufactura virtual (MV) es reciente y su aceptación ha sido difícil, en comparación con el prototipado virtual. Sin embargo, diversos investigadores han publicado trabajos que muestran resultados satisfactorios sobre el tema.

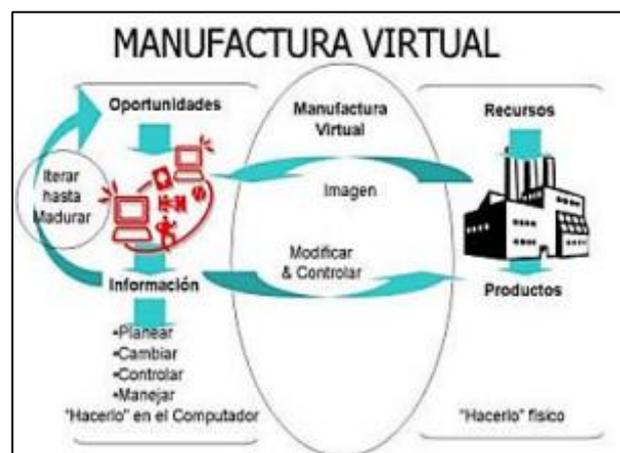


Figura 1-2: Proceso de manufactura virtual
Fuente: Orejuela (2014)

Para Orejuela (2014) Manufactura virtual puede ser entendida como un sistema donde los modelos de objetos de manufactura, procesos, actividades y principios se desarrollan en un entorno basado en computador para incrementar uno o más atributos del proceso de producción.

Manufactura virtual puede ser descrita como un modelo simulado de la configuración actual de manufactura, que puede o no existir. Esta mantiene toda la información relacionada tanto en control como en gestión, además de los datos específicos del producto. Es posible tener parte de la planta de manufactura real y otra parte virtual.

2.4.1 Software CAD CAM

CAD.

Las siglas CAD, acrónimo de Computer Aided Design que significa Diseño Asistido por Computadora y como tal es una herramienta, actualmente, indispensable para las empresas dedicadas a la manufactura y como su nombre lo dice asisten de manera muy confiable en el diseño de piezas mecánicas.

CAD/CAM significa diseño asistido por computadora y manufactura asistida por computadora. El software CAD/CAM se usa para diseñar y manufacturar prototipos, productos terminados y tiradas de producción. Un sistema con CAD/CAM integrado ofrece una solución completa desde el diseño a la manufactura. (AUTODESK, 2021)

Las aplicaciones CAD/CAM se utilizan para diseñar un producto y para programar los procesos de manufactura, especialmente el mecanizado por CNC. El software CAM (inglés) usa los modelos y ensamblajes creados en el software CAD para generar trayectorias de herramientas que dirijan las máquinas encargadas de convertir los diseños en piezas físicas. El software CAD/CAM se usa para diseñar y manufacturar prototipos, piezas terminadas y tiradas de producción.

Se trata de software que hace de **punto de unión entre la tecnología CAD** (*computer-aided design*, responsable de los diseños de planos 2D y 3D de piezas que conocemos) **y el lenguaje de programación de las máquinas-herramienta** (las líneas de palabras CNC que dan instrucciones cuando forman frases) para fabricar las piezas diseñadas. El CAM utiliza los modelos y ensamblajes creados en el software CAD para generar las trayectorias de las herramientas dirigidas por las máquinas, y así convertir los diseños en planos virtuales en partes físicas (Ferro, 2019).

Entonces, la idea se transfiere al software CAD – CAM. En una primera etapa, el software muestra una imagen tridimensional del elemento que se desea realizar. Luego, el diseñador, a través de su experiencia, modifica la idea con la ayuda del software, hasta madurar en un punto de satisfacción. Paso seguido, se genera la rutina de mecanizado agregando toda una serie de parámetros de manufactura. Finalmente, se obtiene la materialización de los elementos en la industria, que es la que posee los recursos disponibles y para quien se genera el producto deseado, a esto se lo llama “Hacerlo físico”.

La Manufactura Virtual permite la combinación de las ventajas de ambos ambientes, el diseñador tiene la facilidad de probar el mecanizado de la pieza en el mismo espacio donde la diseña. Así,

el diseño y mecanizado virtual de la pieza que se está creando se puede realizar en el computador con las fases intermedias como posicionamiento y reglaje.

2.4.1 Interfaz de los sistemas CAD-CAM

En la actualidad, existen varios programas de diseño CAD – CAM – CNC, que permiten al usuario, ya sea estudiante, trabajador o empresa, una fácil y rápida simulación acerca del proceso de fabricación que se va a requerir para realizar algún producto. Lo fundamental, es adquirir el software adecuado con todas las herramientas disponibles que no restrinjan la realización del mismo.

En la fig. 2 se observan los niveles de inicio de los softwares CAD (líneas rojas entrecortadas) que permiten diseñar una pieza, los mismos pueden ser visualizados en 2D o en 3D. Los archivos pueden guardarse mediante extensiones DXF, IGES, entre otros. El software CAM tiene la capacidad de traducir las extensiones de los archivos CAD haciendo uso de su interfaz gráfica de comunicación.

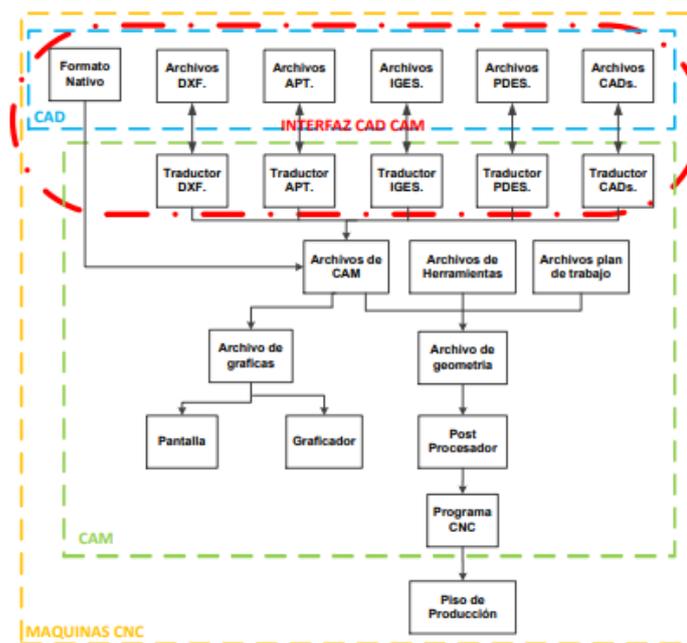


Figura 2-2: Interfaz del software CAD-CAM
Fuente: Orejuela (2014)

2.4.2 Ventajas del uso del software CAD-CAM

El mecanizado CAM ha simplificado mucho el proceso de programación en el mecanizado, al requerir solamente que el operario especifique en el software las opciones

de mecanizado a llevar a cabo para volcar las frases y programas en código g-code'. Esto ha supuesto numerosas ventajas para las empresas de mecanizado: (Ferro, 2019)

- **Intervención mínima del operario**, algo que revierte en un ahorro en costes de personal (aunque requerirá formación adicional) y una mayor seguridad (al intervenir menos en el funcionamiento mecánico de la máquina, se reduce el riesgo de accidentes).
- **Mayor precisión en la pieza terminada**, ya que, al contar con la precisión del diseño CAD y de la ejecución del CAM, hay menos margen de error que haciéndolo a mano como se hacía antes. Se pueden hacer trabajos complejos.
- **Menor desperdicio de material**, al usar muchas veces sólo la cantidad justa y necesaria de materia prima en la ejecución del diseño, algo que también revierte en un mayor ahorro energético y por lo tanto económico y medioambiental.
- **Mayor flexibilidad en los proyectos**, al permitir cambiar proyectos sólo cargando los cambios de un documento modificado con CAD.
- **Mayor automatización y rentabilidad**, al ocasionar una mayor producción en un tiempo menor, por requerir menos intervención del operario.

2.5 Lavadora de tubérculos

2.5.1 Maquinaria empleada en el lavado de tubérculos de forma industrial

De acuerdo con Bach y Custodio (2018, p. 35), los tipos más utilizados de máquinas industriales que funciona a base de combustible o gasolina y también con energía eléctrica en el proceso de lavado de tubérculos, en especial para los tubérculos pudiendo esta actividad realizar dentro de una asociación, empresa o en los mismos terrenos que se están cultivando son:

- Máquina de lavado con tanque giratorio.
- Máquina de lavado con rodillos.
- Máquina de lavado con eje central.

2.5.2 Tipos de máquinas lavadoras de tubérculos

En la actualidad existen varias máquinas que permiten lavar los tubérculos, todas ellas dedicadas para el área industrial y alimenticia, ya que son de gran tamaño y capacidad de lavado, por ello poseen un elevado costo para la adquisición de pequeños productores, dando lugar a la realización de esta actividad de forma manual. Dentro de las máquinas de lavado se encuentra algunos tipos de máquinas:

- a) Máquina de lavado con tanque giratorio.
- b) Máquina de lavado con rodillos.
- c) Máquina de lavado con eje central.
- d) Máquina de lavado con cepillos.

a) Máquina de lavado con tanque giratorio.

Como bien lo dice su nombre este tipo de máquinas para el proceso de lavado lo realiza mediante el movimiento del tanque en el cual se encuentra el producto a lavar. Ventajas y desventajas de la máquina de lavado con tanque giratorio.

Ventajas

- 1) Buena limpieza del tubérculo
- 2) Tiempo corto de lavado.
- 3) Lavado de tubérculos de distintos tamaños.

Desventajas

- 1) Poca carga para el proceso de lavado
- 2) Daño del tubérculo, porque el tanque posee aberturas u orificios en todo su cuerpo.
- 3) Mayor fuerza de máquina para el lavado y movimiento del mismo.
- 4) Dificultad para desmontaje y mantenimiento.

- Máquina de lavado con tanque giratorio

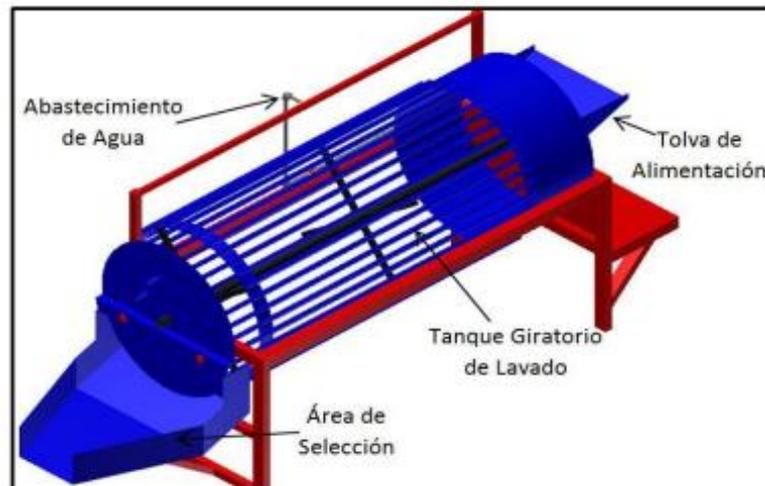


Figura 3-2: Máquina de lavado con tanque giratorio
Fuente: Yandún Bolaños (2020)

b) Máquina de lavado con rodillos.

Para este tipo de máquinas de lavado, se requiere de rodillo, mismos que están dispuestos en forma longitudinal dentro del tanque de lavado, y para otros modelos los rodillos se encuentran de forma transversal utilizándoles como banda transportadora, con ventajas y desventajas que se describen a continuación.

Ventajas

1. Buena limpieza del tubérculo.
2. Tiempo corto de lavado.

Desventajas

1. Poca carga para el proceso de lavado.
2. Lavado de tubérculos de tamaño estándar, tubérculo de diámetro en corona de 4 a 6 cm y largo entre 12 a 16 cm.
3. Dificultad para desmontaje y mantenimiento.
4. Dificultad para el transporte.

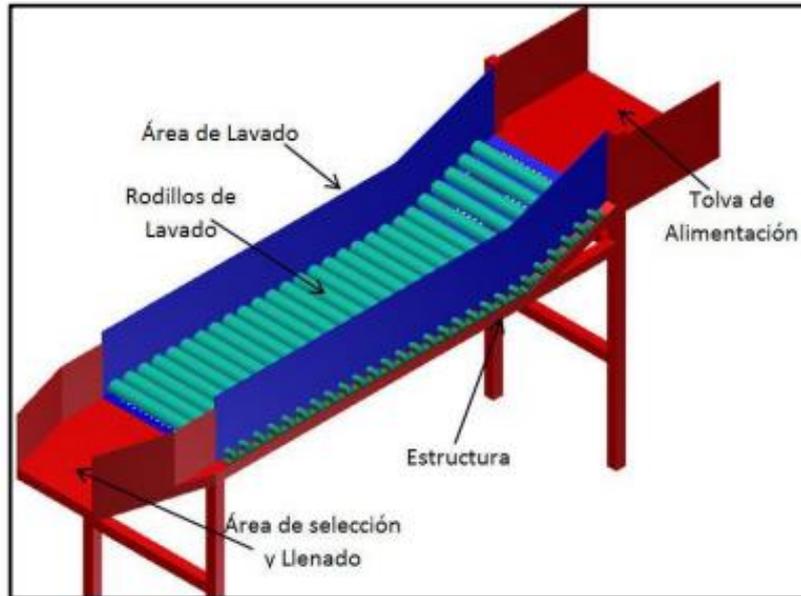


Figura 4-2: Máquina de lavado con rodillos
Fuente: Yandún Bolaños (2020)

c) Máquina de lavado con eje central.

Este tipo de modelo de máquinas poseen un eje en la parte central, este eje central tiene unidos partes de tubo, formando una cruz y distribuidos a lo largo del eje central, dichas partes son las que golpean a los tubérculos en el lavado, las ventajas y desventajas se describen a continuación.

Ventajas

1. Buena limpieza de la hortaliza.
2. Poco daño a la hortaliza.
3. Mayor capacidad de lavado.
4. Tiempo corto de lavado
5. Fácil desmonte y mantenimiento.
6. Variedad de tamaño para el lavado.

Desventajas

1. Dificultad para el transporte.

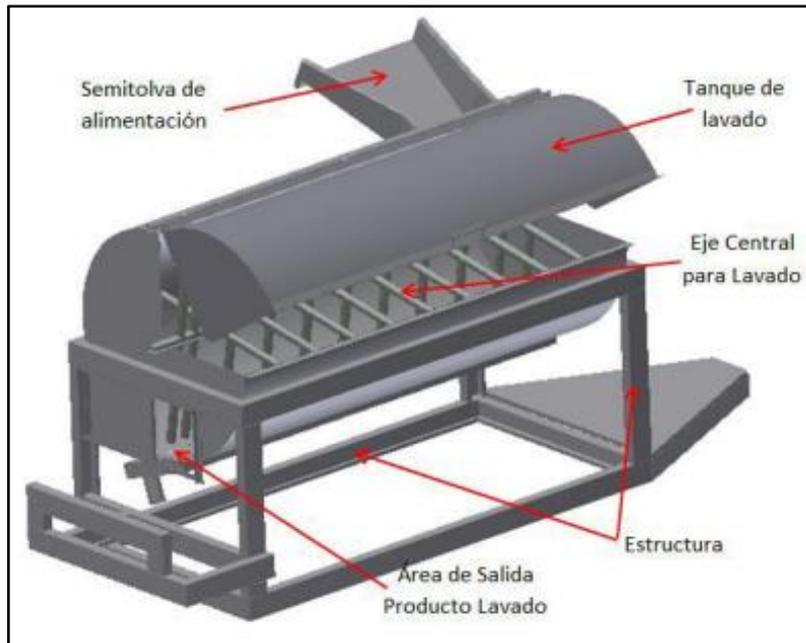


Figura 5-2: Máquina de lavado con eje
Fuente: Yandún Bolaños (2020)

d) Máquina de lavado con cepillos.

Este modelo de máquina está constituido por una banda transportadora la que permite el transporte del producto lavado y cepillos de forma cilíndrica, los mismos que se encuentran de forma secuencial, quienes permiten limpiar el producto a lavar, a continuación, se describen las ventajas y desventajas.

Ventajas

1. Buena limpieza de la hortaliza.
2. Lavado de excelente calidad ya que los cepillos al ser flexibles entran en todas las cavidades que conforman la hortaliza.
3. No requiere de mucha agua.
4. Puede ser directamente empacado.
5. El fruto no es maltratado por abrasión, dado que las impurezas decantan por gravedad.
6. Tiempo corto de lavado.

Desventajas

1. Lavado de tubérculos de tamaño estándar
2. Dificultad para desmontaje y mantenimiento.
3. Es necesario de un cambio periódico de cepillos.
4. Se debe tener cuidado al momento de la alineación de los sistemas de transmisión.



Figura 6-2: Máquina de lavado con eje cepillos
Fuente: Yandún Bolaños (2020)

2.5.3 Características que condicionan la selección de la mejor alternativa

a) Seguridad de la máquina. Se valora los peligros que puede presentar la máquina al momento de su puesta en marcha para el proceso de lavado de los tubérculos.

b) Calidad de lavado del producto.

Se determina la calidad tubérculo posterior al lavado, se verifica la calidad de limpieza que presenta al final del lavado.

c) Calidad del tubérculo.

Se evalúa las condiciones en las cuales sale el producto posterior al lavado, se revisa la corteza del producto para determinar el tipo de daño que puede presentar.

d) Facilidad para la operación. Se evalúa las condiciones, que presenta la máquina para su funcionamiento, su complejidad para operarle, las cuales pueden ser mecánicas, digitales o una combinación de ambas.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Diseño de elementos a construirse y selección de elementos normalizados

3.1 Planteamiento del problema

Problematización: Origen y descripción del problema.

La industria de la agricultura tanto en la zona centro del país donde estamos ubicados y como en el Ecuador que crece a pasos agigantados ya que día tras día la población aumenta y la necesidad de comida es imperiosa, los tubérculos que son una porción esencial de una dieta balanceada del ser humano son producidos en grandes cantidades en nuestro país y en nuestra zona, razón por la cual se ve la necesidad de una máquina lavadora de los mismos que llegue a los pequeños y medianos productores para que estos puedan entregar productos ya lavados y su margen de ganancia crezca , además cabe recalcar que una gran mayoría de usuarios hoy en día hacen sus compras en grandes cadenas de supermercados los cuales exigen productos de calidad y por supuesto ya limpios para lo que esta máquina sería un excelente aporte en las finanzas del productor.

3.1.1 Determinación de parámetros de diseño.

3.1.1.1 Parámetros de diseño.

Para determinar los parámetros de diseño se parte de la producción de tubérculos de la zona donde se desea implementar la máquina, un buen sector sería las producciones de las zonas rurales de Riobamba como son los sectores de Gatazo donde diariamente se puede observar grandes camiones cargados de lavadora de tubérculos que se proceden a lavar en las lavadoras de lavadora de tubérculos comunitarias ubicadas en la zona de la Cemento Chimborazo.

Partiendo de este dato se puede decir que en la zona se lavan alrededor de unos 1000 quintales al día los cuales son vendidos a los diferentes comerciantes ya sean de mercados mayorista o entregas listas para cadenas de supermercados.

3.1.1.2 Parámetros funcionales.

Un diseño adecuado debe satisfacer y cumplir la función para la cual la máquina está diseñada para lo cual se debe tomar en cuenta los requerimientos y además ciertas restricciones o limitaciones.

3.1.1.3 Requerimientos funcionales.

- La máquina debe realizar el lavado de diversos tipos de tubérculos de una manera adecuada.
- La máquina debe trabajar de una manera armónica en cualquier situación siempre que no exista sobrepeso de su capacidad.
- Dado que dicha máquina va a trabajar con alimentos esta debe cumplir y regirse al menos a una norma que dicte especificaciones de máquinas de manipulación de grado alimentario.
- La máquina debe ser de fácil operación, portable, así como de fácil montaje y desmontaje para que el proceso de lavado pueda llevarse a cabo de una manera adecuada y con la mayor comodidad posible para el usuario que la vaya a utilizar.

3.1.1.4 Restricciones y limitaciones.

Se debe tener en cuenta que la máquina debe cumplir con todos los requerimientos específicos bajo los cuales va a ser diseñada, así como el de estar apta para funcionar en cualquier condición física y climática, razón por la cual es necesario imponernos ciertas restricciones y limitaciones.

- Por el gran volumen de producción de tubérculos ya sea en nuestra zona o en cualquier zona del Ecuador la capacidad de la máquina debe ser como mínimo de 1 quintal y medio (67.5 Kg).
- El diseño y construcción de cada elemento constitutivo de la máquina se lo realizará con materiales disponible en el mercado nacional.
- El motor seleccionado de la máquina deberá ser de 110 V.
- Las dimensiones de la máquina deben ser las óptimas para el ecuatoriano promedio.

3.1.1.5 Ambiente de trabajo.

Este es un punto muy importante ya que nos va a indicar en qué condiciones va a trabajar nuestra máquina como son humedad, temperatura y un dato muy importante tiempo de uso y arranques en el día.

3.1.2 Determinación de las especificaciones de la máquina

Como es conocido la máquina debe cumplir con los requerimientos necesarios para que pueda satisfacer las necesidades para las que está siendo diseñada.

3.1.2.1 Matriz QFD (Quality Function Deployment)

La matriz QFD o también conocida como casa de la calidad es una de las técnicas que hoy en día más se usan para poder llegar a obtener un diseño adecuado de cualquier producto ya que nos permite sistematizar los requerimientos o deseos del usuario hasta lograr definir las características de calidad necesarias, su objetivo es la obtención de una calidad de diseño traduciendo las necesidades del usuario en características técnicas y de calidad.

Para la elaboración de la matriz QFD se requiere, conocer la voz del cliente, en el cual se da a conocer las características y requerimientos del producto, estos criterios son traducidos por el diseñador, e interpretadas técnicamente. Y finalmente se evalúan los criterios técnicos para así determinar los que tienen mayor influencia en el diseño. (RIVA, 2002 pág. 177).

3.1.2.2 Voz del usuario

De acuerdo con la voz o requerimientos del usuario la máquina debe cumplir con los siguientes requerimientos.

- Fácil manejo.
- Alimentación manual.
- Mantenimiento mínimo.
- Capacidad de la máquina.
- Limpieza sencilla.
- Materiales accesibles y económicos.
- Mínimo número de operadores de la maquinaria.
- Sistema rotatorio.

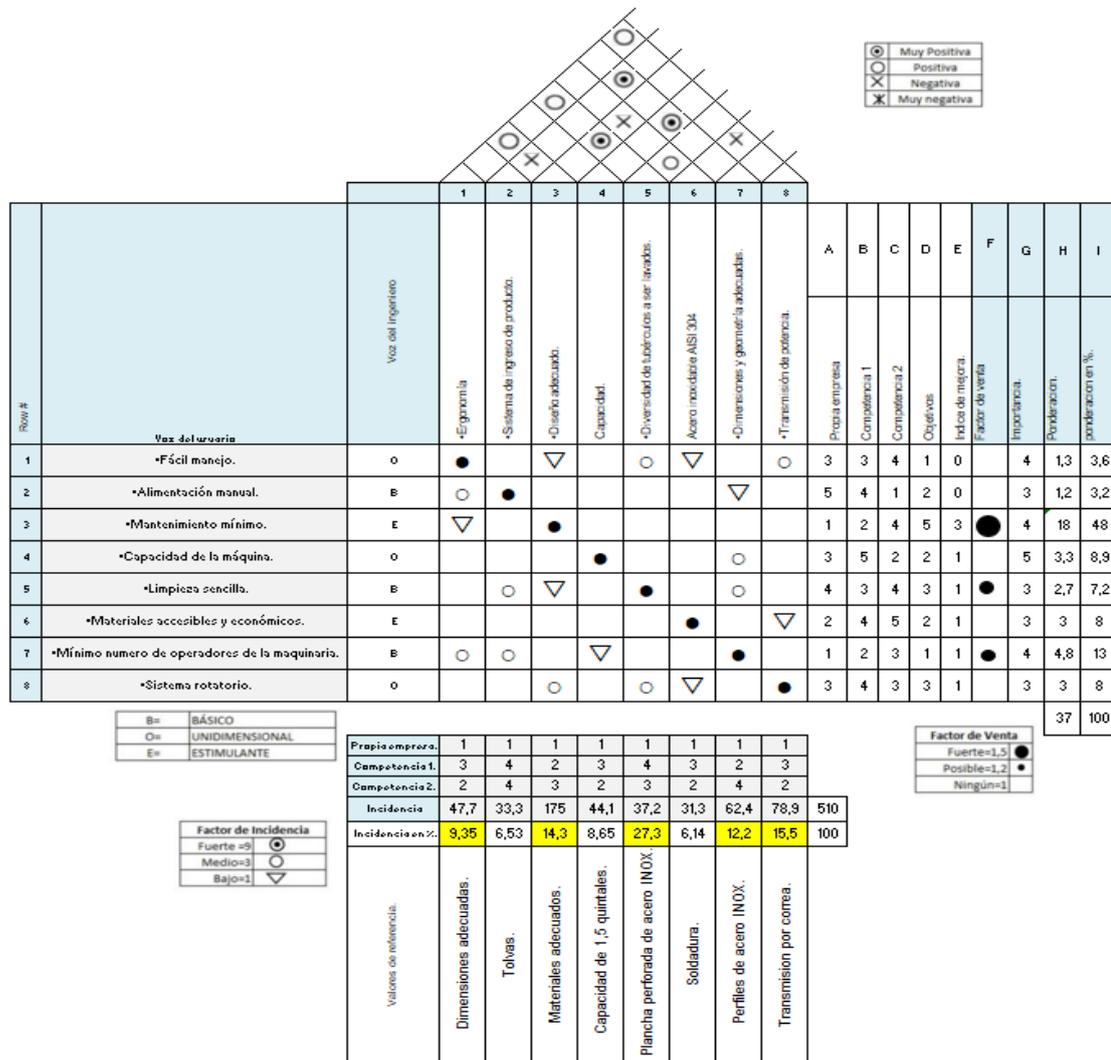
3.1.2.3 Voz del ingeniero

Ya que el usuario ha dado su voz el ingeniero analiza sus requerimientos y los traduce a un lenguaje técnico y apto para el diseño.

- Ergonomía acorde al estándar de tamaño de la región.
- Sistema de ingreso de producto.
- Diseño adecuado.
- Máquina con capacidad para 1.5 quintales.
- Diversidad de tubérculos a ser lavados.
- Materiales adecuados. Acero inoxidable AISI 304 (grado alimentario según norma).
- Dimensiones y geometría adecuadas.
- Transmisión de potencia.

3.1.2.4 Matriz QFD

A continuación, se presenta la matriz QFD desarrollada, propuesta realizada en base a las recomendaciones del Dr. Charles Riba.



- **Plancha perforada INOX.** Se puede ver que el material más adecuado para el diseño de la máquina es la plancha perforada de acero INOX ya que nos presenta el mejor sistema de retención del contenido.
- **Perfiles de acero INOX.** Estos perfiles son los adecuados para el diseño de la máquina para que garantice una duración adecuada ya que el medio de desarrollo de la máquina será de humedad constante y abundante.
- **Transmisión por Correas.** Para la máquina en desarrollo se puede decir que le mejor medio de transmisión de potencia sería por correas debido a su material que es resistente al agua y por su gran eficiencia, además que es lo más adaptable a un tambor de giro de lavado.

3.1.3 Especificaciones técnicas de la máquina.

La matriz QFD permite recoger los primeros lineamientos o las especificaciones técnicas base de la máquina a desarrollarse.

Tabla 1-3: Especificaciones técnicas base de la máquina.

EMPRESA/CLIENTE: ESPOCH.		PRODUCTO: MÁQUINA LAVADORA DE TUBÉRCULOS.	FECHA INICIAL: 20-10-2021
			ULTIMA VERSIÓN: 14-02-2022
DISEÑADOR: ROJAS S.			PAGINA 1.
ESPECIFICACIONES BASE.			
CONCEPTO	PROPONE	R/D	DESCRIPCIÓN.
FUNCIÓN		R	VELOCIDAD DE GIRO DEL TAMBOR ENTRE 7 Y 10 rpm.
DISEÑO		R	TRANSMISION DE POTENCIA.
MATERIALES		R	ACERO INOXIDABLE AISI 304.
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.		R	DIVERSIDAD DE PRODUCTOS, LOS TAMAÑOS VARÍAN ACORDE AL TIPO DE ESTE.
		D	TIEMPO DE PUESTA EN MARCHA MAX DE 10 s.
VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO		D	CONFIABILIDAD DE LA MÁQUINA ENTRE EL 85 Y EL 95%.
		R	FÁCIL MANTENIMIENTO, ALREDEDOR DE UNO POR SEMANA LABORAL.
ENERGÍA.		R	ENERGÍA ELÉCTRICA A 110V.
DIMENSIONES.		D	LA ALTURA MÁXIMA DE LA ESTRUCTURA OSCILARA ENTRE LOS 1.75 Y LOS 2.1 m.
		R	LA CAPACIDAD DE CARGO DEBE SER MÍNIMO DE 1.5 QUINTALES (67.5 Kg)
SEGURIDAD Y ERGONOMÍA		D	UBICACIÓN ADECUADA DE LOS ELEMENTOS.
		R	TOLVAS A UNA ALTURA PROMEDIO.
PROPONE: U=USUARIO, D=DISEÑADOR.			
R/D: R= REQUERIMIENTO, D=DESEO.			

Realizado por: Rojas Santiago, 2021.

3.1.4 Metodología y especificaciones del diseño

Ante la necesidad de diseñar y simular una máquina lavadora de tubérculos, se establecen una serie de requerimientos que se deben satisfacer con el diseño a realizar, por lo tanto, en este paso se fundamentaran las necesidades a cubrir tomando en cuenta todos los detalles como son dimensiones, materiales, operaciones, comportamiento y tipo de máquina que ya tenemos como base de la matriz QFD.

Entonces el sistema debe ser capaz de llevar a cabo el correcto lavado de una variedad de tubérculos como pueden ser papas, lavadora de tubérculos, remolachas, etc.

Este proceso debe realizarse en un periodo de tiempo mucho menor al que un ser humano sería capaz de hacerlo, se espera que la máquina lo realice en un tiempo de 8 minutos aproximadamente que es muy acertado puesto que una persona promedio lo hace en alrededor de 35 minutos, además es un gran sistema de ahorro de líquido vital.

Los materiales por utilizar deben ser los adecuados para soportar el peso de la carga que en este caso será de 1.5 quintales o 67.5 kg, además deben soportar el flujo de agua sin verse afectados.

La capacidad antes mencionada se la escogió con el único afán de que la máquina esté al alcance de los pequeños productores y además pueda ser transportable.

En cuanto a la higiene de la máquina se requiere que el agua derramada por la misma se pueda recoger y de esta manera pueda ser reutilizada en los regadíos porque no sería agua que afecten a los mismos.

La máquina trabajará de forma horizontal para que la gravedad actúe de forma que la estabilidad de la máquina no se vea afectada.

En lo referente al suministro del tubérculo se requiere de una tolva de alimentación bajo estándares de ergonomía y al promedio de altura en nuestro país que es de 1.65 m.

3.1.4.1 Principio básico de funcionamiento

Es de suma importancia mostrar un esquema del funcionamiento de la máquina, para esto es preciso la presentación del siguiente diagrama en donde se muestran los pasos primordiales y básicos del funcionamiento de la máquina.



Gráfico 1-3: Diagrama de flujo de proceso
Realizado por: Rojas Santiago, 2021.

Como se mencionó el usuario deberá colocar los tubérculos en la tolva de alimentación y luego procederá a encender la máquina.

La fuente de alimentación debe ser eléctrica, de esta manera la máquina se vuelve un instrumento de fácil mantenimiento y ubicación.

La máquina va a constar de operaciones relativamente sencillas pero que requieren de cuidado y atención al momento de diseñar para no tener inconvenientes.

En el presente trabajo de integración curricular se tendrá en cuenta el diseño concurrente que es el tipo de diseño que nos permite tener un producto terminado más óptimo, con mejores características y en el menor tiempo posible. La metodología para el diseño y simulación de la máquina lavadora de tubérculos se detalla en la siguiente figura.

3.1.5 Definición del producto

Referenciando al capítulo dos del presente trabajo de integración curricular en el cual se pueden observar los diferentes tipos de máquinas lavadoras de tubérculos y el sin número de componentes y formas de construirlas, además de los diversos tipos de investigaciones y más trabajos de investigación y además de la matriz QFD realizada en pasos anteriores lo que nos deja como resultado una gran cantidad de información útil que nos permite recoger los diversos parámetros para poder realizar el diseño adecuado de la máquina.

3.1.6 Método de evaluación de las soluciones

En las diferentes etapas del proceso de diseño, después de cada despliegue de alternativas, corresponde hacer una evaluación de las mismas que sirva de base para la posterior toma de decisiones. Estas evaluaciones en general no se centran sobre un determinado elemento, sino que se deben ponderar distintos aspectos del sistema en base a criterios que a menudo implican juicios de valor.

Para tomar una decisión siempre deben estar presentes los dos elementos siguientes:

- a) Alternativas. Como mínimo debe de disponerse de dos alternativas (lo más adecuado es entre 3 y 6) cuyas características deben ser diferentes.
- b) Criterios. Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas, así como también la ponderación relativa entre ellas.

Dado que en todas las soluciones de ingeniería intervienen múltiples aspectos que hay que considerar de forma global, en todos los métodos de evaluación aparece el problema de la ponderación de criterios. Existen numerosos métodos de evaluación que pueden agruparse en:

1. Métodos ordinales. El evaluador clasifica por orden las diferentes soluciones alternativas para cada criterio. El inconveniente de estos métodos consiste en la dificultad de integrar los resultados de los distintos criterios en una evaluación global, ya que no es sensible a las ponderaciones de los criterios.
2. Métodos cardinales. El evaluador debe cuantificar sus juicios con relación a la efectividad de las alternativas y a la importancia de los criterios. Estos métodos facilitan la integración de las evaluaciones parciales en un resultado global, pero a menudo la cuantificación puede resultar arbitraria, especialmente en las etapas iniciales de diseño.

Como podemos apreciar lo anteriormente citado por el Dr. Charles Riba es necesario analizar los diferentes opciones a diseñar para obtener el mejor producto que satisfaga la necesidad que se está tratando de cubrir por lo tanto como se manifestó en el capítulo anterior existen 3 tipos de máquinas de lavados de tubérculos las cuales procederemos a realizar el MÉTODO ORDINAL DE LOS CRITERIOS PONDERADOS propuesto por el Dr. Charles Riba, cabe recalcar además que cada una de estas opciones tienen sus subopciones de construcción tanto en material como forma.

3.1.6.1 Método ordinal corregido de criterios ponderados

La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por ello que se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los siguientes valores:

1 si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas

0,5 si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas

0, Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución).

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio

En lo citado anteriormente se describe el proceso de realización de este criterio que a continuación se llevará a cabo para poder escoger la mejor máquina.

Como sabemos existen 3 tipos de máquinas que son

- **SOLUCIÓN A Máquina de lavado con tanque giratorio.** - Este tipo de maquinaria es de las más versátiles y tiene varias opciones de construcción.
- **SOLUCIÓN B Máquina de lavado con rodillos.** - Esta máquina por su configuración es un poco costosa.
- **SOLUCIÓN C Máquina de lavado con eje central.** - Por lo general este tipo de maquinaria se la usa cuando a más de lavar se requiere cortar el tubérculo.

Entonces los valores a ponderar que se consideraron más determinantes fueron.

- a) Precio moderado ya que será adquirido por pequeños productores.
- b) Menor peso posible ya que la máquina está pensada en ser transportable y versátil.

- c) Método de construcción (Manufactura) accesible y con disponibilidad en el mercado nacional.
- d) Mantenimiento bajo ya que al ser adquirida por pequeños productores se requiere que la máquina sea de un mantenimiento fácil y rápido.

En consecuencia, a partir de estos datos iniciales se procede de la siguiente manera.

1. Evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 2-3: Evaluación del peso específico

PESO > MANUFACTURA > PRECIO = MANTENIMIENTO

CRITERIO	PESO	MANUFACTURA	PRECIO	MANTENIMIENTO	$\Sigma + 1$	PONDERACIÓN
PESO		1	1	1	4	0,4
MANUFACTURA	0		1	1	3	0,3
PRECIO	0	0		0,5	1,5	0,15
MANTENIMIENTO	0	0	0,5		1,5	0,15
SUMA					10	1

Realizado por: Rojas Santiago, 2021.

Evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio

Tabla 3-3: Evaluación del peso específico del criterio peso

SOL A > SOL B > SOL C

PESO	SOL A	SOL B	SOL C	$\Sigma + 1$	PONDERACIÓN
SOL A		1	1	3	0,5
SOL B	0		1	2	0,333333333
SOL C	0	0		1	0,166666667
				6	1

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Tabla 4-3: Evaluación del peso específico del criterio manufactura

SOL A > SOL C > SOL B

MANUFACTURA	SOL A	SOL B	SOL C	$\Sigma + 1$	PONDERACIÓN
SOL A		1	1	3	0,5
SOL B	0		0	1	0,166666667
SOL C	0	1		2	0,333333333
				6	1

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Tabla 5-3: Evaluación del peso específico del criterio precio

SOL A > SOL C > SOL B

PRECIO	SOL A	SOL B	SOL C	$\Sigma + 1$	PONDERACIÓN
SOL A		1	1	3	0,5
SOL B	0		0	1	0,166666667
SOL C	0	1		2	0,333333333
				6	1

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Tabla 6-3: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento
 SOL A > SOL C = SOL B

MANTENIMIENTO	SOL A	SOL B	SOL C	$\Sigma + 1$	PONDERACIÓN
SOL A		1	1	3	0,5
SOL B	0		0,5	1,5	0,25
SOL C	0	0,5		1,5	0,25
				6	1

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Entonces ahora podemos realizar la tabla de conclusiones

Tabla 7-3: Tabla de conclusiones

CONCLUSIÓN	PESO	MANUFACTUR A	PRECIO	MANTENIMIENTO		
SOL A	$0,5 * 0,4$	$0,5 * 0,3$	$0,5 * 0,15$	$0,5 * 0,15$		
SOL B	$0,333 * 0,4$	$0,167 * 0,3$	$0,167 * 0,15$	$0,25 * 0,15$		
SOL C	$0,167 * 0,4$	$0,333 * 0,3$	$0,333 * 0,15$	$0,25 * 0,15$		
CONCLUSIÓN	PESO	MANUFACTUR A	PRECIO	MANTENIMIENTO	Σ	PRIORIDAD
SOL A	0,2	0,15	0,075	0,075	0,5	1
SOL B	0,13333333 3	0,05	0,025	0,0375	0,2458333 3	3
SOL C	0,06666666 7	0,1	0,05	0,0375	0,2541666 7	2

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Como se puede observar la prioridad número 1 en base a los criterios que se tomaron en cuenta sería la LAVADORA DE TUBÉRCULOS DE TAMBOR ROTATORIO.

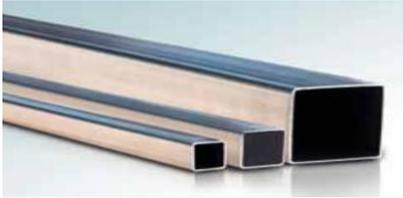
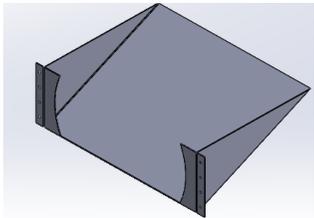
3.2 MATRIZ MORFOLÓGICA DE LA MÁQUINA SELECCIONADA

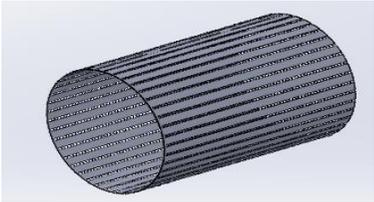
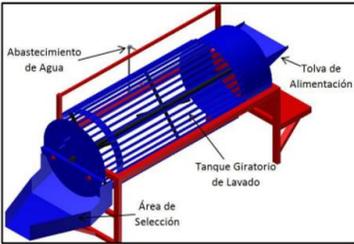
Esta operación se la realizó con el único fin de tener la mejor opción de la máquina a construir ya que cada una las opciones de máquina tienen diversas formas y disposiciones de construcción, además que se debe acudir a materiales y elementos disponibles en el mercado nacional.

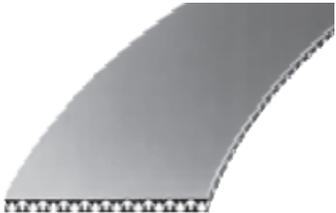
La matriz morfológica es una sucesión de cuadros representativos donde se comparan las diferentes opciones de diseño para cada uno de los elementos constitutivos de la máquina. En dichos cuadros se analizan las ventajas y desventajas de cada una de las opciones y se selecciona la mejor de acuerdo a los criterios tomados en cuenta.

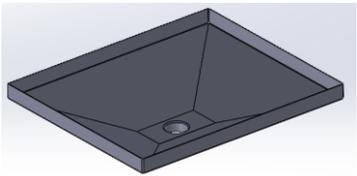
Dicha máquina cuenta con distintas partes, cada una de las cuales tienen un funcionamiento diferente por lo que se opta por realizar la matriz morfológica de las mismas.

Tabla 8 - 3: Matriz Morfológica.

SISTEMA/ALTERNATIVA	1	2	3
ESTRUCTURA DE LA MAQUINA	TUBO CUADRADO	TUBO REDONDO.	
			
	<p>VENTAJAS: PERMITE APOYO SOBRE SU PERFIL.</p>	<p>DESVENTAJAS:</p>	<p>VENTAJAS: RIGIDEZ</p> <p>DESVENTAJAS: NO PERMITE EL APOYO DE PERFILES SOBRE SU GEOMETRIA.</p>
SISTEMA DE INGRESO DE PRODUCTO/GEOMETRIA DE LA TOLVA	HECHA A MEDIDA		
			
	<p>VENTAJAS: HECHA A MEDIDA</p>	<p>DESVENTAJAS:</p>	

SISTEMA DE APOYO/RODADURA DEL TAMBOR	RODAMIENTOS		GARRUCHAS	
				
	VENTAJAS: BUENA RODADURA	DESVENTAJAS: CORROSION Y COSTO	VENTAJAS: BUENA RODADURA- RESISTENCIA A LA CORROSION-ALTA CAPACIDAD DE CARGA- COSTO	DESVENTAJAS: MENOS VIDA UTIL
TAMBOR	TAMBOR DE PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE PERFORADA		TAMBOR DE TUBOS	
				
	VENTAJAS: RAPIDA CONSTRUCCION- MATERIAL SEGURO.	DESVENTAJAS:	VENTAJAS: MATERIAL ACCESIBLE.	DESVENTAJAS: FALLAS EN LA GEOMETRIA.

FUENTE DE ENERGIA.	MOTOR ELECTRICO:		MOTOREDUCTOR		
					
	VENTAJAS: COSTO-DISPONIBILIDAD	DESVENTAJAS: VELOCIDADES ALTAS QUE COMPLICA LA RELACION DE TRANSMISION.	VENTAJAS: VELOCIDADES BAJAS IDONEAS PARA TRABAJAR LA RELACION DE TRNASMISION.	DESVENTAJAS: COSTO.	
SISTEMA DE TRANSMISION DE POTENCIA.	CORREAS PLANAS		CORREAS TRAPEZOIDALES		CADENAS
					
	VENTAJAS: DISPONIBILIDAD DE TAMAÑOS-AREA DE CONTACTO MAYOR-ALTO RENDIMIENTO.	DESVENTAJAS: POCO ESPESOR.	VENTAJAS: DISPONIBILIDAD-TAMAÑOS	DESVENTAJAS: MENOR AREA DE CONTACTO	VENTAJAS: NO DESLIZAMIENTO-DURACION-TRABAJO DURO.

<p>SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUA/GEOMETRIA DE LA TOLVA</p>	<p>HECHA A MEDIDA</p>			
				
	<p>VENTAJAS: HECHA A MEDIDA</p>	<p>DESVENTAJAS:</p>		

Realizado por: Rojas Santiago

En base a las opciones antes presentadas debemos recalcar que la geometría de la estructura estará en función del resto de elementos a ser seleccionados.

3.2.1 Matriz de evaluación

Finalmente se requiere elaborar una matriz de evaluación en donde se encuentren todas las opciones antes mencionadas de la matriz morfológica, en esta matriz de evaluación se comparan todas las opciones de diseño que se contemplaron y de acuerdo a diversos criterios tanto ingenieriles como del usuario se les va asignando un valor a cada una de las opciones, dichos valores conceden un puntaje final a cada una de las opciones, y este puntaje final nos deja ver claramente que opción conviene más para el diseño.

Para esta matriz se tomaron en cuenta detalles de fabricación, seguridad, modificaciones, mantenimiento, cambio de partes, costos, vibraciones, ruidos, tamaño, peso, resistencia, durabilidad y la utilización de piezas estándar fáciles de encontrar en el mercado. Dentro de la matriz cada opción tendrá una variable y un valor determinado el cual se proporcionará según el grado de importancia del elemento. Para esta tabla de evaluación el valor de mínima importancia será de 0.5 para dar un valor final de 10.

Tabla 8-3: Criterios a evaluar

CRITERIO	VARIABLE	VALOR
MANUFACTURABILIDAD	MAF	1,5
MANTENIMIENTO	MAN	1,5
COSTOS	C	2
TAMAÑO	T	0,5
PESO	P	1,5
RESISTENCIA	RES	1
FUNCIONALIDAD	F	1
PIEZAS ESTÁNDAR	PE	1
TOTAL		10

Realizado por: Rojas Santiago, 2021.

Una vez realizada la matriz de evaluación, se puede observar que hay elementos con un mayor valor, estos son los que se tomaron en cuenta para el diseño y para la selección de los componentes por lo que ya se puede tener una imagen más clara de cómo va a quedar la máquina lavadora de tubérculos y además ya se pudo modelar la estructura en función del resto de elementos.

Imagen matriz morfológica desarrollada

SISTEMA	ALTERNATIVAS	CRITERIOS DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS								TOTAL
		MAF (1,5)	MAN (1,5)	C (2)	T (0,5)	P (1,5)	RES (1)	F (1)	PE (1)	
ESTRUCTURA DE LA MAQUINA	TUBO CUADRADO	1,3	1,3	1,8	0,5	1,2	0,9	0,9	1	8,9
	TUBO REDONDO	1,2	1,3	1,6	0,4	1,1	0,9	0,8	1	8,3
SISTEMA DE INGRESO DE PRODUCTO/GEOMETRIA DE LA TOLVA	HECHA A MEDIDA	1,3	1,4	1,7	0,5	1,3	0,8	0,9	1	8,9
SISTEMA DE APOYO/RODADURA DEL TAMBOR	RODAMIENTOS	1,3	1	1	0,4	1,2	0,8	0,8	0,8	7,3
	GARRUCHAS	1,4	1,2	1,8	0,5	1,4	0,8	0,9	0,9	8,9
TAMBOR	TAMBOR DE PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE PERFORADA	1,4	1,4	1,6	0,4	1,4	1	0,9	1	9,1
	TAMBOR DE TUBOS	1,2	1,3	1,7	0,5	1,3	0,9	0,7	0,8	8,4
FUENTE DE ENERGIA.	MOTOR ELECTRICO	1,2	1,4	1,2	0,4	1,1	0,7	0,1	1	7,1
	MOTOREDUCTOR	1,2	1,4	1	0,4	1	0,9	1	1	7,9
SISTEMA DE TRANSMISION DE POTENCIA.	CORRES PLANAS	1,5	1,4	2	0,4	1,4	0,8	0,8	1	9,3
	CORREAS TRAPEZOIDALES	1,5	1,3	1,9	0,4	1,2	0,7	0,8	0,9	8,7
	CADENAS	1,5	1,2	1,5	0,4	1	0,9	0,7	0,6	7,8

Gráfico 2-3: Matriz morfológica desarrollada

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Con los antecedentes expuestos, en la figura se presenta un modelado de la máquina.

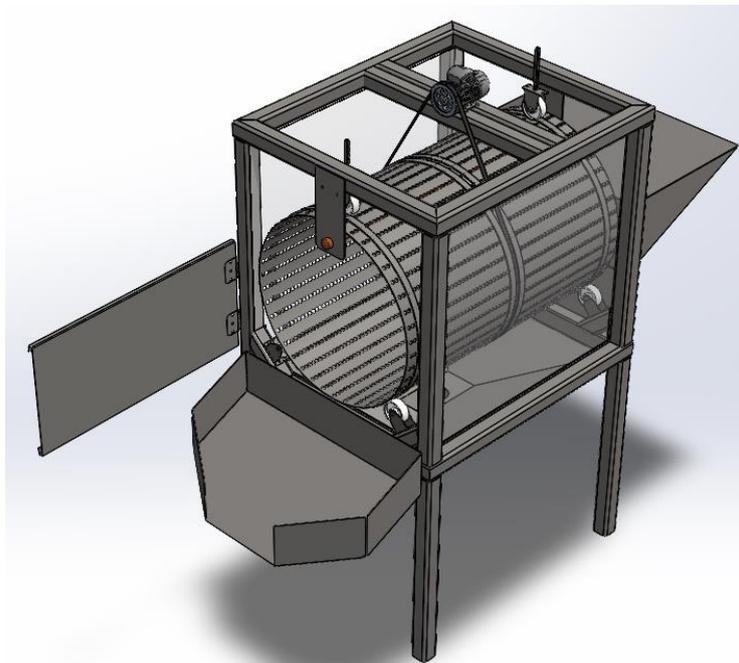


Figura 2-3: Esquematización de la máquina

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Ahora se puede proseguir con el diseño de la máquina y sus componentes.

3.2.2 Cálculos de diseño

Una vez obtenidos todos los parámetros, requerimientos y lineamientos de la máquina, los cuales fueron obtenidos a partir de los diferentes métodos de desarrollo se proceden a diseñar la máquina bajo criterios ingenieriles.

3.2.2.1 Diseño y dimensionamiento del tambor

Como es de conocimiento general un tambor es de forma cilíndrica por lo que se debe varolar una plancha para lograr la forma adecuada, la norma UNS S30400 recomienda que para elaborar cualquier tipo de maquinaria dirigida a la industria alimentaria es necesario usar el material AISI 304 por lo que la máquina se elaborará con este material.

El dimensionamiento del tambor se lo realizó de manera experimental probando con lo que son dos quintales de papas (lo que nos da medio quintal de margen) en el piso y observando que estos no queden de una manera aglomerada se procedió a tomar medidas para que de esta manera se tenga el dimensionamiento más adecuado del tambor (Anexo 1).

Una vez tomadas las medidas se obtiene los siguientes datos:

- Largo que ocupa la papa 1.20 metros.
- Ancho que ocupa la papa 0.6 metros

Por esta razón se tendría un esquema de la siguiente manera.

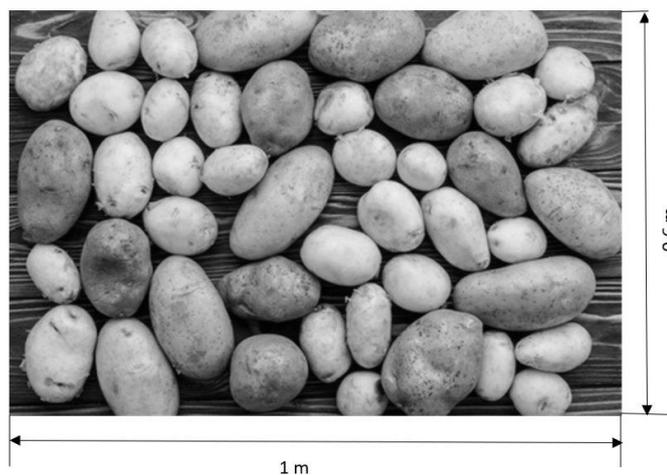


Figura 3- 3: Esquema del tendido de tubérculos (papas)
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Después de esto lo que se hace es calcular el perímetro del tambor siguiendo las recomendaciones que en una máquina giratoria o de tambor el espacio que ocupa el producto debe estar en un margen del 20 al 25 % es por esta razón que se asume que esta cantidad es una cuarta parte del tanque, por lo que se tiene.

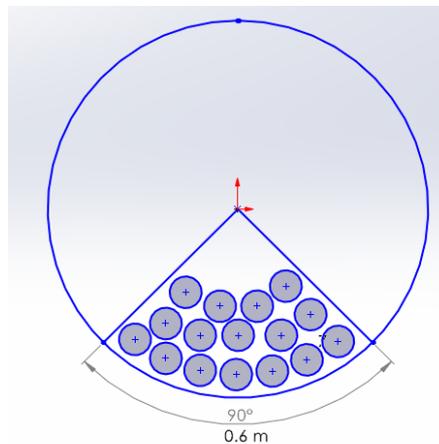


Figura 4-3: Esquemización de la papa en el tanque
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Con esa información se realiza el cálculo para obtener el perímetro del tambor, como podemos apreciar esta sección es un cuarto del tanque, razón por la que para calcular el perímetro es necesario multiplicar por 4, la longitud del tambor vendría a ser los mismos 1.20 m que es la longitud que ocupan las papas.

Cálculos:

$$P = 4 * 0,6m$$

$$P = 2,4 m$$

Se procede despejar el radio del tambor.

$$P = 2\pi r$$

Despejando el radio, se reemplazan los datos para poder hallar el valor del radio.

$$r = \frac{P}{2\pi}$$

Reemplazando valores en 3 se tiene

$$r = \frac{2,4m}{2\pi}$$

40

Por lo tanto, el radio tendría un valor de

$$r = 0,3819m$$

A partir del radio, se calcula el perímetro que como se sabe es

$$D = 2r = 2 * 0.3819$$

Así se obtuvo el diámetro del tambor.

$$D = 0.7638m$$

En síntesis, se puede decir que se necesitó una plancha de dimensiones 0.7638 x 1.20 m.

3.2.2.2 *Espesor de la plancha y dimensiones comerciales.*

a) Cálculo del espesor del tambor

Para esto se debe considerar al tambor como un cilindro de paredes delgadas, razón por la cual debe cumplir con la condición de que su espesor debe ser menor o igual a 1/10 de su radio, entonces tenemos que el espesor de la plancha debe ser menor o igual 38.19 mm.

Entonces es necesario recordar que la plancha debe ser de material AISI 304 como dicta la norma y la experiencia en la industria alimenticia, por esta razón es que se debe buscar en el mercado nacional la mejor opción de este tipo de acero inoxidable.

Se empieza por escoger el espesor de la plancha que para la capacidad y tamaño de la máquina tenga un espesor comercial de 3 mm, además que se escoge una plancha de acero inoxidable AISI 304 con perforaciones de 15 mm, debido a que el tamaño promedio de un melloco que es un tubérculo pequeño es de 20 mm y con distancia entre centros de 19.65 mm que es lo que nos proporciona ACERIMALLAS en la ciudad de Guayaquil.

Ahora bien, las planchas estándar de acero inoxidable vienen en un tamaño comercial de 1.22 x 2.40 m, por lo que se necesita media plancha con un único corte de ancho y dejando de profundidad los 1.22 m comerciales, debido a que los cálculos arrojan 1.20 m, y como se sabe que el diámetro del tambor es de 0.7638 m lo aproximamos a un valor de 0.8 m.

Por lo tanto, se tendría media plancha estándar y se le realiza un corte para luego proceder a varolar y obtener el producto.

b) Cálculo de los esfuerzos en el tambor

Es de suma importancia este paso porque aquí se verifica si el espesor y la geometría se han tomado de una forma adecuada.

Por tal razón se tiene que el esfuerzo radial que produce por la presión que ejerce la carga del cilindro es pequeño si lo comparamos con el esfuerzo tangencial. Entonces para un cilindro de pared delgada tenemos la siguiente manera de calcular el esfuerzo tangencial máximo que es.

$$\sigma = \frac{P(d_i + t)}{2t}$$

Donde:

p = Presión interior

d_i = Diámetro interior

t = Espesor

La presión interna se calcula con la siguiente expresión

$$P = \frac{F_c}{A} = \frac{mw^2r}{\pi D_C H}$$

Donde:

F_c = Fuerza centrípeta

A = Área del tambor

m = Masa total dentro del tambor

w = Velocidad de rotación del tambor

r = Radio del tambor

La masa es igual a la masa de los tubérculos que para este caso dejamos un margen de medio quintal más, entonces

$$m = 67.5 \text{ kg}$$

Por lo que se tiene que la presión interna es

$$p = \frac{67.5 \text{ kg} * 0.897 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0.81 \text{ m}}{\pi * 0.8 \text{ m} * 1.22 \text{ m}}$$

Entonces tenemos que

$$P = 19.74 \text{ Pa}$$

Con este resultado obtenemos el esfuerzo tangencial que sería.

$$\sigma = \frac{19.74 \text{ Pa}(0.4 \text{ m} + 0.003 \text{ m})}{2 * 0.003 \text{ m}}$$

$$\sigma = 996.87 \text{ Pa}$$

c) Cálculo de los esfuerzos debido a la rotación

La mayoría de los elementos rotatorios se pueden simplificar asemejándolo a un anillo giratorio con la única finalidad de simplificar la determinación de los esfuerzos aplicados sobre ellos. Entonces los esfuerzos tangenciales se someten a las siguientes restricciones:

- El radio exterior del anillo es grande comparado con el espesor $r_o \geq 10t$.
- El espesor del anillo es constante.
- Los esfuerzos son constantes en todo el espesor del anillo.

Los esfuerzos resultantes son los máximos en el instante en que el anillo es igual al radio interior. Así se obtienen las siguientes expresiones del esfuerzo tangencial.

$$\sigma_{t,r,max} = \frac{kw^2}{4g} [r_o^2(3 + \nu) + r_i^2(3 + \nu)]$$

$$\sigma_{r,r,max} = \frac{kw^2}{8g} (3 + \nu) + (r_o - r_i)^2$$

Donde:

$\sigma_{t,r,max}$ = Esfuerzo tangencial máximo debido a la rotación

$\sigma_{r,r,max}$ = Esfuerzo radial máximo debido a la rotación

K = Peso específico del material del anillo

ν = Relación de Poisson

r_o = Radio exterior del anillo

r_i = Radio interior del anillo

g = Constante gravitacional.

Para el tambor se tiene que

$$K = 76.5 \text{ KN} / m^3$$

$$\nu = 0.292 \text{ KN} / m^3$$

El esfuerzo equivalente de acuerdo con la primera teoría de falla es:

$$\sigma_{eq} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

Además, se conoce que

$$\sigma_1 = \sigma_{t,r,max} \text{ y } \sigma_3 = 0$$

Por lo que únicamente se calcula el valor del esfuerzo tangencial que es

$$\sigma_{t,r,max} = \frac{76500(0,897)}{4(9.81)} [(0.4)^2(3 + 292) + (0.397)^2(1 - 292)]$$

$$\sigma_{t,r,max} = 2095.33 \text{ Pa}$$

Ahora se tiene que el esfuerzo total o máximo al que se encuentra sometido el tambor son a los dos que calculamos. Por lo tanto.

$$\sigma_{total} = 3092.2 \text{ Pa}$$

Aplicando una teoría de falla y el esfuerzo calculado debe ser menor al admisible, para ello se aplicará la siguiente ecuación.

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n} > \sigma_{total}$$

Donde:

σ_{adm} = Esfuerzo admisible

S_y = Limite de fluencia del material

n = Factor de seguridad

Para calcular el esfuerzo admisible se tiene los siguientes datos

$S_y = 276$ MPa – Limite de fluencia del acero AISI 304

$n = 2$ factor de seguridad escogido para este caso.

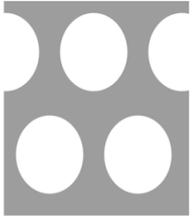
Por lo tanto, obtenemos que

$$\sigma_{adm} = 138 \text{ MPa}$$

Entonces podemos observar que el esfuerzo admisible es mayor al esfuerzo calculado o al que está sometido el tambor por lo que podemos concluir que los datos seleccionados de espesor y geometría están correctos y los podemos ratificar.

3.2.2.3 Material del elemento seleccionado.

Metal Perforado
Perforaciones hechas a medida, en diferentes tamaños, modelos y tipos de materiales.

<p>Tipos de Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hierro Negro (Laminado en frío o caliente) • Acero Inoxidable • Galvanizado • Aluminio • Bronce 	<p>Tamaños</p> <p>Standard:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.22mts x 2.44mts. 	 <p>D= 15.00mm C= 19.65mm</p>
---	---	---

Perforaciones Redondas
Perforación Standart: D= Diámetro de la perforación / C= Distancia entre centros



Figura 5-3: Catalogo del material
Fuente: Acerimallas, 2021

3.2.2.4 Diseño de materialización.

El diseño de materialización se ha realizado con el modelado CAD, utilizando el software de modelado CAD CAM llamado SOLIDWORKS que brinda ciertas facilidades para poder modelar cualquier tipo de elementos de máquinas, además que nos permite realizar simulaciones muy acertadas.

Para el desarrollo de del tambor de lavado de la máquina se procede a realizar un croquizado de la vista donde se aprecia el anillo que conformará el cilindro y se procede a realizar una extrusión del perfil, todo esto tomando en cuenta las medidas obtenidas en los cálculos, posterior a esto se realiza un corte del cilindro ya conformado con las dimensiones y patrones de la perforación.

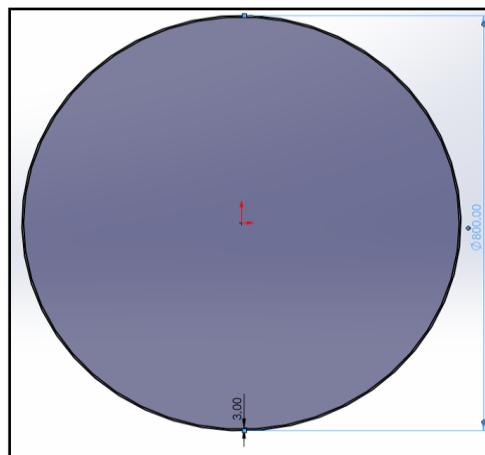


Figura 6-3: Croquizado del perfil del tambor con sus medidas
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

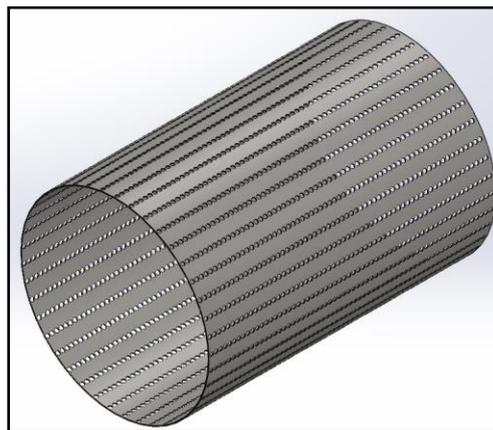


Figura 7-3: Tambor de lavado modelado
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Es necesario recalcar que para esta pieza es el alma de la máquina, por lo que es necesario colocar guías a su alrededor para evitar deslizamientos una vez que este montado sobre sus ruedas de giro y para que sirvan de guía para la correa de transmisión, para lo cual es necesario planchas de acero

inoxidable 304 y varolarlas para que estas sean soldadas al tambor y de esta manera además aumentar la rigidez del elemento.

Para este objetivo se ha decidido colocar platina de acero AISI 304 con un espesor de 4 mm y un ancho de 30 mm.

PLATINAS EN ACERO INOXIDABLE
Especificaciones Generales

Material: AISI 304
Largo estándar: 4.50 m
Opciones: Precio Consultar

DIMENSIONES		PESO		ÁREA
a	e	kg/m	kg/m ²	cm ²
12	3	0.28	1.70	0.36
12	4	0.38	2.45	0.48
12	6	0.57	3.40	0.72
12	3	0.45	2.68	0.57
19	4	0.60	3.58	0.76
19	6	0.89	5.37	1.15
25	3	0.59	3.53	0.75
25	4	0.79	4.71	1.00
25	6	1.18	7.07	1.50
30	3	0.71	4.26	0.90
30	4	0.91	5.26	1.20
30	6	1.41	8.47	1.80
30	12	2.12	12.71	2.70
38	3	0.89	5.27	1.15
38	4	1.19	7.16	1.52
38	6	1.79	11.40	2.28
38	9	2.69	16.11	3.42
38	12	3.54	21.48	4.56
50	3	1.18	7.08	1.50
50	4	1.58	9.42	2.00
50	6	2.26	14.16	3.00

Figura 8- 3: Catálogo del material
Fuente: DIPAC, 2021

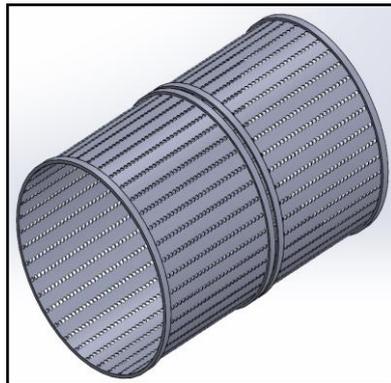


Figura 8-3: Tambor terminado
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.2.5 Diseño de la estructura de soporte de la máquina.

La estructura de la máquina debe estar diseñada de tal manera que soporte el peso de los elementos constitutivos y la carga de la capacidad de la máquina siempre con un margen, además se debe tener en cuenta que la estructura se va a diseñar bajo estándares de ergonomía por lo cual se debe tomar en cuenta la estatura del ecuatoriano promedio que es de 1.65 m.

Entonces basados en el tamaño del tambor y en la estatura del ecuatoriano promedio tenemos la siguiente geometría que se la realiza en el software en un croquis 3D para posteriormente acceder a la pestaña PIEZAS SOLDADAS y ahí escoger miembro estructural que será el apartado que extruya cada elemento en base al croquis.

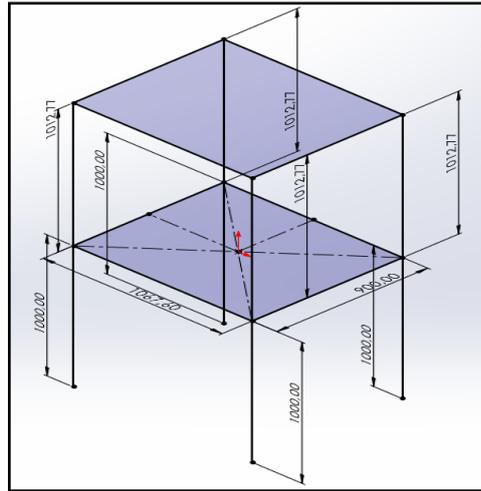


Figura 9-3: Croquis 3D basada en los elementos calculados
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Tomando la opción de piezas soldadas en miembro estructuras, se procede a extruir el elemento deseado de la amplia gama de materiales existentes en la biblioteca del programa, teniendo como resultado:



Figura 10-3: Geometría de la estructura extruida.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Como refiere la norma UNE S30400, uno de los materiales más adecuados para grado alimentario y que es el que se va a utilizar, la estructura de la máquina se la elaborará a base de tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304, que está disponible en el mercado nacional en diferentes espesores y en diferentes tamaños, esto es necesario ya que el agua siempre estará en contacto con la máquina para alargar la vida útil de la máquina.

Los perfiles escogidos por cuestión de ergonomía y estética son.

- Tubo cuadrado de 3'' x 2mm de espesor.
- Tubo cuadrado de 2'' x 2mm de espesor.

A los dos miembros estructurales escogidos se les realizará una prueba estática para comprobar su resistencia y su respectivo factor de seguridad y de esta manera escoger la mejor opción resistencia-economía.

Descripción: Tubo cuadrado inoxidable 304 acabado N4 pulido 6 mts

DIMENSIONES			PROPIEDADES		DIMENSIONES			PROPIEDADES	
PL.G.	mm	ESPESOR	PESO	PESO	PL.G.	mm	ESPESOR	PESO	PESO
		mm	Kg/mt	Kg/6mt			mm	Kg/mt	Kg/6mt
1/2	12,0	1	0,35	2,09	1 1/2	40	1	1,24	7,42
1/2	12,0	1,2	0,41	2,47	1 1/2	40	1,2	1,48	8,86
1/2	12,0	1,5	0,50	3,00	1 1/2	40	1,5	1,83	10,99
1/2	12,0	2	0,64	3,81	1 1/2	40	2	2,41	14,46
5/8	15	1	0,44	2,66	2	50	1	1,56	9,33
5/8	15	1,2	0,53	3,15	2	50	1,2	1,86	11,15
5/8	15	1,5	0,64	3,85	2	50	1,5	2,31	13,85
5/8	15	2	0,83	4,95	2	50	2	3,05	18,27
3/4	20,0	1	0,60	3,62	2	50	3	4,42	26,52
3/4	20,0	1,2	0,72	4,29	3	75	2	4,63	27,79

Figura 11-3: Catálogo de tubería cuadrada
Fuente: IMPORTACEROS, 2021

3.2.2.6 Análisis estático

Para determinar si cada elemento de la estructura es adecuado con el tamaño de tubo escogido se realiza un análisis estático en SolidWorks.

Para esto se toma en cuenta el tamaño de todos y cada uno de los elementos constitutivos, así como del peso de cada elemento.

Procedimiento del análisis estático.

1. En primer lugar, se debe realizar un pequeño seccionamiento en el tubo donde va a ir asentado el tambor, esto se lo hace para poder generar una junta ya que la carga será puntual en ese lado.

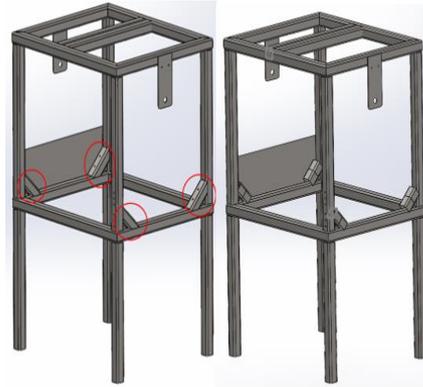


Figura 12-3: Seccionamiento del elemento estructural de apoyo

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

2. Ahora se procede a activar la opción de SolidWorks simulation en la pestaña Complementos de SolidWorks.
3. Una vez activada se activará la pestaña simulación y se escoge nuevo estudio y la opción análisis estático.
4. Una vez aquí que es donde se realizará el estudio en primer lugar se debe verificar las juntas que se generan automáticamente para estar seguros de que están bien.

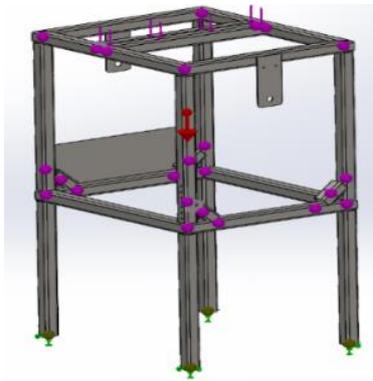


Figura 13-3: Generación automática de juntas

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Como se puede apreciar en la imagen las juntas generadas están correctas y se puede distinguir que las juntas de color morado son de conexión y las juntas en color verdes son fijas.

5. A continuación, ingresar en el programa las juntas que irán fijas o geometrías fijas para el cálculo estático que el programa mismo recomienda que sean las de color verde.

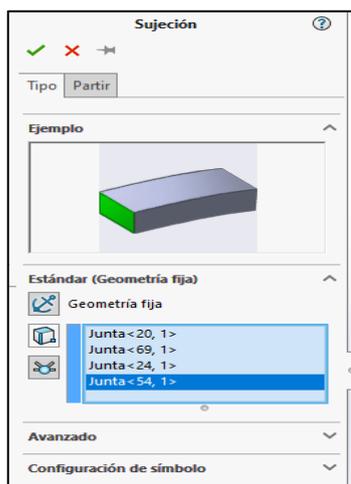


Figura 14-3: Ingreso de juntas o geometrias fijas
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

6. A continuación, ingresar las fuerzas a la que estará sometido el elemento y en que junta o elemento estructural.

Para esto lo que se hace es escoger la opción fuerza y aplicarla en una junta que, para este, el caso específico del tambor se lo realizará en las juntas generadas sobre los elementos estructurales donde el tambor va a ir asentado.

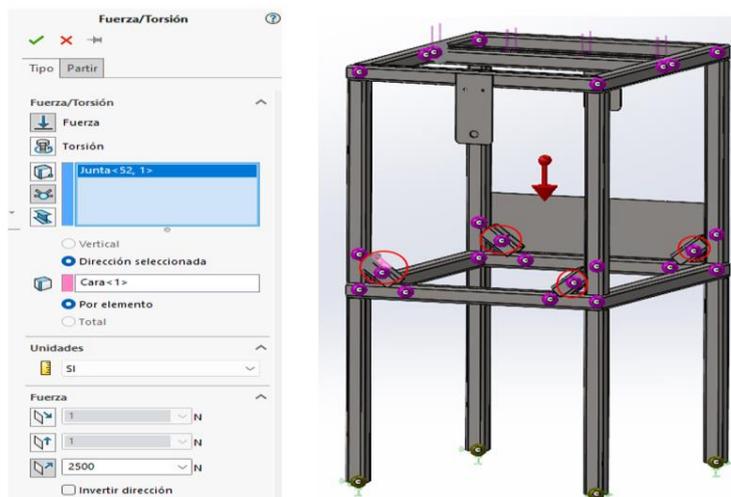


Figura 15-3: Ingreso de fuerzas en cada junta
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

A continuación, ingresar el valor de la carga y el plano de dirección de la fuerza.

7. Luego de esto aplicar la fuerza del peso de motor que se lo realizara en los elementos estructurales de la parte superior que es donde se va a ubicar el motor.

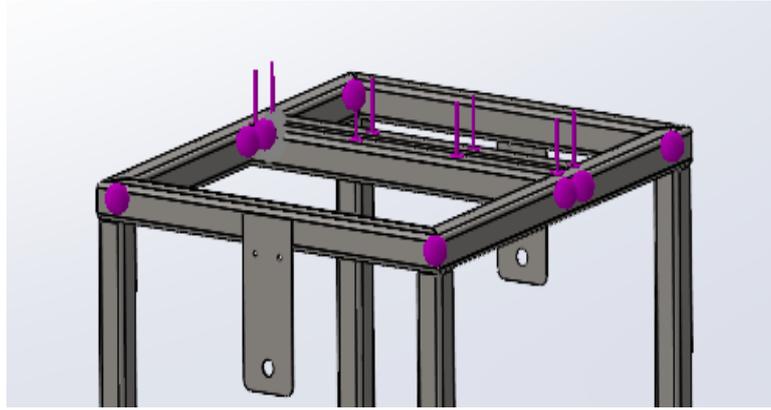


Figura 16-3: Aplicación de fuerzas en miembros superiores
 Realizado por: Rojas Santiago, 2021

8. A continuación, en la opción fuerzas, la opción gravedad para que tome en cuenta el peso de los elementos.



Figura 17-3: Aumento de la gravedad a las fuerzas externas
 Realizado por: Rojas Santiago, 2021

9. Generar la malla que es la que envolverá cada parte de la estructura, para lo que se debe realizar click derecho sobre la opción malla y escoger crear malla y aceptar.

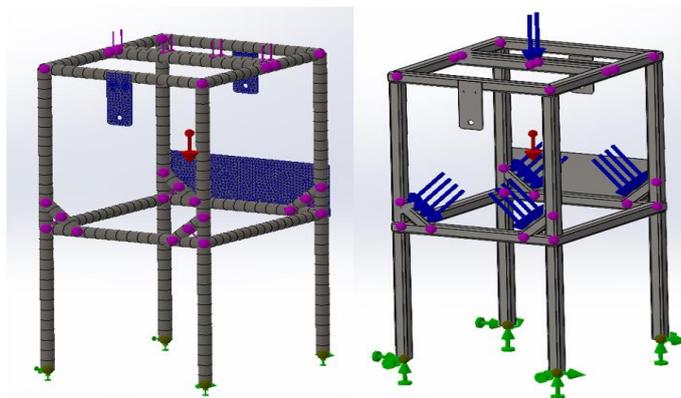


Figura 18-3: Generación de malla de la estructura y aplicación de fuerzas

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

10. Se escoge la opción ejecutar este estudio y arrojará los resultados del análisis estático.

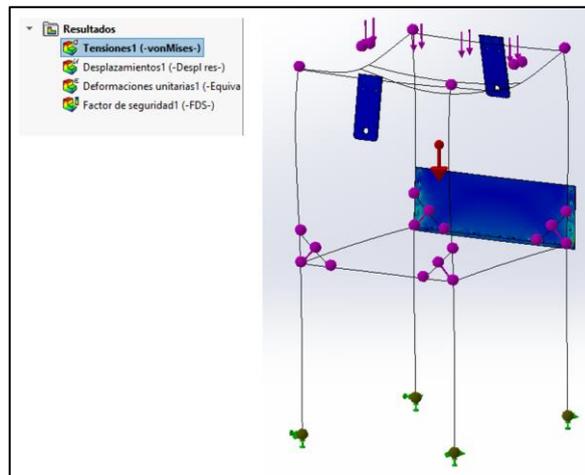


Figura 19-3: Obtención del estudio del análisis estático
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

11. A continuación, se obtiene el resultado del factor de seguridad y se verifica si el sistema resiste o no.

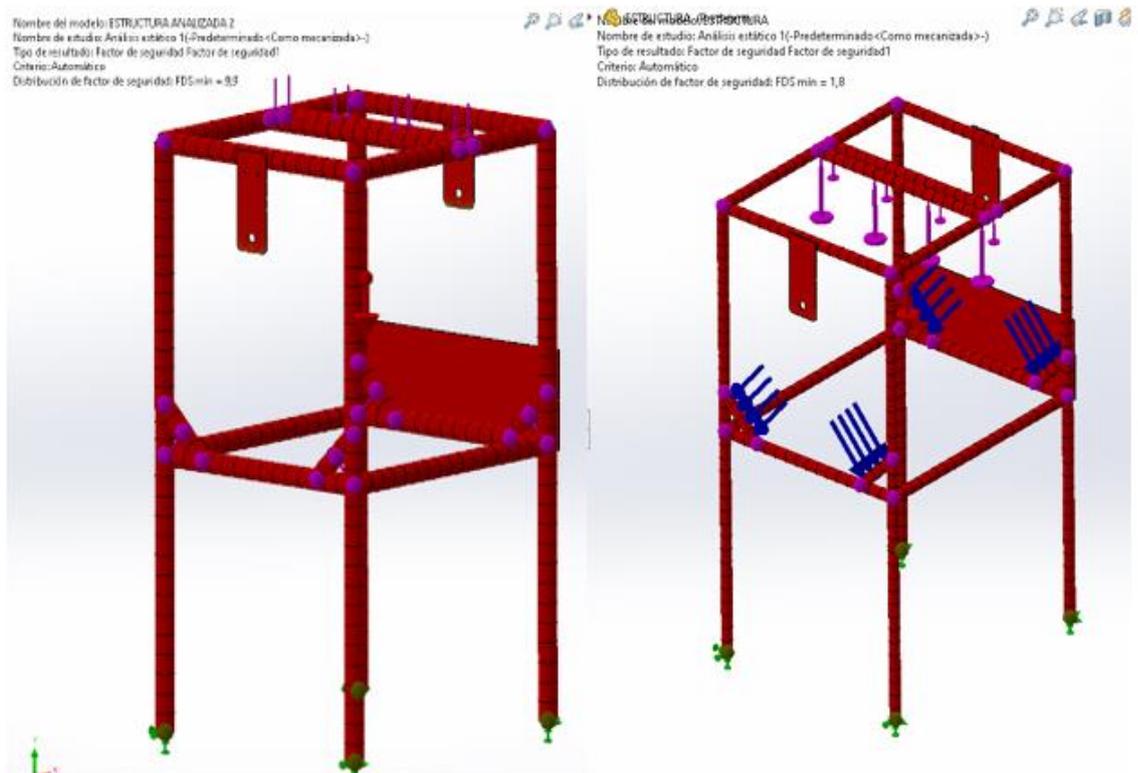


Figura 20-3: Obtención del mínimo factor de seguridad
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Como se puede apreciar el factor de seguridad aplicadas las mismas cargas y bajo las mismas condiciones es de 9 en la estructura de 3 in y de 1.8 la estructura de 2 in por lo que podemos asegurar que el sistema resistirá de una manera adecuada y efectiva con cualquiera de las dos opciones.

3.2.2.7 Análisis de recorrido de flujo.

Este proceso se lo realizará en el apartado de Solid Works Flow Simulation, el cual nos servirá para poder verificar que los elementos a utilizar nos permitirán un recorrido adecuado del agua a lo largo del proceso de limpieza de los tubérculos.

Para este proceso se deben seguir los siguientes pasos.

1. Tener el modelo a estudiar lo más simplificado posible ya que al correr la simulación el computador nos consumirá demasiados recursos.

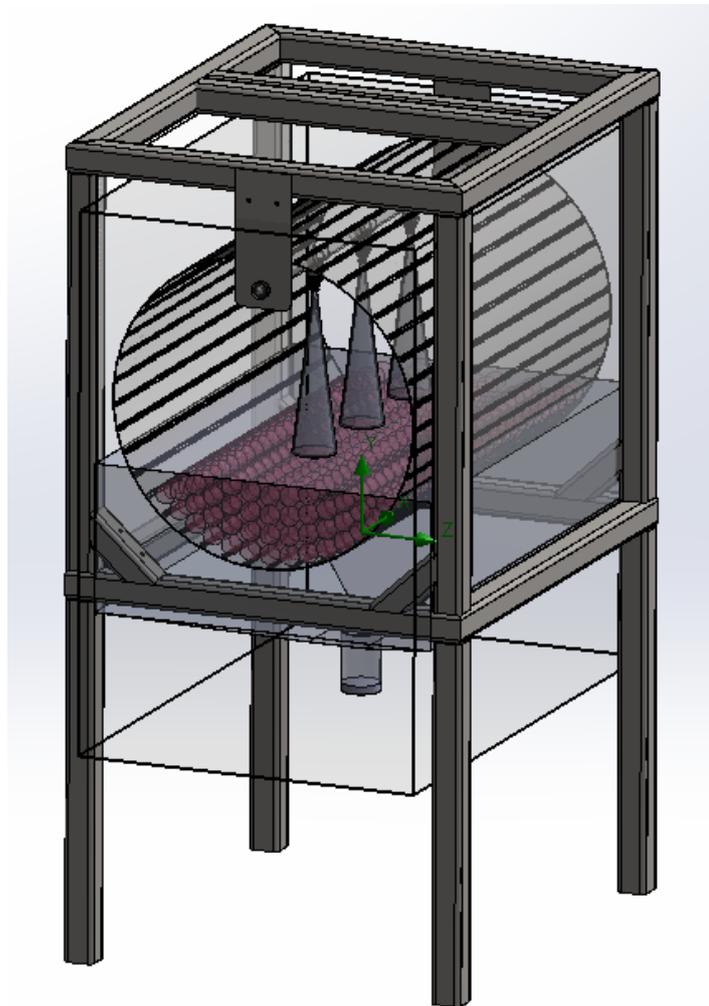


Figura 21-3: Modelo a evaluar el recorrido de fluido.

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

2. A continuación en la ventana principal de Solid Works escogemos la pestaña COMPLEMENTOS DE SOLID WORKS y seguidamente escogemos la opción SOLIDWORKS Flow Simulation y se nos activara la opción respectiva.

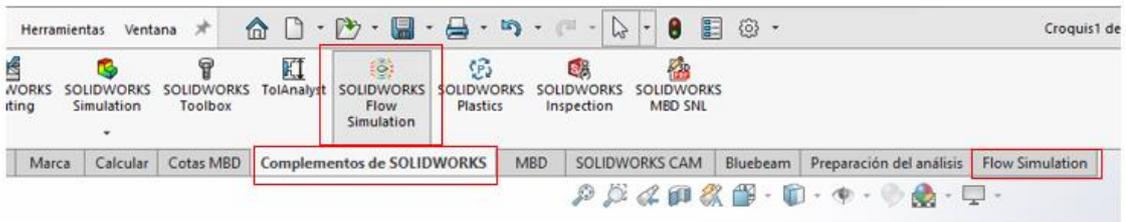


Figura 22-3: Ventana principal de SOLIDWORKS.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3. Ahora debemos escoger la opción ya activada de Flow Simulation y seguidamente escoger la opción Wizard que es la que nos permitirá establecer los parámetros de la simulación.

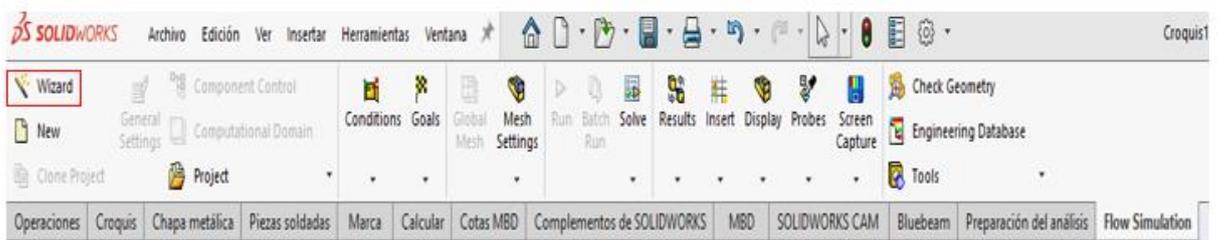


Figura 23-3: Ventana principal de Flow Simulation.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

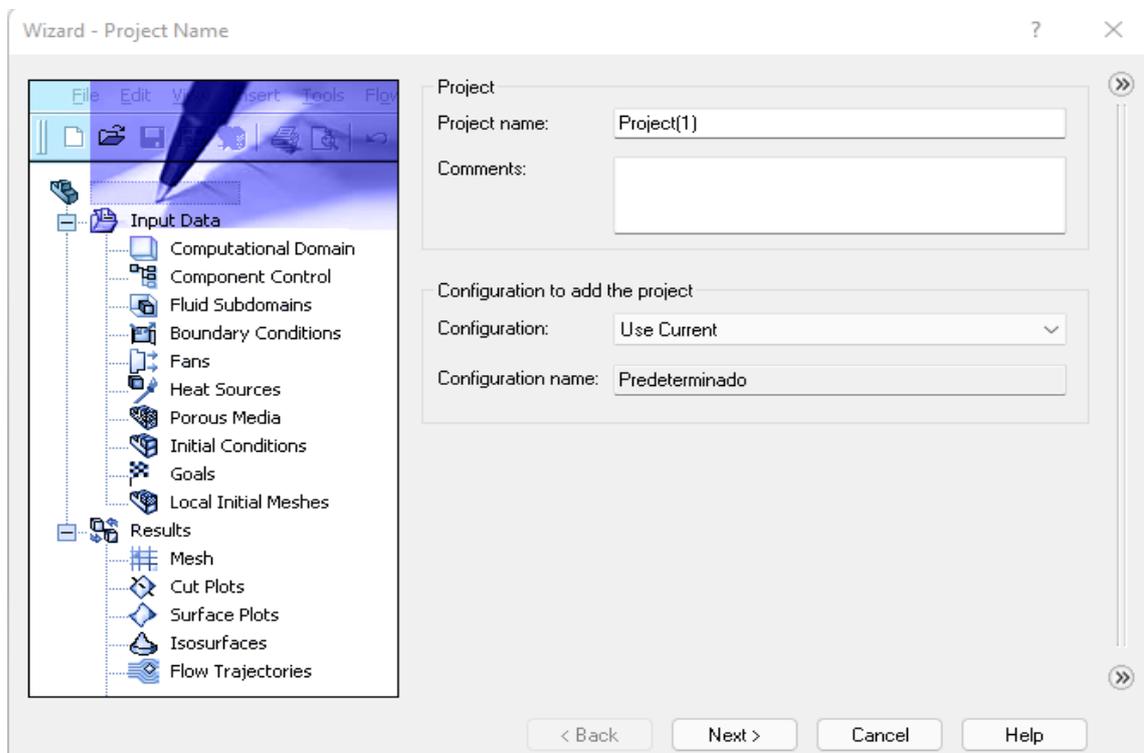


Figura 24-3: Ventana generada por la opción Wizard.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

4. A continuación podemos cambiar el nombre al proyecto y damos en siguiente para poder configurar unidades que para el presente caso se dejará por defecto las que nos aparece ya que son del sistema internacional, seguidamente damos en siguiente.

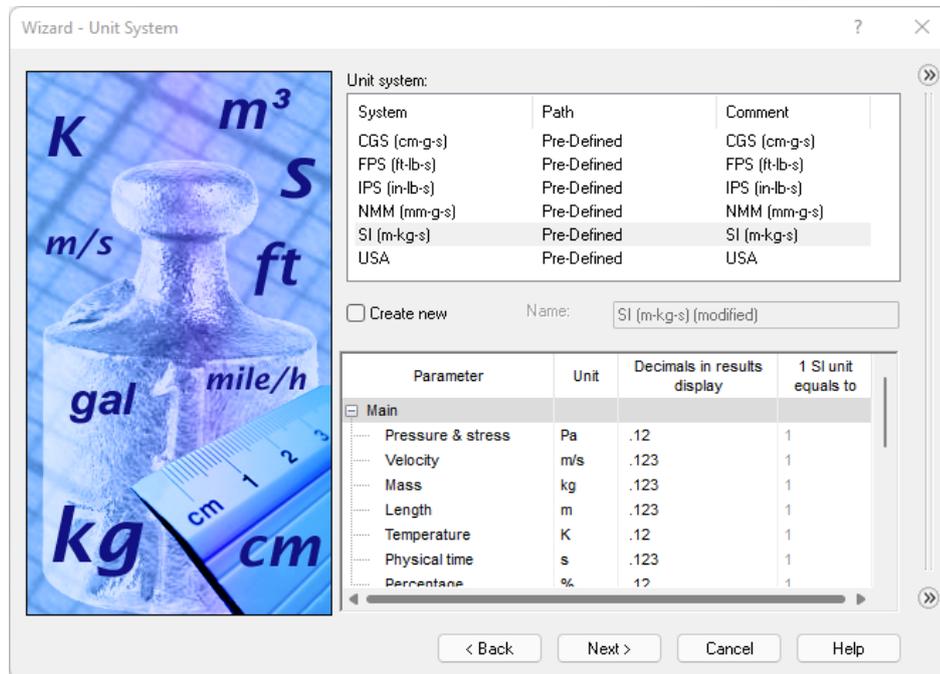


Figura 25-3: Ventana para poder configurar unidades.
 Realizado por: Rojas Santiago, 2021

5. En la siguiente ventana se nos despliegan ciertos parámetros de los cuales el único que debemos escoger es la opción gravedad y configurar al eje y con su respectivo valor y damos en siguiente.

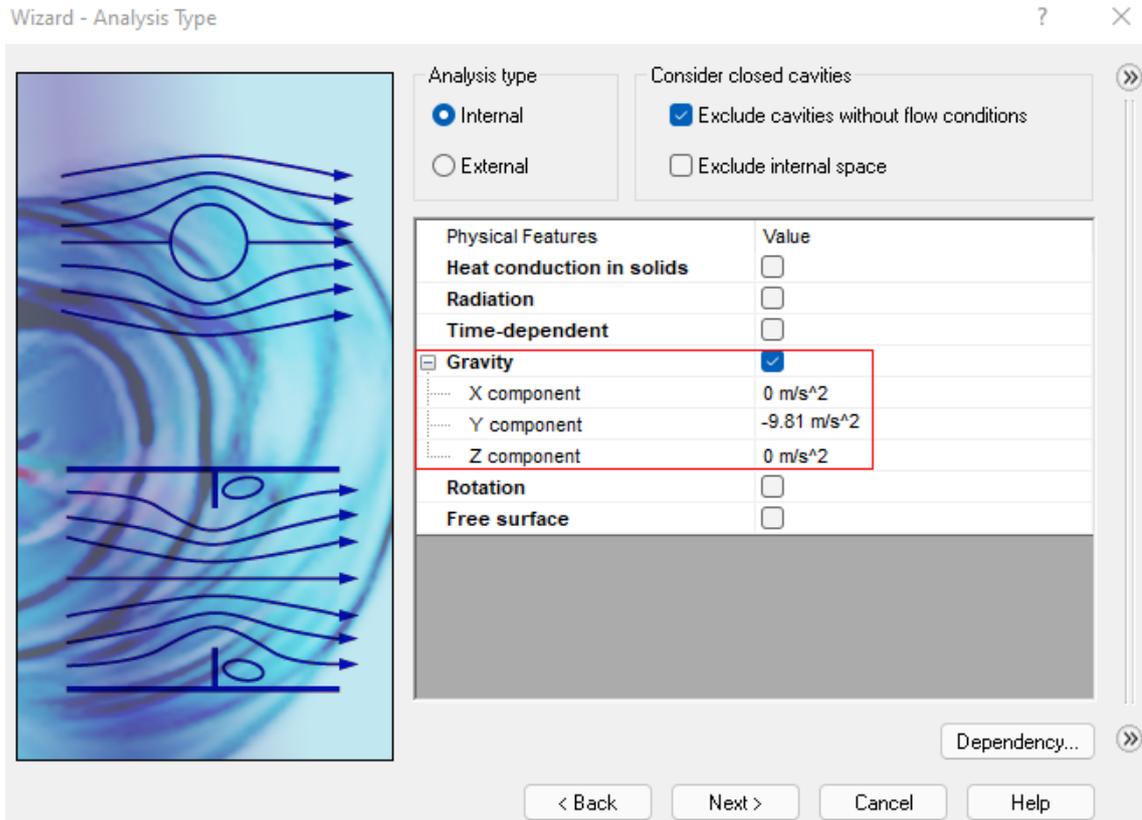


Figura 26-3: Ventana para poder configurar el parámetro gravedad.
 Realizado por: Rojas Santiago, 2021

6. Seguidamente se nos desplegará una ventana en donde debemos escoger el fluido a trabajar para el cual debemos escoger la opción agua y añadir y damos en siguiente 2 veces.

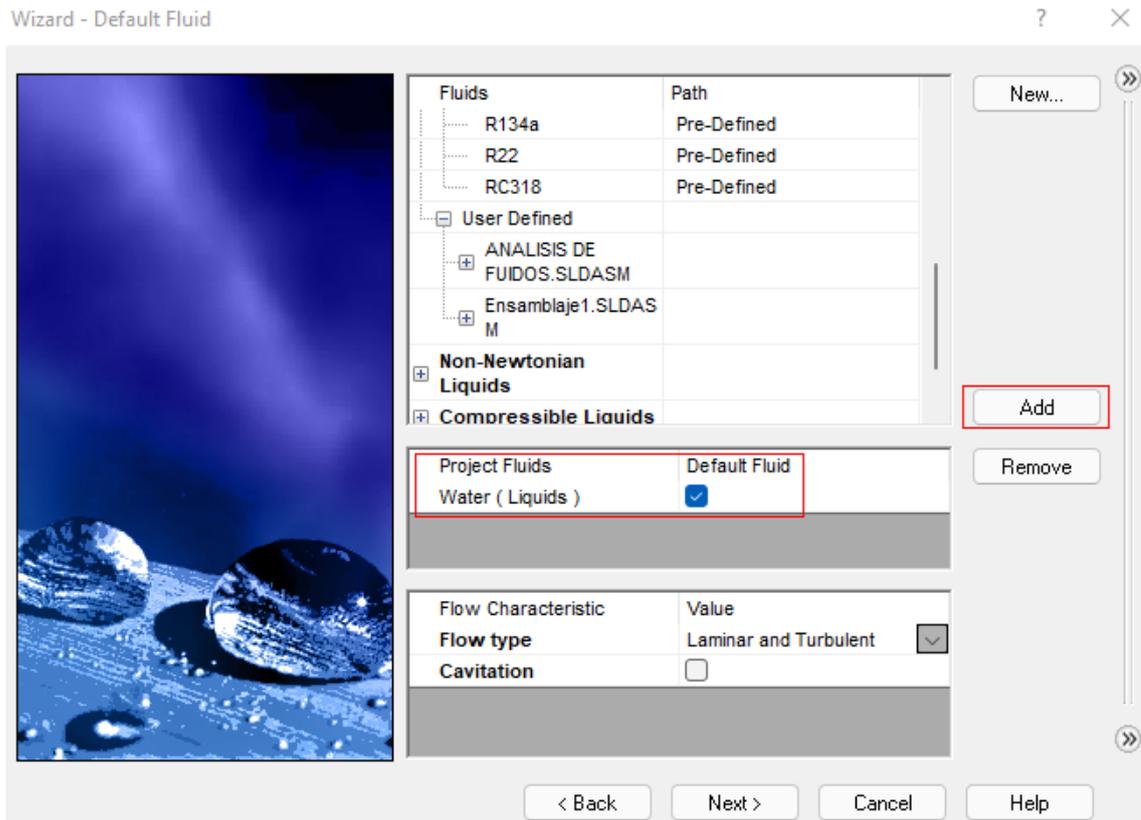


Figura 27-3: Ventana para poder añadir el fluido a trabajar.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

7. Ahora en la última ventana damos en finalizar y tendremos agregado nuestro fluido y podemos seguir trabajando.

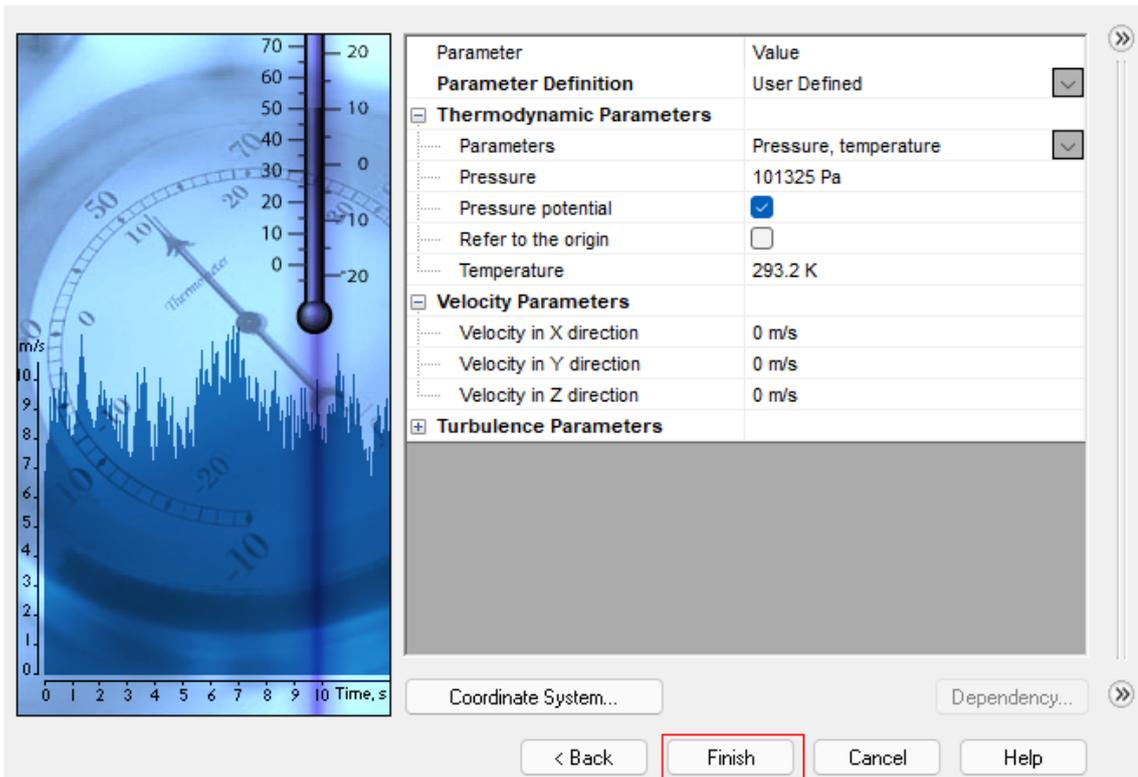


Figura 28-3: Ventana para poder finalizar la preconfiguración.

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

8. Seguidamente se nos generara un volumen de control automáticamente.

9. Ahora debemos ingresar las condiciones que se nos presentan en el lado izquierdo de la ventana de SOLIDWORKS.

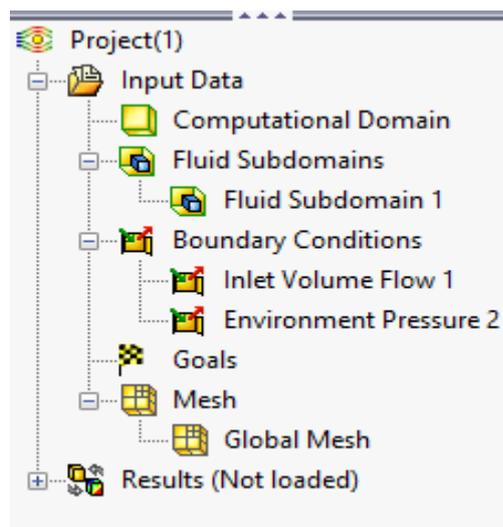


Figura 29-3: Opciones a ser configuradas.

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

10. Debemos en primer lugar escoger la opción Fluid Subdomain y agregarlo, seguidamente debemos escoger la cara por donde ingresará el fluido y se nos presentará el volumen donde el fluido correrá.

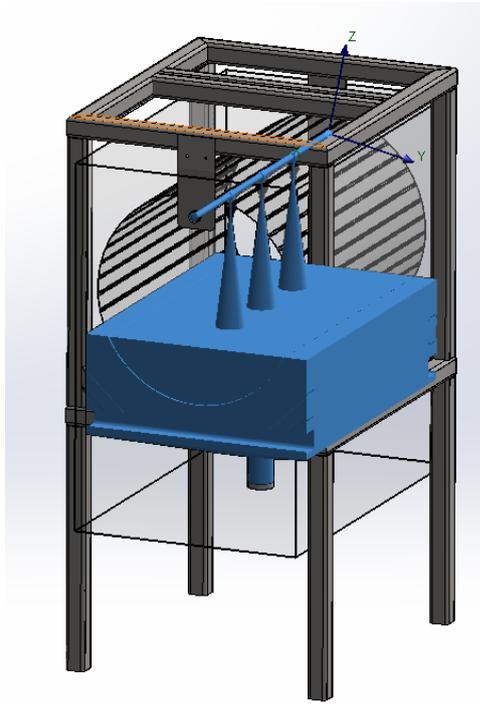


Figura 30-3: Volumen del fluido.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

12. Ahora debemos escoger la opción Boundary Conditions y agregamos una opción, en la cual debemos configurar el volumen de entrada y escoger la cara por donde ingresara el caudal y su valor respectivo que para este caso es de $0.0002 \text{ m}^3/\text{s}$ que es el caudal de la ciudad de Riobamba.

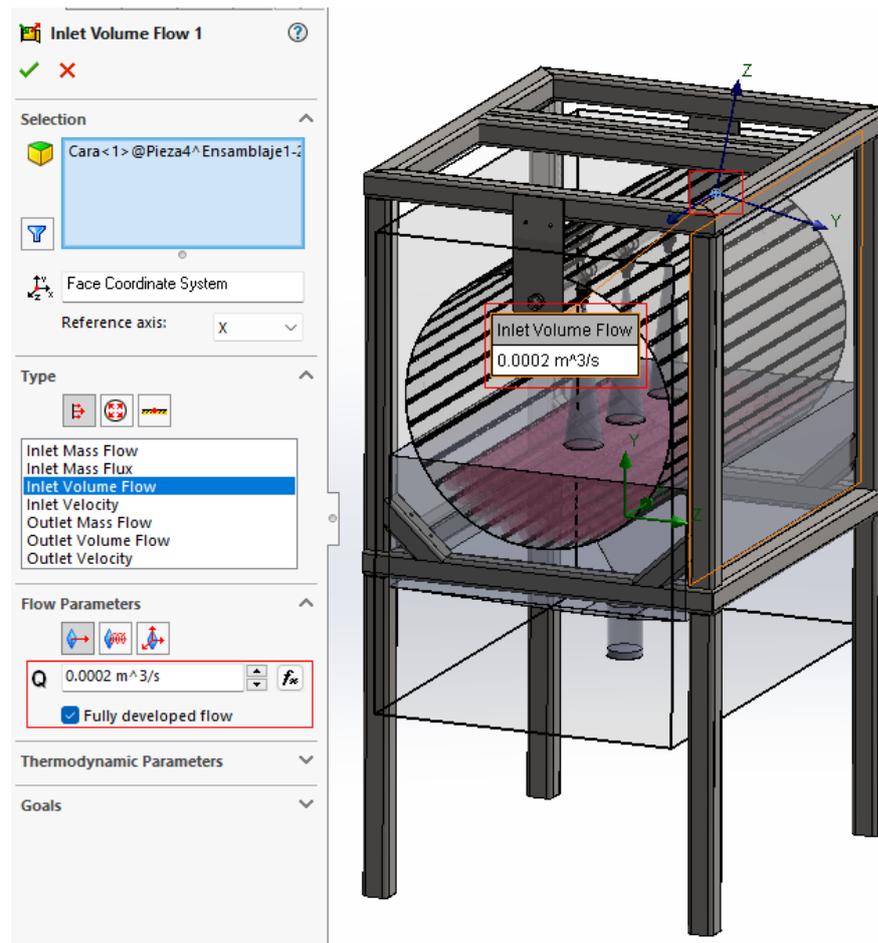


Figura 31-3: Ingreso del caudal de entrada.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

13. A continuación escogemos una nueva entrada de Boundary Conditions pero con la diferencia que debemos escoger la cara de salida del fluido y con la opción de salida al ambiente.

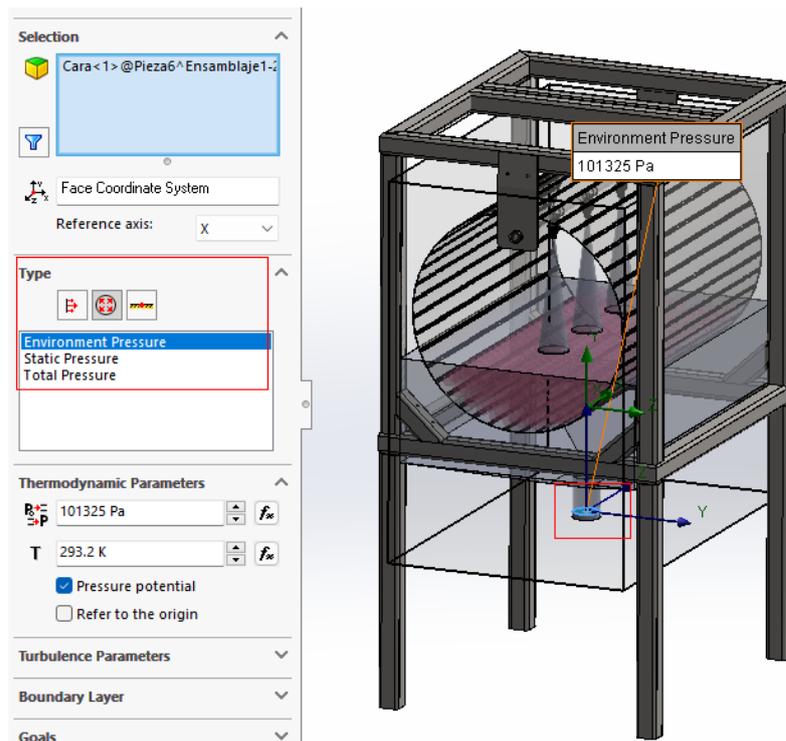


Figura 32-3: Ingreso de la opción de salida al ambiente.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

14. Ya con las condiciones y datos de entrada damos en la opción correr, lo cual tomara un poco de tiempo acorde a nuestro sistema.

3.2.3 Selección de la fuente de potencia

Para el presente trabajo de titulación debido al tipo de máquina y al tipo de actividad que se va a realizar lo más recomendado por las personas con experiencia y por la misma industria la mejor opción y la más adecuada es un motor eléctrico, los cuales son fáciles de conseguir y además brindan altas eficiencias de trabajo, además que tienen la gran ventaja de tener bajo costo de mantenimiento y son muy versátiles.

Es por esto que se ha optado por esta opción y además cabe mencionar que como el tipo de actividad a realizarse por la máquina o motor no conllevara mucha potencia debido a que es un quintal de tubérculos es la opción más factible.

3.2.3.1 Cálculo de la potencia del motor

Como ya se mencionó para esta máquina se utilizará un motor eléctrico por lo que es necesario calcular su potencia y de esta manera poder tener la energía y la capacidad necesaria para que se pueda llevar a cabo el lavado del producto.

Entonces partimos de la ecuación de la potencia

$$P = T * n$$

Donde

- P = potencia [KW]
- T = Torque o momento
- n = velocidad angular.
- Para el cálculo del torque aplicamos la siguiente ecuación

$$T = I * \alpha$$

Donde

- I = Momento de inercia.
- α = Aceleración angular.

El cálculo del momento de inercia se lo realizará con la ayuda del software CAD CAE SOLIDWORKS que con modelar el tambor y representar un peso en su interior nos permitirá calcularlo de un manera segura y rápida.

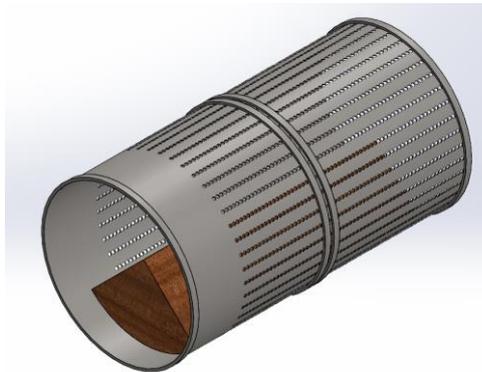


Figura 33-3: Esquematización del tanque y su carga
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Cabe recalcar que el presente esquema esta realizado con un margen de carga de dos quintales y un tambor más grande del establecido para de esta manera asegurar las condiciones de movimiento del tambor.

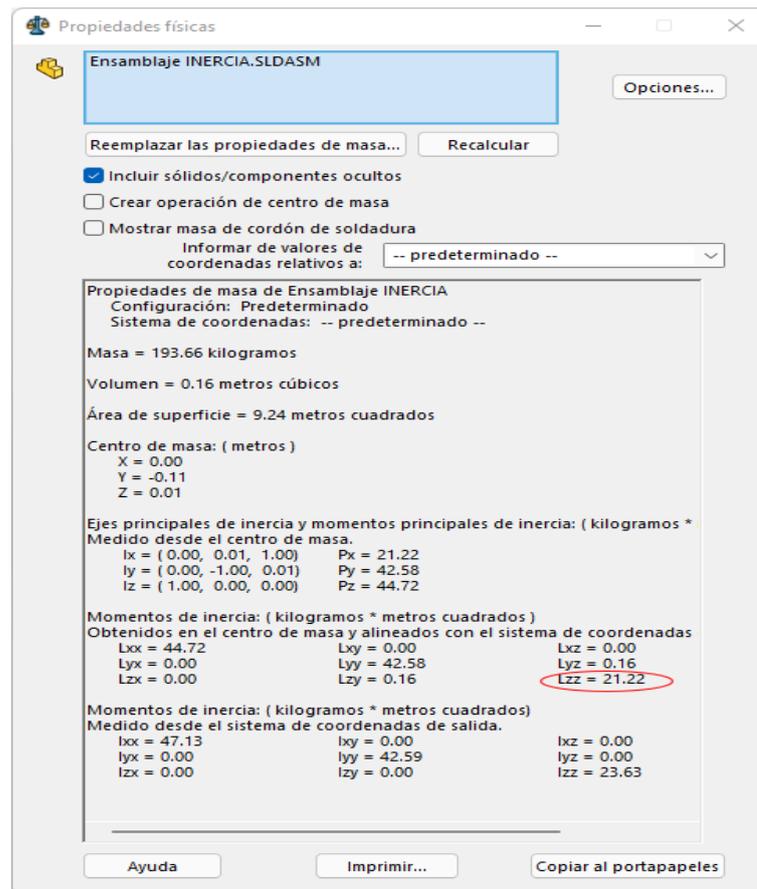


Figura 34-3: Tabla de propiedades físicas del programa SolidWorks
 Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Como se puede observar el valor del momento de inercia respecto al eje de giro Z es de 21.22 kg/m² que para facilitar los cálculos y tener mejor apreciación se tomara un valor de 22 kg/m².

De la misma manera se procede a calcular la aceleración angular.

Para este requerimiento es necesario conocer la velocidad con la que girara el tambor para lo cual nos hemos basado en máquinas ya construidas y en opiniones de personas que se dedican a la construcción de maquinaria y hemos llegado a obtener que para el tamaño del tambor y para la cantidad de tubérculos a lavar el valor seria de 8.57 rpm.

Entonces la aceleración angular la calculamos asumiendo que el motor parte del reposo entonces.

$$\alpha = \frac{w_f}{t}$$

Donde

w_f = velocidad angular final (velocidad establecida)

t = tiempo.

Para el tiempo de respuesta los motores convencionales pueden soportar de los 3 a los 5 arranques por hora sin sufrir daños por lo que para este caso el tiempo sería de 3 segundos ya que el motor se lo encendería una vez cada hora por un uso de 3 horas al día.

Así obtenemos la aceleración angular.

$$\alpha = \frac{w_f}{t} = \frac{8.57 \text{ rpm}}{3 \text{ seg}} = \frac{0.897 \text{ rad/s}}{3 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 0.35 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

Entonces tenemos que

$$T = 22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0.35 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$T = 7.7 \text{ Nm}$$

Por lo tanto, la potencia

$$P = 8.06 \text{ W} = 0.01 \text{ hp}$$

Por lo que el valor de la potencia de un motor comercial sería de ¼ hp.

Como ya se ha dicho el cálculo arroja un motor eléctrico de ¼ hp, pero el inconveniente en este caso sería que este tipo de motores vienen con velocidades de salida superiores al 1700 rpm

lo cual nos dificulta demasiado en la transmisión de potencia por lo que se opta por un motorreductor de la misma potencia que tendrá una velocidad de salida de 58 rpm.

3.1.3.2 Catalogo del elemento.



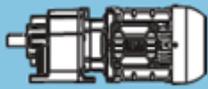
P _N = 0.18 kW								IE1	
50 Hz		60 Hz		i	at 50 Hz			m kg	Dimension sheet see page
0.18 kW		0.22 kW			F _{ra}	F _{ra}			
n _{ve} min ⁻¹	n _{ve} min ⁻¹	M ₂ Nm	t _b		kN	kN			
27	34	63	0.80	32.89	3.5	1.1	CG002-11N-71-06E CF002-11N-71-06E	10 11	110
31	38	56	0.90	29.33	3.6	1.2			
34	42	50	1.00	26.18	3.6	1.2			
39	48	44	1.15	23.00	3.7	1.3			
44	54	39	1.30	20.53	3.7	1.3			
52	64	33	1.55	17.29	3.7	1.4			
53	66	32	1.00	16.86	3.6	1.2			
58	72	30	1.70	15.43	3.6	1.4			
66	82	26	1.95	13.54	3.4	1.4			
68	84	25	1.75	13.10	3.4	1.3			
74	91	23	2.20	12.08	3.3	1.4			
86	106	20	2.25	10.42	3.1	1.4			
90	111	19	2.65	9.97	3.1	1.5			
101	124	17	2.95	8.90	3.0	1.5			
109	135	16	2.90	8.17	2.9	1.4			
29	36	60	0.85	47.44	3.6	1.1	CG002-11N-63-04F CF002-11N-63-04F	7.8 9.1	110
32	40	53	0.95	42.34	3.6	1.2			
37	46	46	1.10	36.85	3.7	1.2			
42	52	41	1.25	32.89	3.7	1.3			
47	58	37	1.40	29.33	3.7	1.3			
52	65	33	1.55	26.18	3.7	1.4			
60	74	29	1.75	23.00	3.5	1.4			
67	83	26	1.95	20.53	3.4	1.4			
79	98	22	2.35	17.29	3.3	1.4			
81	101	21	1.50	16.86	3.2	1.4			
89	110	19	2.60	15.43	3.1	1.5			
101	126	17	2.95	13.54	3.0	1.5			
105	130	16	2.65	13.10	3.0	1.4			
113	141	15	3.30	12.08	2.9	1.5			
131	163	13	3.45	10.42	2.8	1.5			
137	171	13	4.00	9.97	2.8	1.5			
154	191	11	4.50	8.90	2.7	1.5			
168	208	10	4.40	8.17	2.6	1.5			
199	247	9	5.70	6.88	2.5	1.6			
223	277	8	6.50	6.14	2.4	1.6			
285	353	6	6.50	4.81	2.2	1.6			
387	480	4	7.90	3.54	2.0	1.6			

Figura 35-3: Motorreductor seleccionado de la marca weg modelo CG002-11N-63-04F

Fuente: Catálogo WEG, 2021

3.2.4 Diseño de materialización

Para este componente que es básico, se tiene una esquematización para su representación que podrá ser utilizado en el ensamblaje final.

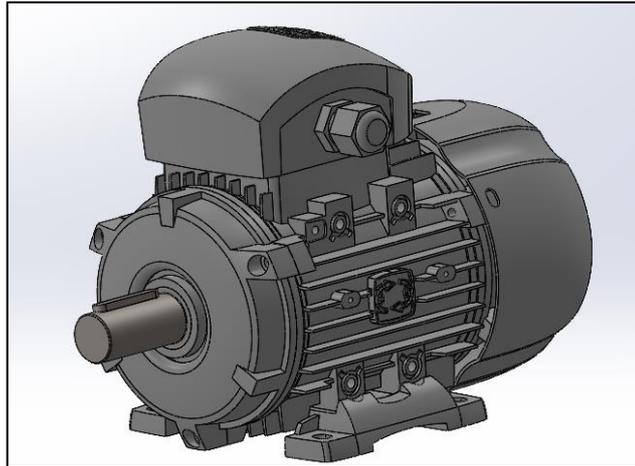


Figura 36-3: Esquematación del motorreductor eléctrico.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.4.1 Sistema de transmisión de potencia

Como ya se mencionó anteriormente fue necesario la aplicación de un motorreductor para poder llevar a cabo una transmisión de potencia adecuada.

Para el presente caso se ha tomado en cuenta la selección de una correa plana para que exista más área de contacto con el tambor ya que el tambor vendrá a hacer la función de polea.

Entonces, para transmisión por correas planas se tiene:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

Donde

d_1 = diámetro polea conductora. [m]

d_2 = diámetro polea conducida. [m]

N_1 = velocidad polea conductora. [rpm]

N_2 = velocidad polea conducida. [rpm]

Por lo tanto, se tiene que

$$\frac{8.57}{58} = \frac{d_1}{0.8}$$

Por lo que se puede hallar el diámetro de la polea conductora.

$$d_1 = 0.118 \text{ m} = 118.20 \text{ mm}$$

Por lo que para mayor facilidad de construcción o de adquisición de la polea se la lleva a un diámetro estándar de 5 in o de 127 mm.

Para la longitud de la correa se tiene la siguiente formula.

$$L = \frac{\pi}{2}(d1 + d2) + 2x + \frac{(d1 - d2)^2}{4x}$$

Donde:

L = longitud de la correa

X = distancia entre centros (tomado del modelado en SOLIDWORKS.)

Entonces reemplazando datos

$$L = \frac{\pi}{2}(127 + 800) + 2(674.54) + \frac{(127 - 800)^2}{4(674.54)}$$

$$L = 2973.07 \text{ mm}$$

Con ese valor lo que se hace es escoger una correa de tamaño comercial por lo que el tamaño de catalogo es de 3000 mm.

Entonces ahora lo más conveniente sería ya con la longitud comercial recalcular la distancia entre centros para que la correa este en óptimas condiciones de funcionamiento, entonces.

$$3000 = \frac{\pi}{2}(127 + 800) + 2x + \frac{(127 - 800)^2}{4x}$$

Por lo tanto, X o la nueva distancia entre centros sería

$$x = 687.31 \text{ mm}$$

NOTA. - PARA CUMPLIR ESTA DEMANDA DE LA NUEVA DISTANCIA ENTRE CENTROS FUE NECESARIO CAMBIAR EL MODELADO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.

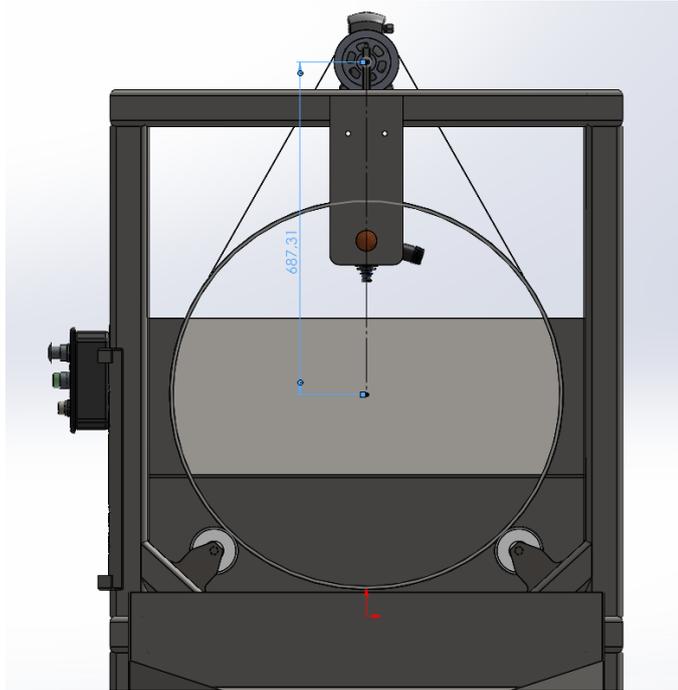


Figura 37-3: Apreciación de la nueva distancia entre centros.
 Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Cabe recalcar que esta será la geometría definitiva de la estructura de la máquina.

Ahora corresponde a calcular la sección de la banda plana, para lo cual se procede.

$$v = \frac{\pi d1 N1}{60}$$

$$v = \frac{\pi * 0.127 * 58}{60}$$

$$v = 0.386 \frac{m}{s}$$

Este valor como es menor a 10 m/s indica que no hay influencia de la fuerza centrípeta.

Continuando.

$$P = (T1 - T2)v$$

$$186 = (T1 - T2) 0.386$$

$$T1 - T2 = 481.86$$

Además, se tiene

$$\frac{T1}{T2} = e^{\mu\theta}$$

Donde

T1 = tensión en el lado tenso

T2 = tensión en el lado flojo.

μ = coeficiente de fricción. (Para este caso 0.18 del caucho de la banda)

Θ = ángulo de contacto [rad]

Entonces

$$\theta = 180 - 2\alpha$$

$$\theta = 180 - 2\left[\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2x}\right)\right]$$

$$\theta = 180 - 2\left[\sin^{-1}\left(\frac{0.8 - 0.127}{2(687.31)}\right)\right]$$

$$\theta = 180 - 2\alpha$$

$$\theta = 121.38^\circ = 2.11 \text{ rad}$$

Entonces

$$\frac{T1}{T2} = e^{0.18*2.11}$$

$$\frac{T1}{T2} = 1.461$$

Realizando un pequeño sistema de ecuaciones se tiene

$$T1 = 1527.11 \text{ N}$$

$$T2 = 1045.25 \text{ N}$$

Ahora imponemos un esfuerzo admisible del caucho que en la literatura recomienda 90 MPa, así tendríamos

$$T = \sigma * A$$

Donde

$$T = T1$$

σ = esfuerzo admisible

A = área de la sección (a x b – espesor por ancho)

Como el catálogo indica el espesor de la correa que en este caso es de 1 mm lo que hace falta calcular sería el ancho de la banda, es así que

$$1527.11 = (9 \times 10^6) \left(\frac{1}{1000} \right) b$$

Entonces se obtiene el valor de b

$$b = 0.01696 \text{ m} = 16.97 \text{ mm}$$

De la misma manera se debe buscar una banda comercial por lo que se toma la banda de 20 mm de ancho.

Entonces se obtiene una banda plana de 3000 mm de longitud con una sección de 1 x 20 mm.

3.2.4.2 Catálogo del producto.

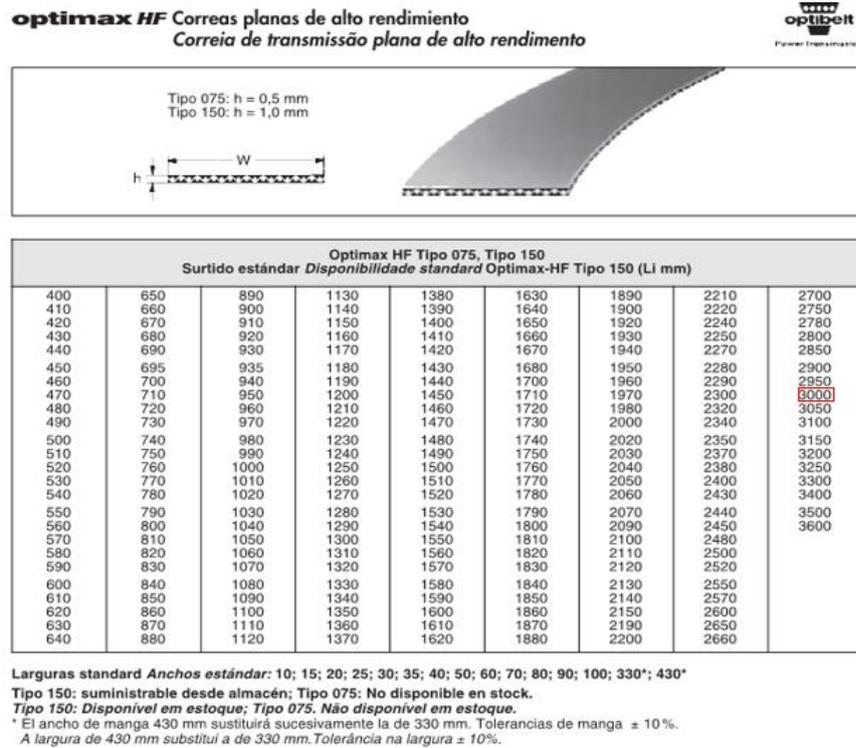


Figura 38-3: Catálogo de correas

Fuente: OPTIBELT QUITO, 2021

3.2.4.3 Diseño de materialización.

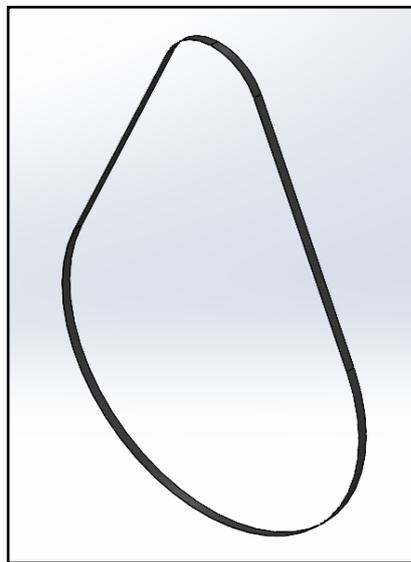


Figura 39-3: Modelado de banda plana de transmisión.

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.4.4 Diseño de polea conductora.

Como se pudo apreciar en el paso ítem anterior el cálculo de transmisión de potencia nos arroja una polea conductora de diámetro 127 mm con un canal de 1 x 20 mm que se va a realizar en

fundición de aluminio en la ciudad de Quito donde se dedican a la fabricación de cualquier tipo de polea.

3.2.4.5 Empresa proveedora del producto.



Figura 40-3: Empresa dedicada a la construcción de poleas Quito

Fuente: RUKHERMAQ QUTO, 2021

3.2.4.6 Diseño de materialización.

Para el diseño de la polea en SolidWorks se procede a realizar una operación de revolución para cual es necesario realizar el croquis de la sección transversal de la polea para posteriormente realizar dicha operación y posteriormente tendremos la rueda en sí, seguidamente realizaremos unos cortes en la base de la polea por motivos de peso y estética.

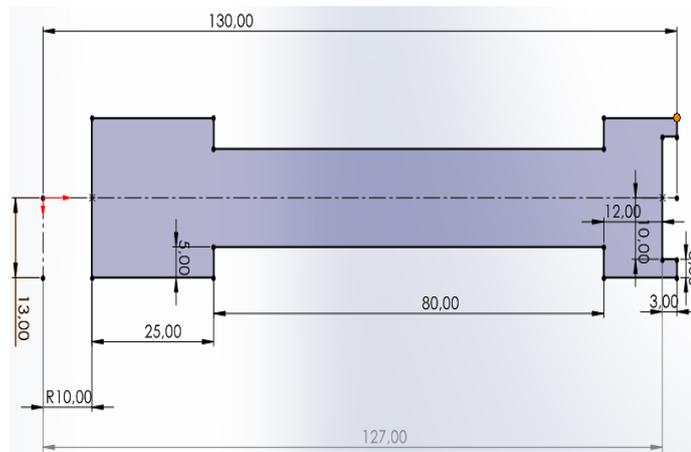


Figura 41-3: Croquis de sección transversal de conformación de la polea

Realizado por: Rojas Santiago, 2021



Figura 42-3: Polea conformada
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

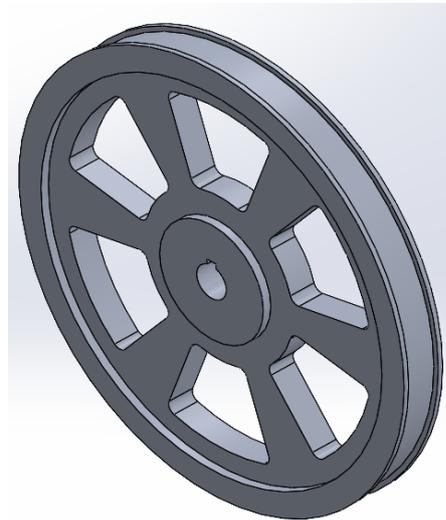


Figura 43-3: Producto final de polea.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.5 Selección de ruedas de giro del tambor.

Este apartado es muy importante ya que es aquí donde se llevará a cabo el trabajo o el desarrollo de la máquina en sí, por lo que en primer lugar cabe recalcar que estas ruedas plásticas en el mercado se las conoce como GARRUCHAS, y es que por sus altas prestaciones que se escoge ya que al ser de material plástico se recomienda su uso en la industria alimenticia, también es necesario discutir sobre sus altas prestaciones en cuanto resistencia tanto estática como dinámica.

Entonces se ha optado por garruchas de 100 mm de diámetro que soportan 400 kg de peso lo cual está muy por encima de la capacidad de la máquina por lo que se asegura que no habrá ningún inconveniente al momento de trabajar en la máquina.

3.2.5.1 Catalogo del producto.

Datos técnicos

Diámetro de la rueda	100 mm
Ancho de banda de rodadura	36 mm
Medida de pletina	103 x 85 mm
Distancia de agujeros	80/77 x 60 mm
Diámetro de agujero	9 mm
Altura total	128 mm
Temperatura	- 40 / + 80 °C
Normal	EN 12532
Peso de la rueda	0.458 kg
Dureza del bandaje	Shore D 75
Capacidad de carga	200 kg
Capacidad de carga estática	400 kg

Dimensiones

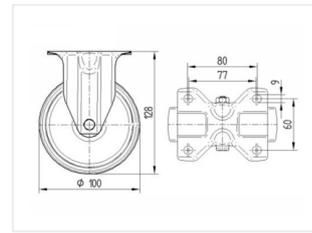


Figura 44-3: Características de la garrucha seleccionada.

Fuente: RODACEROS RIOBAMBA, 2021

3.2.5.2 Diseño de materialización.

Para el presente modelo de materialización se tiene un esquema lo más cercano a la realidad.

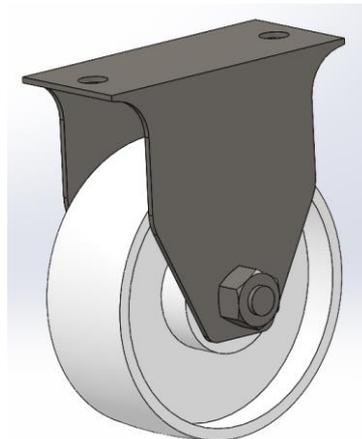


Figura 45-3: Modelado la garrucha de tambor.

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.6 Mecanismo de tensión/sujeción del tambor

Este mecanismo también llamado templador o tensador es de suma importancia para la estabilidad de la máquina o del sistema ya que permitirá que el tambor no se mueva de su posición y permitirá que el sistema esté en armonía.

Este mecanismo consta de la garrucha seleccionada como apoyo del tambor soldado tubos cuadrados concéntricos con agujeros para poder instalar un pasador para que se mantenga cumpliendo su función de mantener el tambor en su sitio.

3.2.6.1 Diseño de materialización.

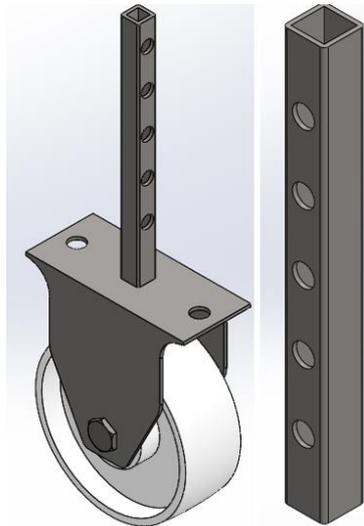


Figura 46-3: Mecanismo completo del tensador de tambor.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.7 Puerta de salida del producto

La puerta de salida de producto está dispuesta para evitar que el producto salga del tambor mientras esta gira y lava el mismo, además está sujeto a una bisagra que permitirá abrirla para retirarlo y de esta manera poder obtener el producto ya procesado.

Para este elemento se va a utilizar unas planchas de acero INOX 304 de un espesor de 3 mm y esta adecuada al ancho de la estructura además de unos pliegues para poder dar rigidez.

3.2.7.1 Diseño de materialización.

Para el diseño de la puerta se procede a dibujar el tamaño de la puerta y seguid a esto se realiza una extracción de 3 mm del mismo que es el espesor de la puerta.

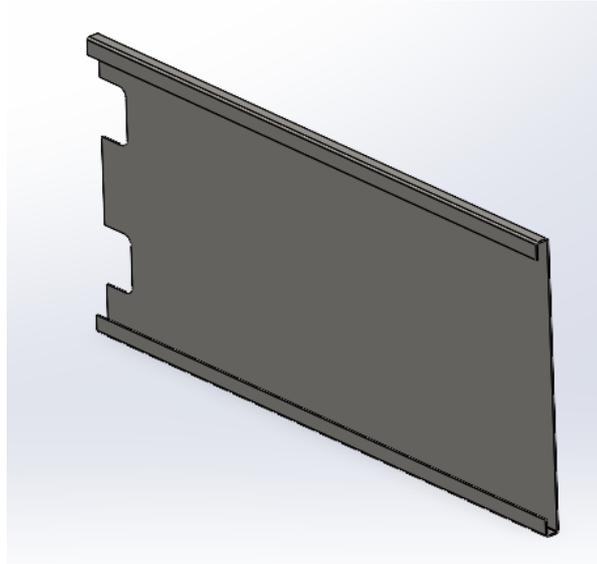


Figura 47-3: Coquizado y modelado puerta de salida de producto
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.8 Diseño de tubería conductora de agua o sistema de riego

Para el diseño de del sistema aspersor de agua se realiza un ensamble de tubos plásticos que son los utilizados en domicilios de $\frac{1}{2}$ in, para esto se utiliza un tubo 3 tees y un tapón que es por donde circulara el agua para que el sistema pueda cumplir su cometido.

El aspecto principal es que para el cometido se empleará aspersores para la salida del agua los cuales nos facilitaran el trabajo de limpieza.

Para la selección de aspersores se ha tomado en cuenta que sean acoplables a tubería de $\frac{1}{2}$ in y que su chorro sea cónico para poder alcanzar a todo el largo del tanque además que funcionen a la presión de un grifo domiciliario.

También se recalca que para el abastecimiento del agua se lo realizará con un acople de $\frac{1}{2}$ in a manguera ya que el sistema va a funcionar con grifo de agua.

3.2.8.1 Catálogo de tubería.

La tubería escogida está disponible en el ecuador en cualquier ferretería.

DN (mm)	DENOMINACIÓN DE LA ROSCA	ESPESOR MÍNIMO (mm)	PRESIÓN DE TRABAJO	
			(MPa)	(PSI)
21,34	1/2	3,73	2,90	420
26,67	3/4	3,91	2,34	340
33,40	1	4,55	2,21	320
48,26	1 1/2	5,08	1,65	239
60,32	2	5,54	1,38	200

Figura 48-3: Catálogo de tubería
Fuente: TUBOS RIVAL, 2021

3.2.8.2 Diseño de materialización.

Para este ensamblaje se realiza la extrusión de los tubos y el ensamblaje con sus respectivas tees además de un tapón que es el que permitirá que el agua recircule al sistema para obtener el producto lavado.

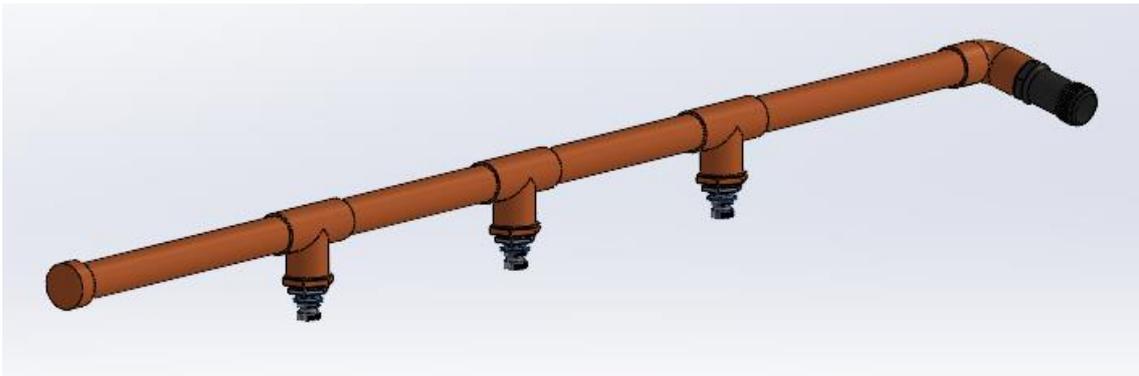


Figura 49-3: Ensamblado de sistema de riego de la máquina
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.9 Diseño de tolvas del sistema.

3.2.9.1 Tolva de ingreso del producto

Esta tolva se la realiza tomando en cuenta la altura promedio del ecuatoriano por lo que la entrada de la tolva quedara a 1.62 m y viendo el ángulo de ingreso del producto, para esto se utilizara una plancha de acero inox de 3 mm de espesor.

La tolva de alimentación de entrada permite el ingreso del tubérculo independientemente de cuál sea, cuya actividad se la realizará de forma manual como se muestra.

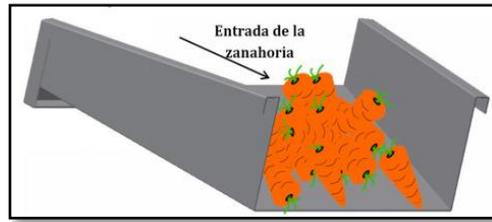


Figura 50-3: Entrada del producto
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.9.2 Dimensionamiento de la tolva.

Para el dimensionamiento de la tolva se toma en cuenta el factor de fricción del producto con el acero INOX que será el material de elaboración de la tolva, el cual tomando un promedio de varios tubérculos es de 0.47. A continuación se calcula el ángulo de ingreso de la tolva con la siguiente ecuación:

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

Donde

$\theta =$ ángulo de inclinación.

$\mu_s =$ coeficiente de fricción.

Entonces se tiene que:

$$\theta = \tan^{-1}(0.47)$$

$$\theta = 25.4^\circ$$

Entonces tenemos el dimensionamiento de la tolva de alimentación con el ángulo encontrado y adaptándose al tamaño de la estructura.

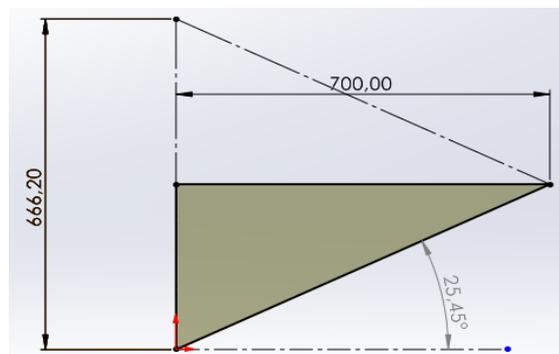


Figura 51-3: ángulo de inclinación de la tolva
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

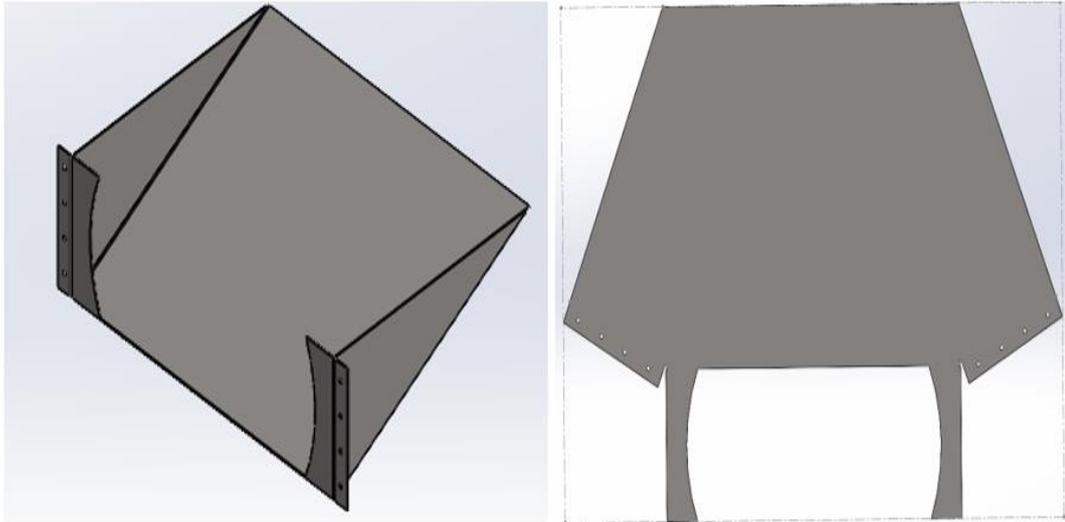


Figura 52-3: Tolva conformada y chapa metálica desplegada
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.9.3 Tolva de recolección de agua.

La tolva para recolectar el agua nos sirve para poder reutilizar el agua y que la máquina sea más ecoamigable.

Esta agua puede ser utilizada para el riego del cultivo ya que estaría con tierra y así poder ayudar con el ahorro del líquido vital.

La tolva de recolección se la desarrolló en base a las dimensiones de la estructura para que pueda calzar de una manera adecuada.

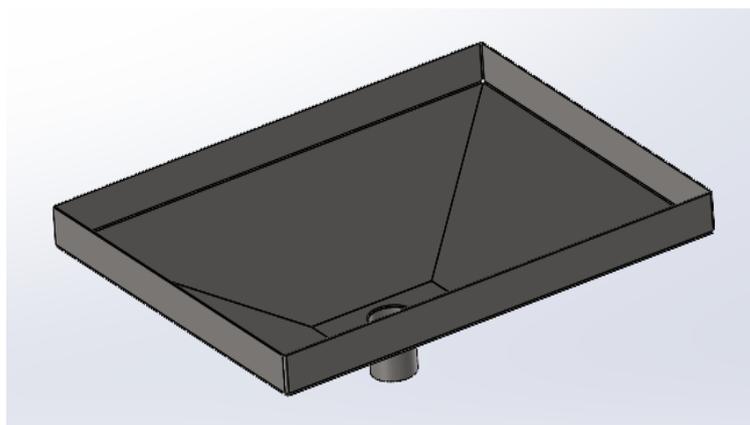


Figura 53-3: Tolva conformada
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

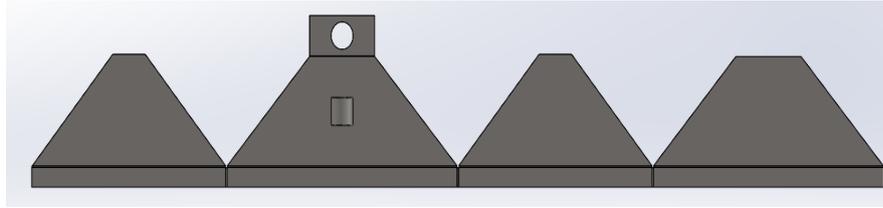


Figura 54-3: Chapa metálica de la tolva desplegada

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.9.4 Tolva de salida del producto.

Esta tolva está pensada en la recolección del producto ya procesado o listo, después de haber sido lavado, ya que el producto puede ser recolectado ya sea en costales o en canastas plásticas.

De la misma manera esta tolva esta ajustada a las dimensiones de la estructura para que no altere el sistema.

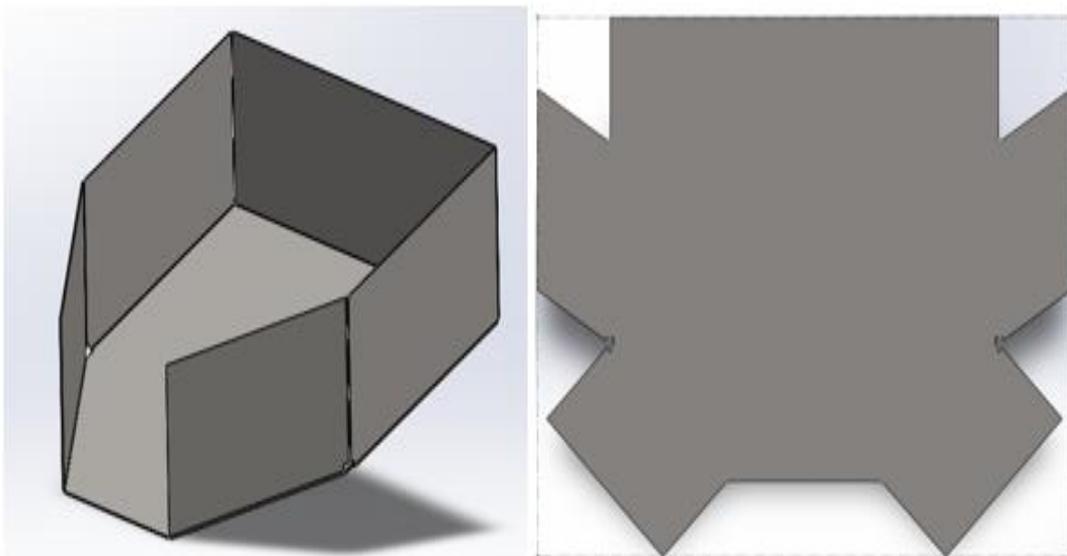


Figura 55-3: Tolva conformada y chapa metálica desplegada

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.9.5 Diseño de materialización.

Para el diseño de materialización que para el presente trabajo se ha decidido realizarlo de una manera virtual o modelado CAD y como ya se mencionó en los inicios de este capítulo se utilizará el software de modelado CAD CAM llamado SOLIDWORKS que nos brinda ciertas facilidades para poder modelar cualquier tipo de elementos de máquina además que nos permite realizar simulaciones muy acertadas. Se presenta un modelo de la máquina realizado en el software CAD CAM

3.2.10 Exigencias del diseño de la máquina lavadora de tubérculos

Tabla 9-3: Exigencias del diseño

RESULTADOS		
Diseño de una máquina lavadora de tubérculos		
N.º	Exigencia	Descripción
1	E	<p>Función principal</p> <p>La máquina debe lavar tubérculos, dejándolas libres de tierra para luego ser secadas al aire libre.</p>
2	E	<p>Geometría. Debe tener una altura máxima de 1.7 metros, un ancho no mayor a 1 metro y 2 metros de largo.</p>
3	E	<p>Material</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El flujo del material son lavadora de tubérculos. 2. La lavadora de tubérculos al ingresar no contaran con las hojas verdes, ni mucho menos con hojas secas 3. A la salida del proceso de lavado la lavadora de tubérculos no sufrirá cambios químicos ni cambios en su forma. Pero si saldrá limpia y pulida (mallada).
4	E	<p>Fuerzas</p> <p>La fuerza de lavado debe ser la necesaria para no dañar la lavadora de tubérculos.</p>
5	E	<p>Ergonomía</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El manejo de la máquina es sencillo y amigable, es decir de fácil manejo para cualquier persona. 2. El ingreso de la materia prima debe estar aproximadamente a una altura de 1 m. 3. El color de la máquina será claro y el modelo sin ninguna sorpresa para no provocar alguna distracción en el operador.
6	E	<p>Seguridad</p>

		<p>1. El diseño no pondrá en peligro al usuario bajo ninguna circunstancia, esto se entiende tanto a la integridad física como emocional.</p> <p>2. Así mismo la máquina debe contar con señalización de seguridad.</p>
7	E	<p>Señales</p> <p>Se contará con botones de encendido y apagado. Serán de fácil comprensión y manejo para el operador y usuario.</p>
8	E	<p>Cinemática</p> <p>El proceso de lavado debe ser rápido.</p>
9	E	<p>Materia</p> <p>Para su construcción deben utilizarse materiales con buenas propiedades de dureza, resistencia y tenacidad, además que no contamine el ambiente</p>
10	E	<p>Energía</p> <p>La energía empleada en la máquina debe de ser del tipo mecánica suministrada por la persona que opera la máquina.</p>
11	E	<p>Fabricación</p> <p>La fabricación y ensamble de la máquina debe ser fácil. Los procesos de manufactura podrán ser realizados en un taller local.</p>
12	E	<p>Control</p> <p>Se debe controlar todas las etapas de la fabricación de la máquina según las normas correspondientes</p>
13	E	<p>Montaje</p> <p>El montaje de la máquina debe ser de rápida instalación y de fácil comprensión para los operarios; así mismo, el desmontaje deberá ser rápido y simple para el posterior traslado y así poder usarla en diferentes lugares.</p>
14	E	<p>Mantenimiento</p> <p>1. EL mantenimiento de la máquina será factible y sin complicaciones gracias a su diseño (disposición de componentes).</p>

		<p>2. El tiempo estimado de mantenimiento lo determinará el desgaste de las piezas involucradas. La pintura exterior será protectora (anticorrosivo).</p> <p>3. Para conseguir los repuestos se podrá buscar en el mercado nacional como en el internacional, dependiendo de la calidad del producto y el precio.</p>
--	--	---

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.10.1 Caja negra.

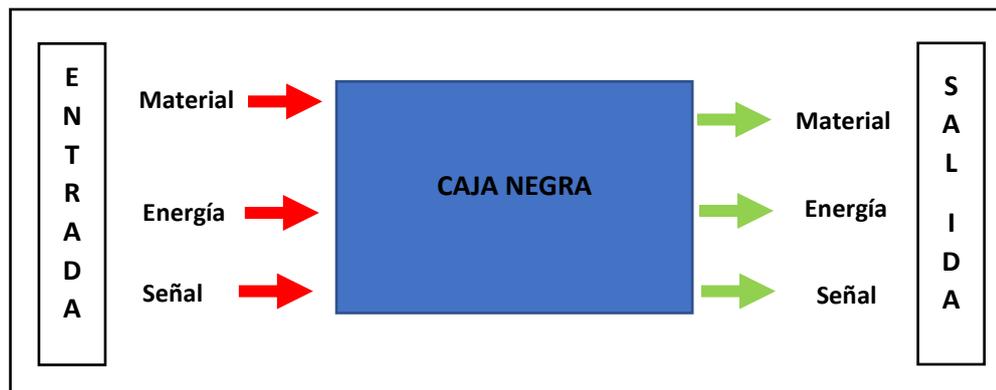


Gráfico 3-3: *Caja negra lavadora de tubérculos*

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

ENTRADAS

Material: Tubérculos con tierra e impurezas

Energía: Energía mecánica proporcionada por el motor

Señal: Inicio de funcionamiento

SALIDAS

Material: Tubérculos limpios

Energía: Vibración y calor

Señal: Indicador de funcionamiento

3.2.10.2 Procesos técnicos diseñados

Los procesos técnicos que intervienen en el lavado de los tubérculos son los siguientes:

- Alimentar.

- Almacenar.
- Accionar
- Transmitir.
- Lavar.
- Verificar.
- Expulsar.

3.2.10.2.1 Proceso de funcionamiento

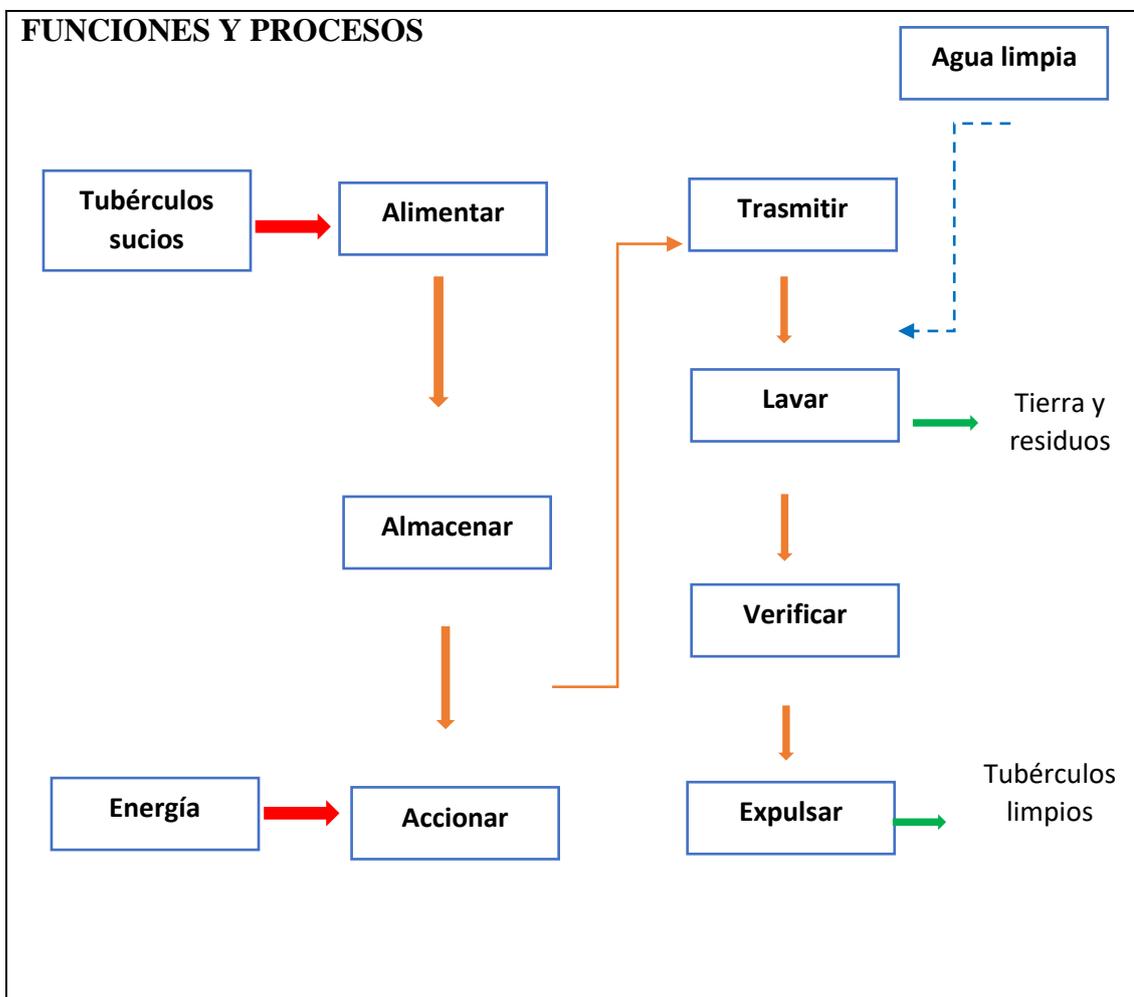


Gráfico 4-3: Procesos de funciones
 Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.2.10.3 Producto final

Partes de la lavadora

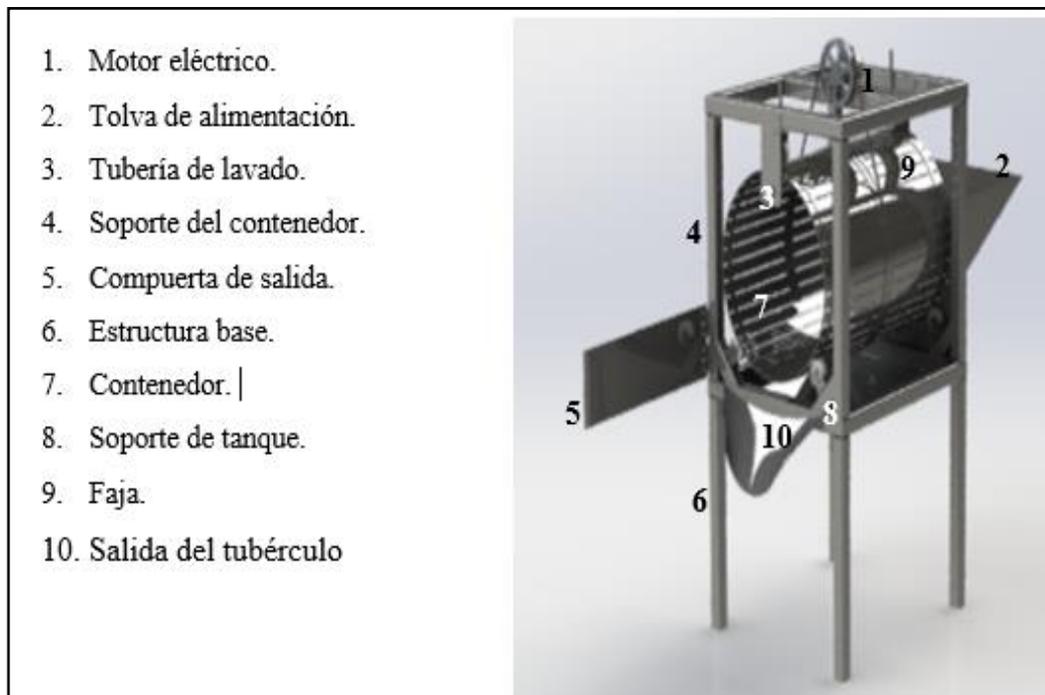


Figura 56-3: Tolva de salida conformada
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.3 El Acero Inoxidable en la industria alimentaria

Los materiales en contacto con alimentos no deben cambiar sus propiedades para poder garantizar que cambien de alguna manera el sabor o el buen estado de los alimentos por lo que como se mencionó según norma y la experiencia del sector el acero inox es el material más adecuado para esta tarea.

3.4 Análisis de costos.

El presente apartado del trabajo de titulación se enfoca en realizar una memoria de costos basándose en datos brindados por proveedores para tener un estimado del costo relativo que tendrá la máquina lavadora de tubérculos.

3.4.1 Costos directos e indirectos.

3.4.1.1 Costos directos.

Son todos los desembolsos de dinero que se realiza con el único fin ya sea de producir o elaborar la máquina lavadora de tubérculos como pueden ser materiales, transporte, mano de obra, equipo utilizado, etc.

3.4.1.1.1 Costos de materiales.

Estos son los costos que se denominarían como importantes y necesarios para la construcción de la máquina lavadora de tubérculos, los mismos de detallan en la siguiente tabla.

Tabla 10-3: Costo de materiales.

Descripción	Precio unitario (USD)	Cantidad	Sub Total (USD)
tubo cuadrado de acero inox 304	175,68	4	702,72
plancha perforada de acero inox 304	573,75	1	573,75
plancha de acero inox 304	168	4	672
garruchas	10	6	60
bisagras de acero inox	15	2	30
banda de transmisión de potencia	12	1	12
polea de 127 mm	30	1	30
motorreductor weg	430	1	430
tubo de PVC de 1/2 in	5	1	5
tee roscada de 1/2 in	1	3	3
aspersores de agua	8	3	24
tapón hembra de 1/2 in	1	1	1
Acople de ingreso de agua de 1/2 in	4	1	4
platina de acero inox 304 de sección 4x30 mm	46	1	46
Botonera ON OFF de 110 V	35	1	35

Contactador de fuerza 10 A 1/4 hp 110 V	40	1	40
Enchufe de 3 patas reforzado 15 A 110 V	8	1	8
Disco de corte de acero inoxidable	3	15	45
Plancha de policarbonato.	110	1	110
pernos M8	0,25	14	3,5
Machuelos M8	5	2	10
Tuercas M8	0,1	2	0,2
TOTAL			2845,17

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.4.1.1.2 Mano de obra.

Este apartado se refiere al esfuerzo ya sea físico o mental que se emplea para poder realizar la construcción de la máquina.

Para determinar el costo de este apartado se toma en cuenta el salario del trabajador metalmecánico en donde se detallan los salarios a continuación.

Tabla 11-3: Mano de obra

Descripción	Salario Real/Hora.	Horas-Hombre	Subtotal
Soldador especialista.	10	20	200
Ayudante	5	50	250
Maestro Mecánico.	8	20	160
TOTAL			610

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.4.1.1.3 Equipos y herramientas.

Este costo deriva de la utilización del equipo y maquinaria utilizado para la construcción de la máquina lavadora de tubérculos.

Tabla 12-3: Equipos y herramientas.

Descripción	Costo/Hora	Horas Equipo Subtotal	Valor (USD)
Soldadora	4,5	20	90
Varoladora	2	4	8
Tronzadora	2	15	30
Escuadra	0,8	10	8
Moladora	1,5	15	22,5
Herramientas menores	1,25	15	18,75
Cortadora de plasma	6	10	60
TOTAL			237,25

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.4.1.1.4 Coste de transporte de materiales.

Este rubro nos indica el gasto que realizamos por tener nuestros insumos en el lugar de construcción, pero con los medios de hoy en día y la competencia este rubro viene incluido en el costo de cada uno de los productos, cabe recalcar que ciertos materiales tendrán que traerse desde Quito o Guayaquil, pero como se ha manifestado el costo del viaje está incluido.

3.4.1.1.5 Costo total directo.

Es la suma de los totales de las tablas anteriores que reflejará el costo de la elaboración de la máquina lavadora de tubérculos.

Tabla 13-3: *Costo total directo.*

Descripción	Costo
Costo de materiales.	2845,17
Costo de mano de obra.	610
Costo de equipos y herramientas.	237,25
TOTAL COSTOS DIRECTOS	3692,42

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.4.1.2 Costos indirectos.

Este rubro tiene que ver con costos no identificados como podrían ser costos ingenieriles y de supervisión ya que se requiere que la máquina sea construida de la mejor manera, además de ciertos imprevistos que no podemos contar en un momento determinado.

Tabla 14-3: *Costos indirectos.*

Costos	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Ingenieriles de diseño	16	horas	10	160
Ingenieriles de supervisión	12	horas	10	120
Imprevistos				200
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				480

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

3.4.2 Costo total.

El costo total se refiere a la suma de los costos directos e indirecto y nos reflejará el costo que tomará para poder realizar la máquina lavadora de tubérculos.

Tabla 15-3: *Costo total de la máquina lavadora de tubérculos.*

Costo total	Dólares
Costos directos.	3692,42
Costos indirectos.	480
TOTAL	4172,42

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Entonces como podemos apreciar el costo total de la máquina lavadora de tubérculos será de \$ 4172.42 (Cuatro mil ciento setenta y dos dólares con 42 centavos).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Validación dinámica

4.1.1 Velocidades

Mediante el software de diseño y modelado SolidWorks podemos observar la velocidad a la que gira el tambor de lavado dándole una velocidad al motor de 58 rpm que son las calculadas en el diseño, corroborando así la transmisión de potencia por banda plana.

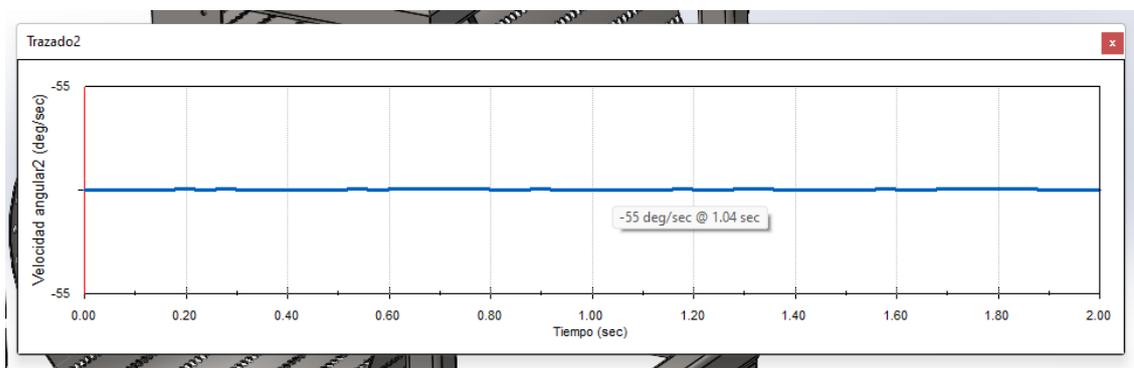


Gráfico 1-4: Validación de la velocidad.

Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Se puede observar que la velocidad del tambor es de 55 grados/seg que equivale a 9.1 rpm que es muy cercano a la teoría de 8.57 rpm.

4.2 Validación estática.

4.2.1 Simulación estática.

Este proceso se lo llevo a cabo en el software SolidWorks y es el que nos permitirá saber si la estructura diseñada soportará la máquina en sí y su respectivo peso con todos los elementos montados.

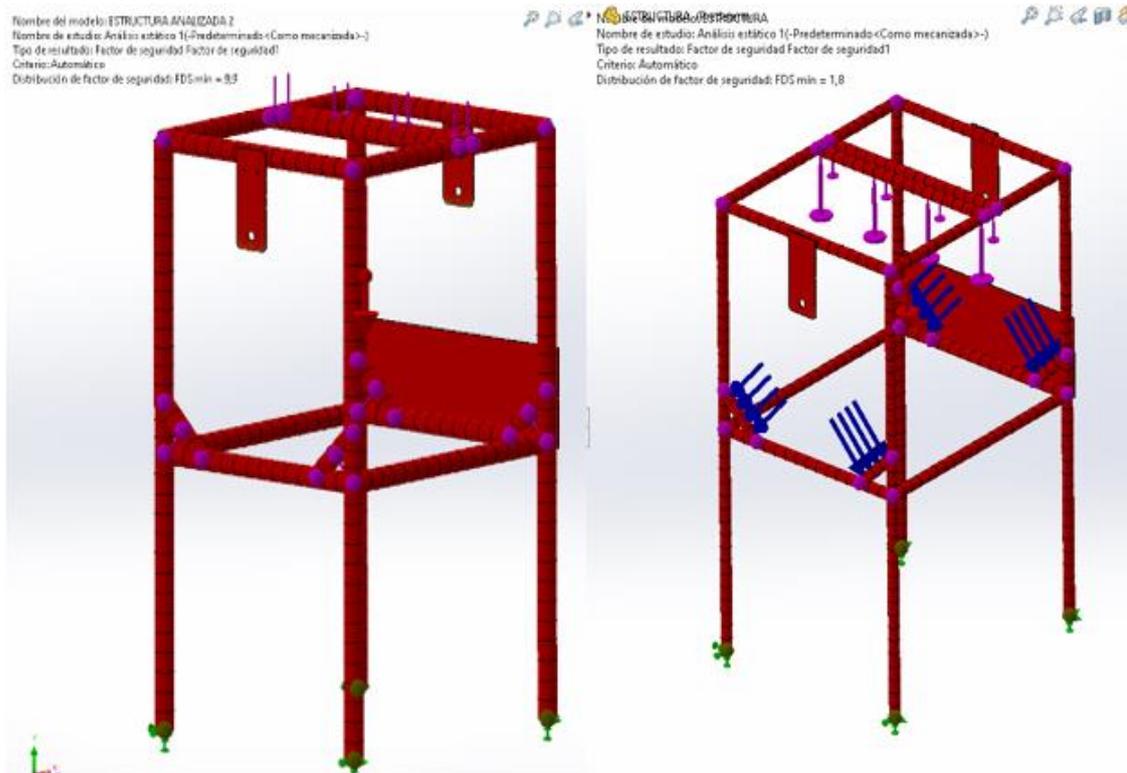


Figura 1-4: Validación estática de la estructura de la máquina.
 Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Entonces una vez realizado el análisis siguiendo los pasos ya especificados en el capítulo anterior podemos ver como la estructura tiene un factor de seguridad de 9.9 en la estructura conformada con tubo cuadrado de 3 in y de 1.8 en la estructura conformada por tubo cuadrado de 2 in, los cuales son aceptables para el desarrollo de este proceso.

4.3 Validación del recorrido del fluido.

4.3.1 Simulación del fluido.

Este proceso al igual que el modelado y las validaciones anteriores se lo lleva a cabo el software SolidWorks, para lo cual utilizamos el apartado de Solid Works Flow Simulation del cual los pasos se detallaron en el capítulo anterior.

Para empezar debemos dar en la opción correr y cómo podemos apreciar no tenemos ninguna opción de riesgo lo que nos indica que todo está bien.

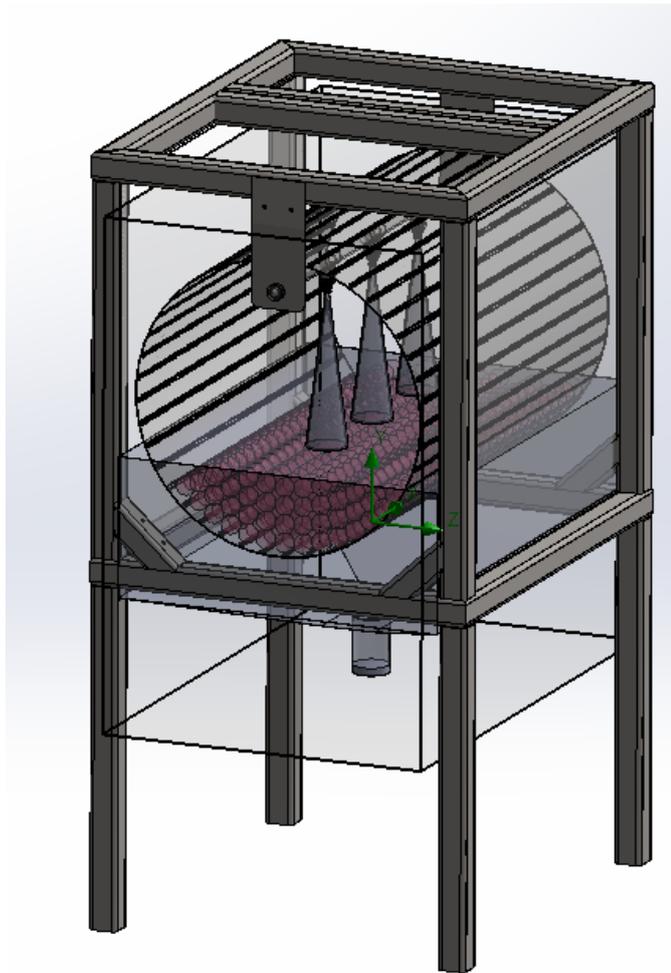


Figura 2-4: Modelo con producto listo para simular.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

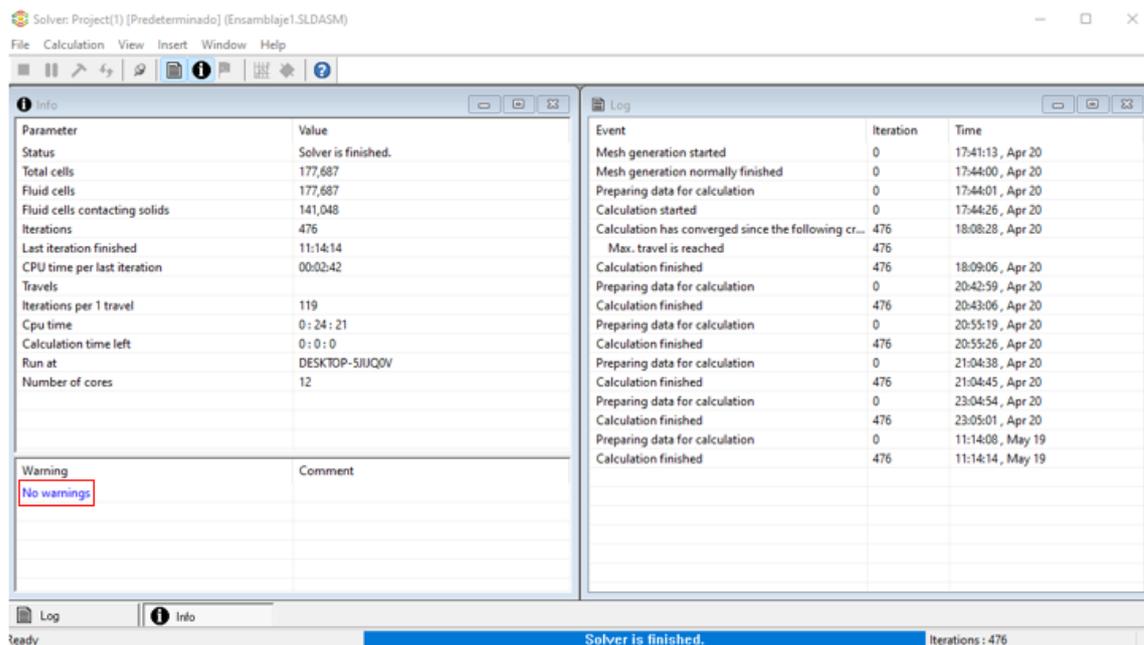


Figura 3-4: Ventana que nos aparece al dar en la opción correr.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Ahora podemos visualizar la simulación con todos los elementos uno de ellos los aspersores que como se aprecia tiene la forma de como saldrá el agua hacia el producto.

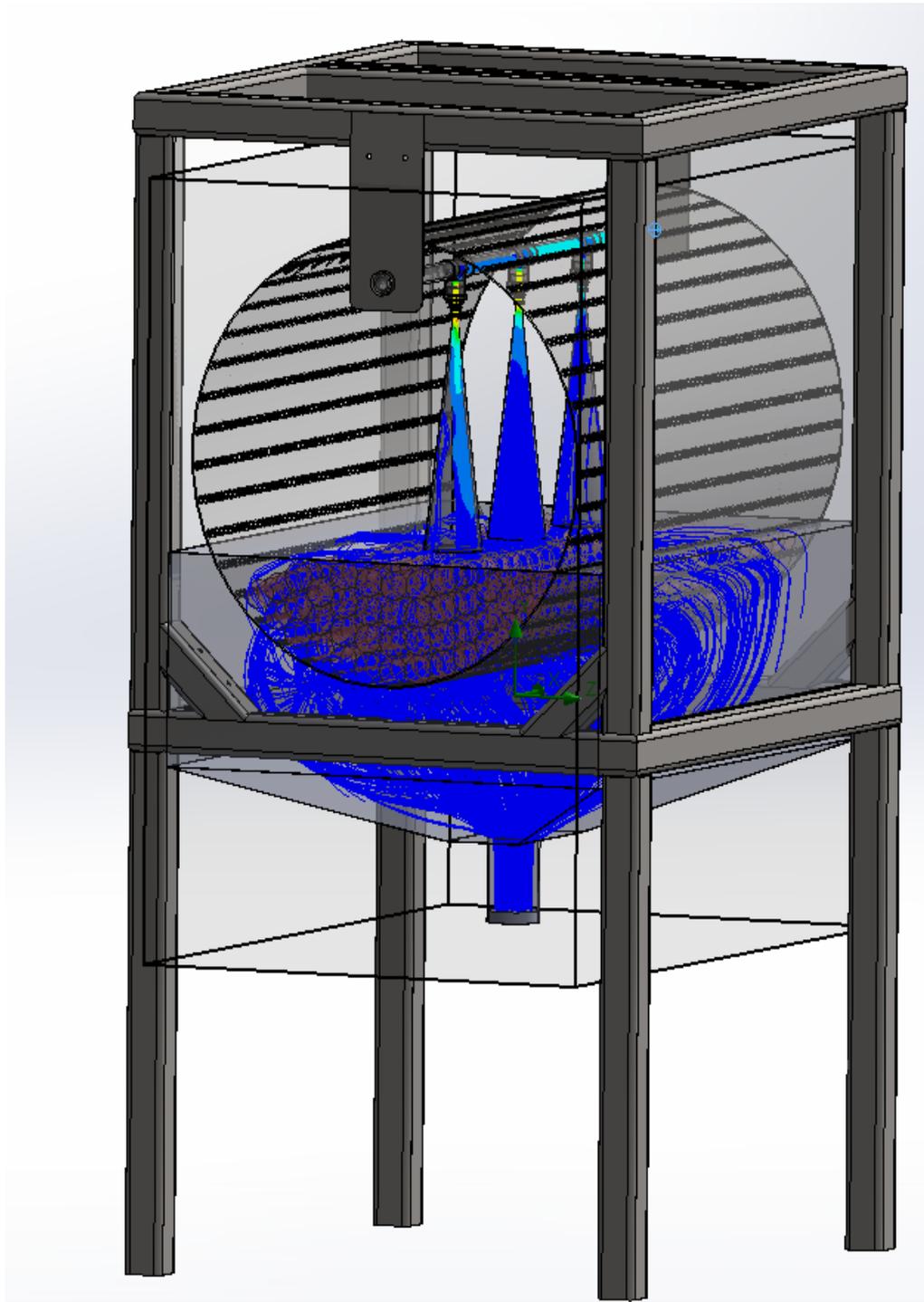


Figura 4- 4: Simulación del recorrido del fluido con producto.
Realizado por: Rojas Santiago,2021

A continuación podemos apreciar el desplazamiento del fluido aislando un momento el producto.

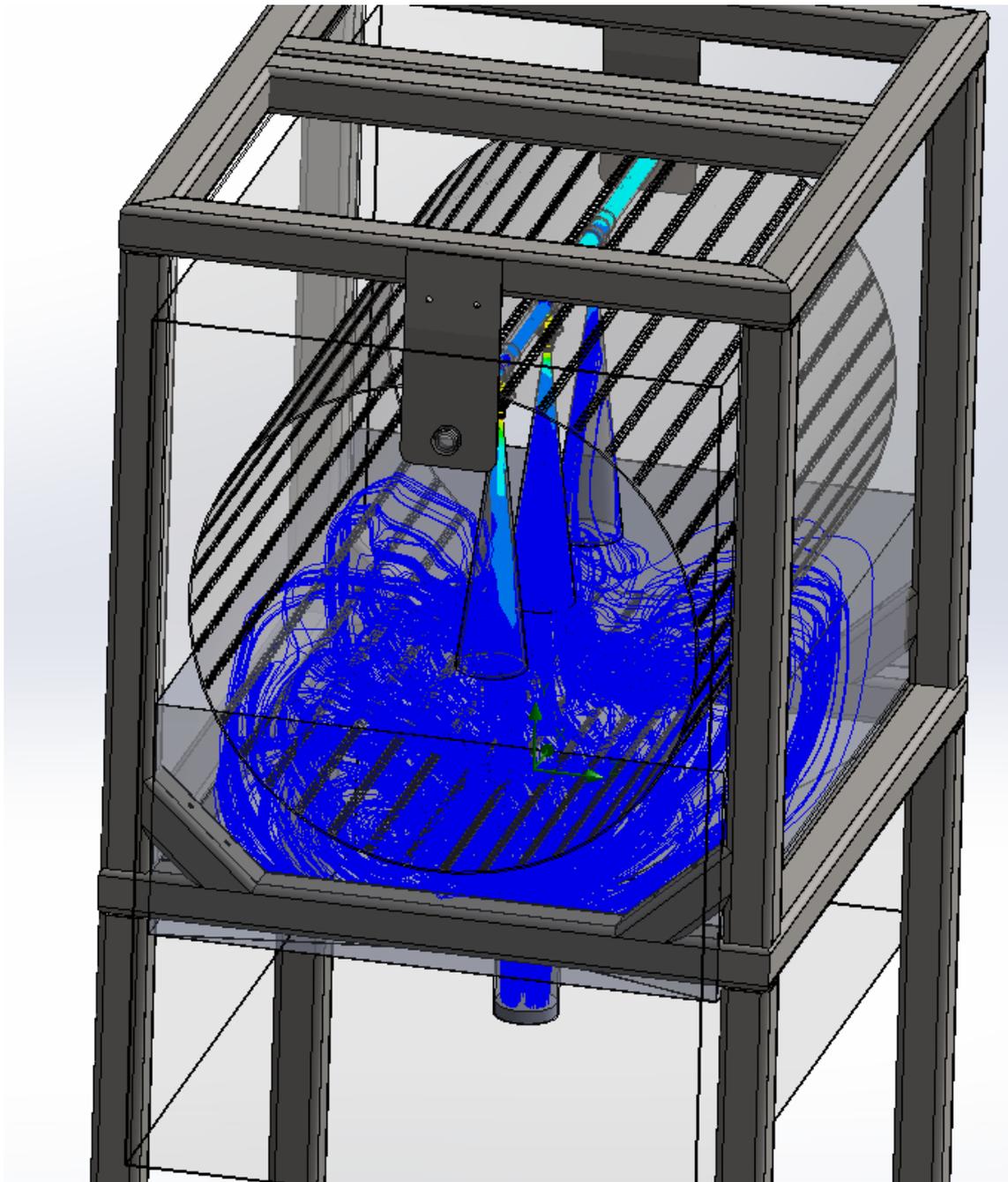


Figura 5-4: Simulación del recorrido del fluido sin producto.
Realizado por: Rojas Santiago, 2021

Entonces como podemos ver se puede corroborar que el producto seleccionado es el adecuado ya que el fluido se mueve de una manera correcta y se podría asegurar que vamos a tener un producto completamente limpio.

CONCLUSIONES

- Se realizó el estado del arte referente al estudio y diseño de la máquina, por norma general los procesos de diseño incluyen fases como la identificación de las necesidades, las especificaciones de desempeño, lo que puede hacer capaz de realizar la máquina, crear prototipos y pruebas de modelización para asegurar el resultado deseado y si este es satisfactorio entran en la etapa de producción.
- Una vez seleccionado el modelo de lavadora de tubérculos de tanque giratorio, se seleccionaron y diseñaron los siguientes elementos constitutivos; tolva de ingreso del tubérculo, tambor, soporte de la máquina, motor de potencia, polea conductora, ruedas de giro del tambor, tolva de salida del producto lavado, tubería conductora de agua, tolva de recolección de agua.
- Mediante software CAE, se diseñó la estructura de la máquina, se realizaron los cálculos de la dimensión del mismo, también se diseñó la estructura de soporte de la máquina de tal forma que soporte el peso de los componentes, se tomó como referencia la norma UNE S30400, la cual sugiere los materiales adecuados para el diseño, a continuación se realizó un análisis estático con SolidWorks, otro elemento importante fue el diseño del motor para lo cual se calculó la potencia del mismo, la polea conductora, también las ruedas para que gire el tambor fueron diseñadas para que soporten 400 kg de peso y el diseño de la tola ajustando el tamaño y el ángulo en que deben estar.
- Para el diseño de la máquina lavadora de tubérculos se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera en el área de diseño mecánico y en el área de CAD CAM, los cuales fueron de gran ayuda para elaborar el diseño de acuerdo con los requerimientos calculados.

RECOMENDACIONES

- Se recomendaría comparar la máquina seleccionada de tambor rotatorio con una máquina de eje central para poder verificar los cotos de fabricación y diseño de las mismas y así poder corroborar que se ha hecho una buena elección.
- En el caso de que algún estudiante desee realizar la construcción de la máquina se recomienda asegurarse que el material seleccionado sea aplicado, primordialmente acero AISI 304 ya que bajo norma es el indicado para industria alimentaria y además esto garantizará la durabilidad y el correcto funcionamiento de la máquina, además es esencial que se use soldadura TIC para un adecuado proceso de soldadura ya que este es el más indicado para acero inoxidable.
- Desarrollar el diseño, la simulación y su construcción en base a máquinas y ensayos con carga y sin carga de trabajo de este tipo de maquinaria, de tal manera que satisfaga los requerimientos básicos de las condiciones de esfuerzos y deformaciones para de esta manera asegurar un producto de calidad.
- Como se puede apreciar el desarrollo de la máquina esta realizado en base a ergonomía y estética por lo que en un principio se tomó como base la estructura con tubo cuadrado de 3 in, el cual desde el punto de vista económico no es muy viable ya que dicho tubo estaría sobredimensionando la máquina, razón por la cual se recomienda utilizar tubería cuadrada de 2 in ya que nos ayudaría a reducir costos y también peso lo que nos permitiría tener una máquina más eficiente en cuanto a portabilidad.
- Además, se recomienda variar los espesores tanto del tambor como de las tolvas para apreciar más opciones en cuanto a economía.

BIBLIOGRAFÍA

AUTODESK. 1. CAD/CAM. [En línea] 2021. Disponible en: <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/cad-cam>.

BARRETO, Segundo. *Diseño de una máquina automatizada para el lavado de zanahoria.* [En línea] 2018. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NjpTID1Zz6IJ:https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4869+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>.

BERNAL, Chaur. *Teoría del diseño.* [En línea] 2016. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05de16.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.

DASSAULT SYSTEMES SOLIDWORKS CORPORATION. *INTRODUCCIÓN A SOLIDWORKS.* [En línea] 2015. Disponible en: https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf.

FERRO, M. *Mecanizado CAM.* [En línea] 2019. Disponible en: <https://ferrosplanes.com/mecanizado-cam/>.

GOMEZ, JJohnnier. *DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA Y UN TRANSPORTADOR DE CROQUETAS DE YUCA.* [En línea] 2016. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5324/G%F3mezRodr%EDguezJohnnier2017.pdf;jsessionid=04B1DD20E1C6C5F8782A01E22931D084?sequence=1>.

NORTON, Robert. *Diseño de máquinas.* [En línea] 2011. Disponible en: https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o_de_Máquinas_4edi_Norton.

OREJUELA, J. *Desarrollo de interfaces de integración CAD-CAMa través del sistema de manufactura virtual.* [En línea] 2014. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/download/295/pdf/2229.

TECH. 2021. *Pasos del diseño mecánico.* [En línea] 2021. Disponible en: <https://www.techitute.com/ingenieria/blog/disenio-mecanico-2>.

TITUAÑA, Guido. *Diseño de una máquina lavadora de zanahoria.* [En línea] 2007. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/487/1/CD-0840.pdf>.

RIVA, Carles. 2002. *Diseño concurrente.* Barcelona : UPC, 2002.

SMITH, W. F. (1998). *FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA E INGENIERIA DE MATERIALES* (1a. ed.). MADRID: MCGRAW HILL.

AVNER, Sydney H. 1988. *Introducción a la metalurgia física*. México : McGRAW-Hill, 1988.

SUMITEC. 2010. 304. [En línea] 2 de Enero de 2010.

ANEXOS

Anexo A: Evidencia fotográfica

- Toma de medida experimental del ancho que ocupa un quintal y medio de papas.



- Toma de medida experimental del largo que ocupa un quintal y medio de papas.



Anexo B: Norma utilizada para el desarrollo del trabajo.



304 Stainless Steel, UNS S30400

Shaped, Flat, Square, Round, Fine Wire, Plated and Bare Wire
ASTM A240, ASTM A276, ASTM A 313, ASTM 479, AMS 5513, AMS
5910, AMS 5911, AMS 5912, AMS 5913, AMS 5501, ASTM A666

304 Alloy Description

Alloy 304 is the standard 18/8 (18% chrome, 8% nickel) austenitic stainless steel and is the most commonly used grade of stainless steels used in the wire industry. It is a non-magnetic alloy in the annealed

 [Get A Quote](#)

Anexo C: Catálogo de correas industriales.

64/00011 ID 2008

TEXROPE® CATÁLOGO INDUSTRIAL



Una gama completa de correas industriales

Anexo D: Catálogo de garrucha.

INFORMACION DE PRODUCTO

ALPHA

3478UOO100P62

EAN 4031582030112

Rueda fija, Chapa de acero, con pletina zincada brillante, eje de rueda atornillado, pletina de fijación.

Núcleo de rueda de poliamida, buje liso

TENTE

BETTER MOBILITY. BETTER LIFE.

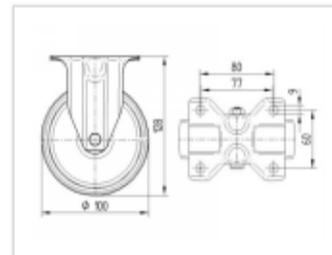


la foto puede diferir del producto original

Datos técnicos

Diámetro de la rueda	100 mm
Ancho de banda de rodadura	36 mm
Medida de pletina	103 x 85 mm
Distancia de agujeros	80/77 x 60 mm
Diámetro de agujero	9 mm
Altura total	128 mm
Temperatura	- 40 / + 80 °C
Normal	EN 12532
Peso de la rueda	0.458 kg
Dureza del bandaje	Shore D 75
Capacidad de carga	200 kg
Capacidad de carga estática	400 kg

Dimensiones



Ventajas en un vistazo

Resistencia a la rodadura	● ● ● ○ ○
Ruido de movimiento	● ● ● ○ ○
Desgaste	● ● ● ● ●
Protección contra el óxido	● ● ● ○ ○

Anexo E: Propiedades de los cauchos.

Material	Especificación	Tamaño, pulg	Diámetro mínimo de la polea, pulg	Tensión permisible por ancho unitario a 600 pies/min, lbf/pulg	Peso específico, lbf/pulg ³	Coefficiente de fricción
Cuero	1 capa	$t = \frac{11}{64}$	3	30	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{13}{64}$	$3\frac{1}{2}$	33	0.035-0.045	0.4
	2 capas	$t = \frac{18}{64}$	$4\frac{1}{2}$	41	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{20}{64}$	6°	50	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{23}{64}$	9°	60	0.035-0.045	0.4
Poliamida ^b	F-0 ^c	$t = 0.03$	0.60	10	0.035	0.5
	F-1 ^c	$t = 0.05$	1.0	35	0.035	0.5
	F-2 ^c	$t = 0.07$	2.4	60	0.051	0.5
	A-2 ^c	$t = 0.11$	2.4	60	0.037	0.8
	A-3 ^c	$t = 0.13$	4.3	100	0.042	0.8
	A-4 ^c	$t = 0.20$	9.5	175	0.039	0.8
	A-5 ^c	$t = 0.25$	13.5	125	0.039	0.8
Uretano ^d	w = 0.50	$t = 0.062$	Vea	5.2*	0.038-0.045	0.7
	w = 0.75	$t = 0.078$	la tabla	9.8*	0.038-0.045	0.7
	w = 1.25	$t = 0.090$	17-3	18.9*	0.038-0.045	0.7
	Redonda	$d = \frac{1}{4}$	Vea	8.3*	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{3}{8}$	la tabla	18.6*	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{1}{2}$	17-3	33.6*	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{3}{4}$		74.3*	0.038-0.045	0.7

^aAgregue 2 pulg al tamaño de la polea para bandas de 8 pulg de ancho o mayores.

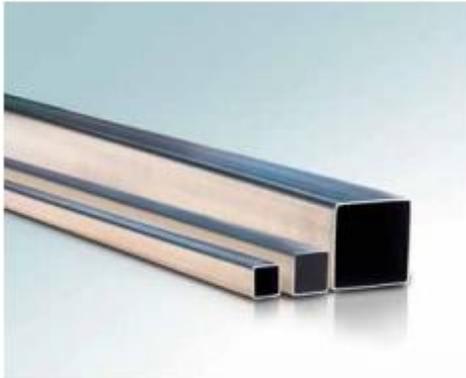
^bFuente: *Habasit Engineering Manual*, Habasit Belting, Inc., Chamblee (Atlanta), Ga.

^cRevestimiento de fricción de caucho de acrilonitrilo-butadieno en ambos lados.

^dFuente: Eagle Belting Co., Des Plaines, Ill.

*A 6% de elongación; 12% es el máximo valor permisible.

Anexo F: Catálogo de tubería inoxidable 304.



TUBERÍA CUADRADA ACERO INOXIDABLE 304

Los tubos cuadrados de acero inoxidable son ampliamente utilizados en la industria y el entorno doméstico. Amplia variedad de opciones en medidas van desde 12mm hasta 200 milímetros y espesores que van desde 1mm, 1.2mm, 1.5mm 2mm. Y 3mm.

En su uso industrial se les valora por su resistencia y capacidad de soportar temperaturas y presión extremas, así como elementos destructivos. Además, el coste de producción de este tipo de material

es relativamente bajo. En el ámbito doméstico, el tubo de acero lo podemos encontrar en electrodomésticos, muebles, equipos, estructuras, pasamanos, escaleras y decoración de interiores y exteriores.

DESCRIPCIÓN

Tubo cuadrado acero inoxidable Especificaciones Generales:

Calidad:	AISI 304
Largo normal:	6,00 m
Espesor:	1,00 mm, 1,2 mm, 1,5 mm, 2,00 mm y 3mm
Dimensiones:	1/2 pulgadas hasta 6 pulgadas



Usos y aplicaciones:

- Industria automotriz.
- Estructuras
- Decoración
- Industria alimentaria.
- Maquinarias.
- Construcción e ingeniería.
- Electrodomésticos.
- Herramientas quirúrgicas, entre otras aplicaciones.

Anexo G: Catálogo de planchas perforadas de acero inox 304.



www.acerimallas.com.ec

Metal Perforado

1 Metal Perforado

Metal Perforado

Perforaciones hechas a medida, en diferentes tamaños, modelos y tipos de materiales.

Tipos de Materiales	Tamaños
<ul style="list-style-type: none">• Hierro Negro (Laminado en frío o caliente)• Acero Inoxidable• Galvanizado• Aluminio• Bronce	<p>Standard:</p> <ul style="list-style-type: none">• 1mt. x 2mts.• 1.22mts x 2.44mts.

Para ordenar tenga en consideración lo siguiente:

1. Aplicación del producto.
2. Cantidad.
3. Espesor de la Lámina.
4. Ancho y largo de la Lámina.
5. Forma de la perforación (Redonda, Cuadrada, Alargada, Hexagonal o Decorativa).
6. Patrón de la perforación (alineados al centro de la perforación o escalonados).
7. Distancia entre centros de la aplicación.

Aplicaciones

Industria	Exteriores	Muebles
Alimentación, pesquero, minería, agrícola, camionera, petrolera, farmacia. En la aplicación como: calefacción, frigoríficos, clasificación, anaqueles, accesorios, prensa, estabanes de lavado, piscinas.	Edificios, estructuras, viviendas. En aplicaciones como: fachadas, balcones, visuales, cerramientos, estructuras, protectores y separaciones acústicas, etc.	Vía pública (casas, oficinas, negocios). En aplicaciones como: cisternas, exhibidores, estanterías, embajados, pasarelas, puentes antideslizantes, sillas, asientos, paneles para baños y cocina, stands, POP, etc.

Anexo H: Catálogo de tubería.

TUBERÍAS PVC PARA PRESIÓN TIPO ROSCABLE



APLICACIÓN

Diseñado para transportar agua potable a grandes presiones y utilizada dentro de edificaciones de todo tipo, la tubería para presión roscable, por su gran resistencia mecánica, ha resuelto óptimamente, entre algunas de sus aplicaciones, los problemas de acometidas domiciliarias, en consideración a la facilidad de instalación y durabilidad.

VENTAJAS

Ofrecen las siguientes ventajas al igual que todas las tuberías de uPVC producidas por Plásticos Rival:

- Resistencia a altas presiones
- Bajo coeficiente de fricción
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la corrosión
- No transmiten olor ni sabor
- Auto-extinguibles
- Resistencia a la electrólisis
- Son livianas
- Sencillez y economía en la instalación.



ESPECIFICACIONES

- Unión tipo rosca
- Longitud L = 6m

DN (mm)	DENOMINACIÓN DE LA ROSCA	ESPESOR MINIMO (mm)	PRESIÓN DE TRABAJO	
			(MPa)	(PSI)
21,34	1/2	3,73	2,90	420
26,67	3/4	3,91	2,34	340
33,40	1	4,55	2,21	320
48,26	1 1/2	5,08	1,65	239
60,32	2	5,54	1,38	200

RE

Rev:01

Revisado: 2018- 08



Anexo I: Catálogo de platinas de acero inox 304.

**PLATINAS
EN ACERO INOXIDABLE**

Especificaciones Generales

Norma: AISI 304
 Largo normal: 6,00 m
 Otros largos: Previa Consulta



DIMENSIONES		PESO		AREA
mm		kg/m	kg/6m	cm2
a	e			

mm		kg/m	kg/6m	cm2
a	e			
12	3	0.28	1.70	0.36
12	4	0.38	2.45	0.48
12	6	0.57	3.40	0.72
19	3	0.45	2.68	0.57
19	4	0.60	3.58	0.76
19	6	0.89	5.37	1.15
25	3	0.59	3.53	0.75
25	4	0.79	4.71	1.00
25	6	1.18	7.07	1.50
30	3	0.71	4.24	0.90
30	4	0.94	5.65	1.20
30	6	1.41	8.47	1.80
30	9	2.12	12.71	2.70
30	12	2.83	16.95	3.60
38	3	0.89	5.37	1.15
38	4	1.19	7.16	1.52
38	6	1.79	11.40	2.28
38	9	2.69	16.11	3.42
38	12	3.58	21.48	4.56
50	3	1.18	7.08	1.50
50	4	1.58	9.42	2.00
50	6	2.26	14.16	3.00



Anexo J: Disposición y forma del aspersor.

