



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**“MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO DE ZANAHORIA  
PARA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN  
LECHERA”**

**AUTOR:**

**JOSÉ MEDARDO YANDÚN BOLAÑOS**

**DIRECTOR:**

**ING. OCTAVIO ARIAS.**

**IBARRA, 2015**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer del texto completo en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>	
Cédula	0401587852
Apellidos y Nombres	Yandún Bolaños José Medardo
Dirección	Tulcán. Av. Veintimilla y Padre Juan de Velasco.
Email	pepeyandun@hotmail.com
Teléfono Fijo	062982758
Teléfono Móvil	0990506143

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
Título	MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO DE ZANAHORIA PARA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN LECHERA
Autor	Yandún Bolaños José Medardo
Fecha	05 enero 2015
Programa	Pregrado
Título por el que se aspira	Ingeniería en Mecatrónica
Director	Ing. Octavio Arias

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Yandún Bolaños José Medardo, con cédula de identificación Nro. 0401587852, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior.



---

**José Medardo Yandún Bolaños**

**0401587852**

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Yandún Bolaños José Medardo**, con cédula de identificación Nro. 0401587852, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Art. 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado. **“MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO DE ZANAHORIA PARA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN LECHERA”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, quedando la Universidad facultado para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



---

Firma

Nombre: Yandún Bolaños José Medardo

Cédula: 0401587852

Ibarra a los 5 días del mes de enero del 2015

## DECLARACIÓN

Yo, José Medardo Yandún Bolaños, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado calificación profesional; y certificar la verdad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

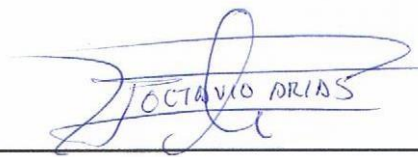


---

José Medardo Yandún Bolaños

## CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de Trabajo de Grado, presentado por el señor José Medardo Yandún Bolaños, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que dicho trabajo fue realizado por mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'OCTAVIO ARIAS', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Octavio Arias

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Un sentido agradecimiento primeramente a Dios, a mis padres que con su apoyo moral formaron en mí el espíritu de superarme y siempre lograr mis metas, a mis hermanos que día a día infundieron en mí el gusto por el estudio y su apoyo en el área académica, a mi querida esposa, por su amor y afán de que cada día crezca profesionalmente.

A la Universidad Técnica del Norte, que me ha formado como un profesional de valores y al servicio de la comunidad. Al Ing. Octavio Arias y a los Asesores, que con sus conocimientos y aportes permitieron que lleve a término con éxito este proyecto de tesis.

A todas las personas que de una u otra forma permitieron que se realice este trabajo brindándome su apoyo y colaboración.

José Yandún



## DEDICATORIA

Este trabajo dedico a mis padres, Medardo Yandún y María Bolaños, que con su esfuerzo, confianza y apoyo incondicional permitieron que día a día coseche grandes metas.

A mi esposa, Verónica Andrade, que con su amor y apoyo, ha hecho posible que pueda cumplir un objetivo más de mi vida

A mis hermanos y sobrinos, que con su apoyo, consejos y confianza fueron un pilar importante durante toda mi carrera universitaria.

José Yandún

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Portada.....	I
Autorización de uso y publicación a favor de la UTN.....	II
Autorización de uso a favor de la Universidad.....	IV
Cesión de derechos de autor del trabajo de grado a favor de la UTN.....	V
Declaración.....	VI
Certificación.....	VII
Agradecimiento.....	VIII
Dedicatoria.....	IX
Índice general.....	X
Índice de tablas.....	XV
Índice de figuras.....	XVI
Índice de diagramas.....	XVIII
Índice de gráficos.....	XVIII
Resumen.....	XIX
Summary.....	XX
Presentación.....	XXI
Lista de simbología.....	XXII

### **CAPÍTULO I**

MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 ESPECIFICACIONES GENERALES.....	1
1.2 BENEFICIOS DE LA MÁQUINA EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS FINCAS..	2
1.3 CÁLCULO DE CONSUMO DIARIO Y MENSUAL DEL BALANCEADO Y ZANAHORIA.....	4
1.3.1 CÁLCULO DE CONSUMO DIARIO Y MENSUAL DE BALANCEADO.....	4
1.3.1.1 Cálculo del Consumo Diario de Balanceado.....	4

1.3.1.2	Cálculo del Valor Promedio por Quintal de Balanceado.....	5
1.3.1.3	Cálculo del Costo Diario de Balanceado.....	5
1.3.1.4	Cálculo del Costo Mensual de Consumo de Balanceado.....	6
1.3.2	CÁLCULOS DEL CONSUMO DIARIO Y MENSUAL DE ZANAHORIA.....	7
1.3.2.1	Cálculo del Consumo Diario de Zanahoria.....	7
1.3.2.2	Cálculo del Costo Diario de Zanahoria.....	8
1.3.2.3	Cálculo Mensual de Consumo de Zanahoria.....	8
1.3.2.4	Cálculo del Costo Mensual de Consumo de Zanahoria.....	9
1.3.3	CÁLCULO DE COMBINACIÓN DE ALIMENTACIÓN CON BALANCEADO Y ZANAHORIA.....	9
1.4	TIPOS DE MÁQUINAS.....	10
1.4.1	MÁQUINAS DE LAVADO DE ZANAHORIA.....	11
1.4.1.1	Máquina de Lavado con Tanque Giratorio.....	11
1.4.1.2	Máquina de Lavado con Rodillos.....	12
1.4.1.3	Máquina de Lavado con Eje Central.....	14
1.4.1.4	Máquina de Lavado con Cepillos.....	15
1.5	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS CON FACTORES DE EVALUACIÓ...	16
1.5.1	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA.....	16
1.5.2	CALIDAD DE LAVADO DEL PRODUCTO.....	16
1.5.3	CALIDAD DE LA HORTALIZA.....	16
1.5.4	FACILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO.....	17
1.5.5	FACILIDAD PARA LA OPERACIÓN.....	17
1.5.6	COSTO.....	17
1.6	SISTEMA DE CORTE.....	20
1.6.1	TIPO DE CORTE. ....	21
1.6.2	ÁREA DE CORTE. ....	21
1.6.3	CUCHILLA DE CORTE. ....	22

## CAPÍTULO II

ESTUDIO DE CAMPO.....	23
2.1 ASPECTOS DEL LAVADO Y CORTADO MANUAL. ....	23
2.1.1 LAVADO MANUAL DE LA ZANAHORIA. ....	23
2.1.1.1 Lavado en Canastas o Canastillas. ....	23
2.1.1.2 Lavado en Costales. ....	24
2.1.2 CORTADO MANUAL DE LA ZANAHORIA.....	25
2.2 DIMENSIONES TÍPICAS DE LA ZANAHORIA.....	26

## CAPITULO III

DISEÑO DE LA MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO DE ZANAHORIA.....	28
3.1 DISEÑO DE LA LAVADORA. ....	29
3.1.1 DISEÑO DEL ÁREA DE LAVADO.....	29
3.1.2 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LAVADO. ....	31
3.1.2.1 Diseño del Sistema de Movimiento.....	31
3.1.2.1.1 Inercia del Eje Central. ....	32
3.1.2.1.2 Inercia Cuerpo al Eje Central. ....	35
3.1.2.1.3 Inercia de la Zanahoria. ....	39
3.1.2.2 Cálculo del Eje de Lavado. ....	45
3.1.2.3 Sistema de Aspersión para Dotación de Agua a la Lavadora.....	59
3.1.3 SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS.....	61
3.1.4 SELECCIÓN DE POLEAS PARA TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DEL MOTOR AL EJE CENTRAL DE LAVADO.....	64
3.1.5 SELECCIÓN DE BANDAS DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DEL SISTEMA DE LAVADO. ....	67
3.1.6 SEMITOLVA DE ALIMENTACIÓN. ....	68
3.1.6.1 Dimensionamiento de la Semitolva de Alimentación.....	68
3.2 DISEÑO DE LA CORTADORA.....	70
3.2.1 DISEÑO DEL ÁREA DE CORTE. ....	71
3.2.2 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE CORTE. ....	76

3.2.2.1	Diseño de Cuchillas de Corte. ....	77
3.2.2.2	Diseño del Sistema de Movimiento. ....	80
3.2.2.2.1	Inercia del Eje Central Cortadora.....	81
3.2.2.2.2	Inercia Cuchillas de Corte. ....	82
3.2.2.2.3	Inercia Ángulo de Unión. ....	84
3.2.2.3	Cálculo de Eje de Cortado. ....	90
3.2.3	SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS. ....	99
3.2.4	SELECCIÓN DE POLEAS PARA TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DEL MOTOR AL EJE DE CORTADO. ....	100
3.2.5	SELECCIÓN DE BANDAS DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DEL SISTEMA DE CORTADO. ....	102
3.2.6	RANFLA DE ALIMENTACIÓN CORTADORA.....	103
3.2.6.1	Dimensionamiento Ranfla de Alimentación.....	104
3.3	SISTEMA ELÉCTRICO DE MANDO. ....	106
3.3.1	ESQUEMA DEL CIRCUITO ELÉCTRICO. ....	106
3.3.2	SELECCIÓN DEL CONDUCTOR. ....	108

## CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS.....	112
4.1 MONTAJE FÍSICO DE LA ESTRUCTURA. ....	112
4.1.1 REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN. ....	112
4.1.2 OPERACIONES TÉCNICAS. ....	113
4.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN.....	114
4.1.3.1 Área de Lavado. ....	115
4.1.3.2 Área de Cortado. ....	116
4.1.3.3 Eje de Lavado. ....	117
4.1.3.4 Eje de Cortado. ....	118
4.1.3.5 Sistema Estructural. ....	119
4.2 MONTAJE Y SINCRONIZACIÓN. ....	120
4.2.1 MONTAJE DE SISTEMAS Y COMPONENTES DE LA MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO. ....	121
4.3 PRUEBAS. ....	122

4.3.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS. ....	122
4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....	123
CONCLUSIONES. ....	125
RECOMENDACIONES. ....	126
BIBLIOGRAFÍA. ....	127
ANEXOS. ....	129
1. PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES.....	130
2. RODAMIENTOS. ....	131
3. CHUMACERAS. ....	131
4. SECCIÓN DE BANDAS. ....	132
5. CIRCUNFERENCIAS INTERIORES DE BANDAS EN V ESTÁNDAR....	132
6. CIRCUNFERENCIAS INTERIORES DE BANDAS EN V ESTÁNDAR DAYCO.....	133
7. CARACTERÍSTICAS DE MOTORES.....	133
8. FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO.....	134
9. FACTORES DE CORRECCIÓN TEMPERATURA AMBIENTE.....	134
10. TIPOS DE CONDUCTOR. ....	135
11. TABLA DE FACTORES DE CAÍDA DE TENSIÓN UNITARIA.....	136
12. PERIODO DE LUBRICACIÓN EN RODAMIENTOS.....	137
13. FOTOGRAFÍAS. ....	137
14. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	140
PLANOS.....	145

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Descripción de Tipos de Balanceados y su Costo.....	4
Tabla 1.2: Ventajas y Desventajas de la Máquina de Lavado con Tanque Giratorio.....	11
Tabla 1.3: Ventajas y Desventajas de la Máquina de Lavado con Rodillos.....	13
Tabla 1.4: Ventajas y Desventajas de la Máquina de Lavado con Eje Central.....	14
Tabla 1.5: Ventajas y Desventajas de la Máquina de Lavado con Cepillos.....	15
Tabla 1.6: Máquinas de Lavado. ....	18
Tabla 1.7: Evaluación de Factores. ....	18
Tabla 1.8: Calificación de Factores. ....	19
Tabla 1.9: Normalización de las Alternativas con sus Respectivas Calificaciones.....	19
Tabla 1.10: Resultado por cada Alternativa.....	20
Tabla 3.1: Diámetros y Longitudes para la Fabricación del Cilindro de Lavado...	30
Tabla 3.2: Descripción de la Zanahoria. ....	40
Tabla 3.3: Muestreo de Cantidad de Agua. ....	60
Tabla 3.4: Criterios de Distancia Máxima y Mínima entre Centros de Poleas.....	66
Tabla 3.5: Características de los Motores Monofásicos de 3 HP y 0.5 HP.....	109
Tabla 4.1: Herramientas. ....	112
Tabla 4.2: Instrumentos de Medición. ....	113
Tabla 4.3: Máquinas Herramientas.....	113
Tabla 4.4: Operaciones. ....	114
Tabla 4.5: Simbología. ....	114
Tabla 4.6: Actividades para el Montaje. ....	120
Tabla 4.7: Protocolo de Pruebas.....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Máquina de Lavado con Tanque Giratorio. ....	12
Figura 1.2: Máquina de Lavado con Rodillos. ....	13
Figura 1.3: Máquina de Lavado con Eje Central. ....	14
Figura 1.4: Máquina de Lavado con Cepillos. ....	15
Figura 1.5: Tipos de Corte Zanahoria. ....	21
Figura 1.6. Comparación de Área de Corte. ....	21
Figura 1.7: Tipo de Cuchilla de Corte. ....	22
Figura 2.1: Lavado Manual de la Zanahoria por Canastilla.....	24
Figura 2.2: Lavado Manual de la Zanahoria por Costal.....	24
Figura 2.3: Vaciado de la Zanahoria en Cajón de Madera.....	25
Figura 2.4: Corte de la Zanahoria con Pala Perpendicular a la Base.....	26
Figura 3.1: Esquema General Constitutivo de la Máquina. ....	28
Figura 3.2: Longitud y Diámetros del Eje Hueco. ....	33
Figura 3.3: Formación de Tubo de Lavado. ....	35
Figura 3.4: Tubo con Medidas. ....	36
Figura 3.5: Figura de Estudio para Inercia. ....	36
Figura 3.6: Figura de la Zanahoria. ....	39
Figura 3.7: Diagrama de Cuerpo Libre. ....	46
Figura 3.8: Componentes de la Fuerza T. ....	47
Figura 3.9: Vista Lateral Eje de Lavado. ....	48
Figura 3.10: Vista Tridimensional del Eje de Lavado. ....	48
Figura 3.11: Muestra la Distribución de la Masa a Lavar, Giro Generado por el Motor y Fuerza que se Oponen al Movimiento. ....	48
Figura 3.12: Diagrama de Cuerpo Libre Plano XY.....	50
Figura 3.13: Diagrama de Cortes y Momentos Plano XY en Mdsolids 3.5.....	51
Figura 3.14: Diagrama de Cuerpo Libre Plano XZ.....	52
Figura 3.15: Diagrama de Cortes y Momentos Plano XZ en Mdsolids 3.5.....	53
Figura 3.16: Sistema de Abastecimiento de Agua para Lavadora.....	59
Figura 3.17: Tubería de Abastecimiento de Agua para Máquina de Lavado.....	59
Figura 3.18: Semitolva de Alimentación.....	68



Figura 3.19: Medidas de la Seditolva de Alimentación.....	69
Figura 3.20: Diseño de la Semitolva de Alimentación.....	70
Figura 3.21: Área de Cortadora.....	71
Figura 3.22: Área de Abastecimiento a la Cortadora.....	71
Figura 3.23: Áreas de Salida de Zanahoria Cortada.....	72
Figura 3.24: Medidas del Área A1. ....	73
Figura 3.25: Medidas del Área A3. ....	74
Figura 3.26: Cuchilla de Corte Licuadora. ....	77
Figura 3.27: Cuchilla de Corte Procesador de Alimentos. ....	77
Figura 3.28: Diseño Cuchilla de Corte. ....	78
Figura 3.29: Cuchilla de Corte con Medidas. ....	79
Figura 3.30: Eje Central Cortadora. ....	81
Figura 3.31: Figura de Referencia para Determinar la Inercia de Cuchilla de Corte.....	82
Figura 3.32: Forma del Ángulo de Unión Cuchilla Eje de Corte.....	84
Figura 3.33: Diagrama de Cuerpo Libre.....	91
Figura 3.34: Diagrama de Cuerpo Libre Plano XY.....	92
Figura 3.35: Diagrama de Cortes y Momentos Plano XY en Mdsolids 3.5.....	93
Figura 3.36: Medidas de la Ranfla de Alimentación Cortadora.....	103
Figura 3.37: Medidas de la Ranfla de Alimentación e Incógnitas.....	104
Figura 3.38: Diagrama del Circuito Eléctrico.....	106

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 4.1: Diagrama de Flujo, Construcción Área de Lavado.....	115
Diagrama 4.2: Diagrama de Flujo, Construcción Área de Cortado.....	116
Diagrama 4.3: Diagrama de Flujo, Eje de Lavado.....	117
Diagrama 4.4: Diagrama de Flujo, Eje de Cortado.....	118
Diagrama 4.5: Diagrama de Flujo, Sistema Estructural.....	119
Diagrama 4.6: Diagrama de Flujo del Montaje.....	121

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

.	
Gráfico 4.1: Tiempo Estimado de Lavado y Cortado.....	123
Gráfico 4.2: Cantidad de Agua Consumida en el Proceso de Lavado.....	124

## RESUMEN

El presente trabajo de grado: “MAQUINA DE LAVADO Y CORTADO DE ZANAHORIA PARA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN LECHERA”, tiene como finalidad reducir la actividad física y el tiempo del trabajador al momento de realizar el lavado y cortado de la zanahoria. La zanahoria es un alimento utilizado en el ganado bovino para mejorar la producción de leche.

Este trabajo inicia con la descripción de especificaciones generales, principalmente la historia de la zanahoria, sus procesos de lavado y cortado manual, los tipos de máquinas existentes, una selección del diseño y descripción preliminar de la máquina de lavado y cortado de zanahoria. Seguidamente se diseña los elementos que forman parte de la máquina y el sistema eléctrico de mando, que controla el funcionamiento de la misma. Además el trabajo detalla la implementación, pruebas realizadas, requisitos para la construcción y operaciones técnicas de la máquina mencionada. Finalmente la tesis cuenta con planos y documentos que justifican la información presentada, resaltando que la máquina diseñada y elaborada si cumple con los requerimientos propuestos.

Es decir, los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a la máquina de lavado y cortado de zanahoria, indican que la hortaliza sale en las óptimas condiciones para ser suministrada como suplemento alimenticio para las vacas en producción lechera de la Hacienda “Las Playas”, incluso con el uso de menor cantidad de agua. Cabe señalar, que para evitar posibles daños de la máquina, se la debe utilizar de acuerdo al manual de usuario y mantenimiento, descrito en este trabajo.

## SUMMARY

This essay work with the subject of “WASHING AND CUTTING MASHINE OF CARROTS USED TO FEED CAWS IN MILK PRODUCTION” has as a purpose to reduce the physic activity of the worker as well as his time when cutting and washing carrots. The carrots are used to feed cattle to get a better production of milk.

This essay work starts with a description of general specifications, mainly with the carrot´s history, the rustic way of cutting and washing carrots, the types of existing machineries, a selection of the design and a preliminary description of the cutting and washing carrot machine. It is also fallowed with the design of the parts that belong to the machine and the electronic system of commands which control its own performing. Also, this essay work shows the implementation, test performed, construction requirements and technic operations of the mentioned above machinery. Finally, this thesis counts with the plans and documents that justify the well-presented information, highlighting that the designed and elaborated machinery meets all the proposed requirements.

In other words, the results we have got of the tests performed to the cutting and washing carrots machine indicate that the vegetables come out in a great condition in order to be given as a supplement food for caws in a milk production from the farm named “Las Playas”, even with less usage of water. It is also good to mention that in order to prevent damage in the machine; it should be used according to the manual and maintenance structure well detailed in this essay.

## **PRESENTACIÓN**

El proyecto de diseño y construcción de la máquina de lavado y cortado de zanahoria para alimentación de vacas en producción lechera, tiene como finalidad satisfacer las necesidades del propietario de la hacienda Las Playas, principalmente reducir la actividad física del trabajador, economizar el consumo de agua y reducir el tiempo del lavado y cortado del alimento complementario para el ganado bovino, como es la zanahoria.

Es así que el presente trabajo refleja los conocimientos de Ingeniería en Mecatrónica en los cuales se fundamenta el Ingenio y el Diseño de Elementos de Máquinas.

## LISTA DE SIMBOLOGÍA

$Cdb$	Consumo diario balanceado
$Vpqb$	Valor promedio por quintal de balanceado
$P_{60kg}$	Precio de 60 Kg
$CCmb$	Cálculo consumo mensual de balanceado
$Cdz$	Consumo diario zanahoria
$Cmz$	Consumo mensual zanahoria
$Ccmz$	Cálculo consumo mensual zanahoria
$Ccbz$	Cálculo combinación balanceado zanahoria
$V$	Volumen
$\Sigma M$	Sumatoria de momentos
$\Sigma I$	Sumatoria de inercia
$I$	Inercia
$I_{EC}$	Inercia eje central
$m$	Masa
$A$	Área
$I_{CEC}$	Inercia cuerpo al eje central
$I_{REC}$	Inercia respecto al eje central
$I_T$	Inercia del tubo
$I_{uz}$	Inercia de una sola zanahoria
$I_z$	Inercia de la zanahoria
$M_O$	Momento opuesto a causa del deslizamiento de la zanahoria
$P_{motor}$	Potencia motor
$T$	Tensión transmitida
$M_{MT}$	Momento máximo total
$\sigma_i$	Esfuerzo admisible
$\sigma_{max}$	Esfuerzo máximo
$AC$	Agua consumida
$P_O$	Carga estática
$S_O$	Factor de seguridad

$a_{min}$	Distancia mínima entre centros
$a_{max}$	Distancia máxima entre centros
$L_O$	Longitud de banda
$\theta$	Ángulo de inclinación
$A_T$	Área total
$L$	Longitud de cuchilla de corte
$A_{CC}$	Área de cuchilla de corte
$A_{OC}$	Área ocupada por la cuchilla de corte
$I_{ECC}$	Inercia eje central cortadora
$I_{CC}$	Inercia cuchilla de corte
$I_{AU}$	Inercia ángulo de unión
$I_{TRA}$	Inercia total región A
$I_{TRB}$	Inercia total región B
$I_{RA}$	Inercia región A
$I_{RB}$	Inercia región B
$P$	Potencia
$I$	Corriente
$P_{Total}$	Potencia total
$I_C$	Corriente consumida
$I_n$	Corriente nominal
$I_r$	Corriente resultante
$I_{\Delta}$	Corriente afectada
$\% \Delta V$	Caída de tensión

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. ESPECIFICACIONES GENERALES

La zanahoria (*Dacus Carota*) es una hortaliza, considerada la especie más importante, de mayor cultivo y consumo dentro de la familia Apiácea, cuyo origen se halla desde la antigüedad en el Asia Central y el mediterráneo (TITUAÑA, 2007). En la actualidad esta hortaliza es parte importante de la producción agrícola nacional, especialmente como alimento sustitutivo para vacas en producción lechera.

La limpieza de este producto para eliminar residuos de tierra, insectos y otros elementos extraños, se lo realiza mediante el lavado con abundante agua que remueve las sustancias adheridas a su corteza.

El lavado y cortado de este producto en las fincas agrícolas es de forma manual y solo empresas comercializadoras grandes poseen lavado mecánico, por eso la necesidad de la elaboración de una máquina de lavado y cortado de zanahoria para pequeños y medianos productores de leche.

Así, la máquina de lavado y cortado de zanahoria diseñada se presenta con una capacidad de 150 lbs en forma secuencial y con un proceso continuo de corte posterior al lavado.

La máquina en el área de lavado consta con un cilindro horizontalmente ubicado, el cual en su parte lateral posee una abertura juntamente con una ranfla o semitolva para el ingreso del producto y en su parte posterior otra abertura que tiene una puerta manual, misma que permite controlar la cantidad de salida de zanahoria previamente lavada.



Cabe resaltar, la puerta que se encuentra en la parte final del cilindro de lavado es manual, pues permite controlar el tiempo de lavado para la zanahoria, ya que este tiempo de lavado dependerá de las condiciones de suciedad en las cuales se encuentren las zanahorias, esta puerta también facilita controlar la cantidad de la hortaliza que alimenta la cortadora, la misma que se encuentra a continuación del cilindro de lavado.

Para el proceso de lavado, se tiene un eje central al cual se encuentran soldados pequeños tubos formando una cruz, además un sistema de abastecimiento de agua para el proceso de lavado tipo flauta, ubicado en la parte superior, permitiendo dotar al cilindro de lavado la cantidad suficiente de agua, para el lavado de la zanahoria.

El eje central tiene movimiento generado por un motor monofásico de 3HP, por las características del motor que le dan un alto número de rev/min, se necesita de una caja reductora mecánica, misma que brinda la velocidad requerida para mover el eje central; todo este sistema de movimiento se encuentra en la parte exterior del cilindro del lavado, unidos por medio de bandas y poleas.

En cuanto al sistema de lavado, este se alimenta de agua no potable, canalizada en la finca por medio de mangueras, y siendo eliminada de la máquina por una serie de agujeros perforados en la parte inferior del cilindro y recolectada por medio de una canaleta alineada y ubicada en la parte baja exterior del mismo, que llega a una sola salida al final de dicho canal, y es conducido hacia la acequia de desagüe.

## **1.2. BENEFICIO DE LA MÁQUINA EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS FINCAS**

El proceso de lavado y cortado de la zanahoria de forma manual en la mayoría de las fincas o haciendas siempre ha causado molestias, por parte de quienes realizan esta actividad, ya que genera dolencias corporales y cansancio físico por

la actividad que requiere este proceso de preparación de la hortaliza en la alimentación de vacas en producción de leche.

Las ventajas de contar con una máquina de lavado y cortado de zanahoria, ya sea en pequeñas y medianas fincas es principalmente reducir la actividad física que realiza el trabajador al momento de lavar y cortar, el empleo de menos tiempo por quintal, optimizar el proceso de esta actividad, que manualmente requiere una hora para lavado y unos quince minutos en el corte de la misma cantidad, gracias a la implementación de la máquina se logra reducir el tiempo de lavado y corte a un cuarto de hora como promedio, dependiendo siempre de la condiciones en las cuales se encuentre la zanahoria, siendo la suciedad, tierra, barro u otro elemento que al momento de la cosecha se adhiere a la hortaliza.

Además se logra reducir la cantidad de balanceado en la dieta diaria de alimentación de las vacas, tomando en cuenta que la zanahoria posee una buena fuente de carbohidratos, fácilmente fermentables en el sistema digestivo del animal generando energía en el mismo, incrementando la producción y calidad de la leche a un costo menor, permitiendo al ganadero tener una mejor rentabilidad, rendimiento y ganancia.

Cabe señalar que el alimento para vacas lecheras no es únicamente la zanahoria, pues es necesario complementar con balanceado que tiene otras propiedades para mejorar la producción de leche, siendo el fin de todas las pequeñas y medianas fincas lecheras.

Para el estudio se toma como referencia la Hacienda “Las Playas” ubicada en la parroquia Urbina, cantón Tulcán, provincia del Carchi. La hacienda cuenta con un promedio anual de 30 vacas en producción, por ello se toma un precio referencial para el quintal de zanahoria con el del balanceado.

El precio del quintal de zanahoria siempre esta fluctuando, dependiendo de la producción en la región, en promedio, por año el valor es de 3 dólares, mientras

que el valor de los concentrados para vacas en producción lechera, depende de las marcas encontradas en el mercado, como se describe en la tabla 1.1

**Tabla 1.1 Descripción de Tipos de Balanceados y su Costo.**

<b>PRODUCTO</b>	<b>MARCA</b>	<b>VOLUMEN POR SACO</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>
Balanceado 1	Lechero Pradera	40 Kg(88.18 lb)	22.5 USD
Balanceado 2	Pronaca Súper Lechero	40 Kg(88.18 lb)	21 USD
Balanceado 3	Wayine	40 Kg(88.18 lb)	19 USD
Balanceado 4	La Fortaleza	40 Kg(88.18 lb)	18 USD
Balanceado 5	Completo	40 Kg(88.18 lb)	15.25 USD

Elaborado: Yandún J.

### **1.3. CÁLCULOS DE CONSUMO DIARIO Y MENSUAL DE BALANCEADO Y ZANAHORIA**

#### **1.3.1. CÁLCULOS DE CONSUMO DIARIO Y MENSUAL DE BALANCEADO**

El proceso de alimentación para las vacas, con el balanceado, se lo hace dos veces al día, ya que en la hacienda se realiza un ordeño doble, y para determinar la cantidad a suministrar por vaca, se lo hace por medio de su producción en leche, y con esta referencia se tiene que el consumo está entre 1 y 2 kg por día.

##### **1.3.1.1. Cálculo del Consumo Diario de Balanceado**

Para el cálculo del consumo se toma en cuenta el número de vacas, que es de 30.

$$Cdb = Nv * Cpv \quad \text{Ecuación: 1}$$

Donde

*Cdb* = Consumo diario balanceado

*Nv* = Número de vacas = 30

$$Cpv = \text{Consumo promedio vaca} = 2kg$$

Reemplazo de variables en ecuación 1

$$Cdb = 30 * 2kg$$

$$Cdb = 60 kg$$

### 1.3.1.2. Cálculo del Valor Promedio por Quintal de Balanceado

Con los datos de la tabla 1.1 el valor promedio por quintal de balanceado está dado por la siguiente ecuación.

$$Vpqb = \frac{\sum B1 + B2 + B3 + B4 + B5}{5} \quad \text{Ecuación: 2}$$

Donde

$$Vpqb = \text{Valor promedio por quintal de balanceado } 40kg$$

$$B1 + \dots + B5 = \text{Costo por quintal de balanceado}$$

Reemplazo de variables en ecuación 2

$$Vpqb = \frac{\sum 22.5 + 21 + 19 + 18 + 15.25}{5}$$

$$Vpqb = 19.15$$

### 1.3.1.3. Cálculo del Costo Diario de Balanceado

Para el costo diario de balanceado por 30 vacas, primero se calcula el valor a pagar por los 60 kg de consumo diario.

$$P 60kg = \frac{Vpqb * Cdb}{40kg} \quad \text{Ecuación: 3}$$

Donde

$P_{60kg}$  = Precio de 60kg, consumo diario para 30 Vacas

$V_{pqb}$  = Valor promedio por quintal de balanceado 40 kg = 19.15 USd

$C_{db}$  = Consumo diario balanceado = 60kg

Reemplazo de variables en ecuación 3

$$P_{60kg} = \frac{19.15 \text{ Usd} * 60kg}{40kg}$$

$$P_{60kg} = 28.73 \text{ Usd}$$

#### 1.3.1.4. Cálculo del Costo Mensual de Consumo de Balanceado

Con 30 vacas, su consumo y el valor diario a pagar, el cálculo del valor mensual de balanceado está dado por la siguiente ecuación:

$$CCmb = Dm * P_{60kg} \quad \text{Ecuación: 4}$$

Donde

$CCmb$  = Cálculo consumo mensual de balanceado

$Dm$  = Días al mes = 30

$P_{60kg}$  = Precio de 60kg, consumo diario para 30 vacas = 28.73

Reemplazo de variables en ecuación 4

$$CCmb = Dm * P_{60kg}$$

$$CCmb = 30 * 28.73 \text{ Usd}$$

$$CCmb = 861.9 \text{ Usd}$$

### 1.3.2. CÁLCULOS DE CONSUMO DIARIO Y MENSUAL DE ZANAHORIA

El cálculo del consumo diario y mensual de la zanahoria se lo realiza de la misma manera que del balanceado, para ello se utiliza la información del costo anual por quintal de esta hortaliza y su consumo para las 30 vacas.

$$Pqz = \text{Precio por quintal de zanahoria } 45.5 \text{ kg} = 3 \text{ Usd}$$

Para conocer el consumo de zanahoria por vaca, se toma los datos mencionados por el Sr. Medardo Yandún, propietario de la Hacienda "Las Playas", quien indica que el consumo de la hortaliza, es de 2 a 3 kg por vaca, que es suministrada una vez al día.

De acuerdo a los resultados encontrados por los ganaderos se recomienda la combinación de la zanahoria y el balanceado para obtener el máximo rendimiento en producción lechera, con una alimentación de zanahoria por la mañana o solo por la tarde, con este dato se conoce que el consumo de balanceado se reduce a la mitad.

#### 1.3.2.1. Cálculo del Consumo Diario de Zanahoria

Con los datos antes indicados se utiliza la siguiente ecuación:

$$Cdz = Nv * Cpv \quad \text{Ecuación: 5}$$

Donde

$Cdz = \text{consumo diario zanahoria}$

$Nv = \text{Número de vacas} = 30$

$Cpv = \text{Consumo promedio vaca} = 3\text{kg}$

Remplazo de variables en ecuación 5

$$Cdz = 30 * 3kg$$

$$Cdz = 90 kg$$

### 1.3.2.2. Cálculo del Costo Diario de Zanahoria

Para el costo diario de zanahoria por 30 vacas, se utiliza la siguiente ecuación, considerando el dato de costo por quintal de la hortaliza que es de 3 dólares.

$$P_{90kg} = \frac{V_{pqz} * Cdz}{45.5kg} \quad \text{Ecuación: 6}$$

Donde

$P_{90kg}$  = Precio de 90kg, consumo diario para 30 vacas

$V_{pqz}$  = Valor por quintal de zanahoria 45.5 kg = 3 USd

$Cdz$  = Consumo diario zanahoria = 90kg

Remplazo de variables en ecuación 6

$$P_{90kg} = \frac{3 Usd * 90kg}{45.5kg}$$

$$P_{90kg} = 5.93 Usd$$

### 1.3.2.3. Cálculo Mensual de Consumo de Zanahoria

Para el cálculo mensual se necesita conocer el consumo diario se zanahoria y multiplicar por un promedio de 30 días al mes.

$$C_{mz} = D_m * Cdz \quad \text{Ecuación: 7}$$

Donde

$C_{mz}$  = Consumo mensual zanahoria

$D_m$  = Días del mes = 30

$$Cdz = \text{Consumo diario zanahoria} = 90kg$$

Reemplazo de variables en ecuación 7

$$Cmz = 30 * 90kg$$

$$Cmz = 2700kg$$

#### 1.3.2.4. Cálculo del Costo Mensual de Consumo de Zanahoria

Para este cálculo se necesita, el consumo mensual, costo por consumo diario y consumo diario de zanahoria.

$$Ccmz = \frac{Cmz * P90kg}{90kg} \quad \text{Ecuación: 8}$$

Donde

$Ccmz =$  Cálculo consumo mensual zanahoria

$Cmz =$  Consumo mensual zanahoria = 2700kg

$P 90kg =$  Precio de 90kg, consumo diario para 30 vacas = 5.93 Usd

Reemplazo de variables en ecuación 8

$$Ccmz = \frac{2700kg * 5.93Usd}{90kg}$$

$$Ccmz = 177.9 Usd$$

### 1.3.3. CÁLCULO DE COMBINACIÓN DE ALIMENTACIÓN CON BALANCEADO Y ZANAHORIA

Para el cálculo se necesita del costo del consumo mensual del balanceado y zanahoria.

$$Ccbz = \frac{Ccmb}{2} + Ccmz \quad \text{Ecuación: 9}$$



Donde

$Ccbz = \text{Cálculo combinado balanceado zanahoria}$

$Ccmb = \text{Cálculo consumo mensual balanceado} = 861.9 \text{ Usd}$

$Ccmz = \text{Cálculo consumo mensual zanahoria} = 177.9 \text{ Usd}$

Reemplazo de variables en ecuación 9.

$$Ccbz = \frac{Ccmb}{2} + Ccmz$$

$$Ccbz = \frac{861.9}{2} + 177.9$$

$$Ccbz = 430.95 + 177.9$$

$$\mathbf{Ccbz = 608.85 \text{ Usd}}$$

Por lo tanto, comparando los resultados de consumo mensual de balanceado y combinación de balanceado y zanahoria, se determina un ahorro promedio de 250 dólares, permitiendo ver el beneficio que representa económicamente en las pequeñas y medianas fincas contar con una alimentación combinada, con ello ver la necesidad de contar con una máquina que permita obtener la zanahoria lavada y cortada para el consumo del bovino lechero.

#### **1.4. TIPOS DE MÁQUINAS**

Hoy en día existe un gran número de máquinas para lavado y cortado de zanahoria, muchas de estas tienen un elevado precio, ya que son dedicadas para la producción de alimento para el ser humano, y su construcción en acero inoxidable, haciendo que aumente su valor comercial.

Tomando en cuenta este punto, se ha visto la necesidad de construir una máquina que cumpla con las necesidades de los ganaderos, una máquina que les provea de un producto limpio y listo para alimento de sus animales en producción lechera.

### 1.4.1 MÁQUINAS DE LAVADO DE ZANAHORIA

En la actualidad existen varias máquinas que permiten obtener la zanahoria lavada, todas ellas dedicadas para el área industrial y alimenticia, ya que son de gran tamaño y capacidad de lavado, por ellos poseen un elevado costo para la adquisición de pequeños productores, dando lugar a la realización de esta actividad de forma manual, por ello la necesidad de satisfacer el requerimiento de los pequeños y medianos productores de leche, con la construcción de una máquina de este tipo.

Dentro de las máquinas de lavado se encuentra algunos tipos:

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

#### 1.4.1.1. 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, con las ventajas y desventajas que se muestran en la tabla 1.2.

**Tabla 1.2: Ventajas y Desventajas de la Máquina de Lavado con Tanque Giratorio**

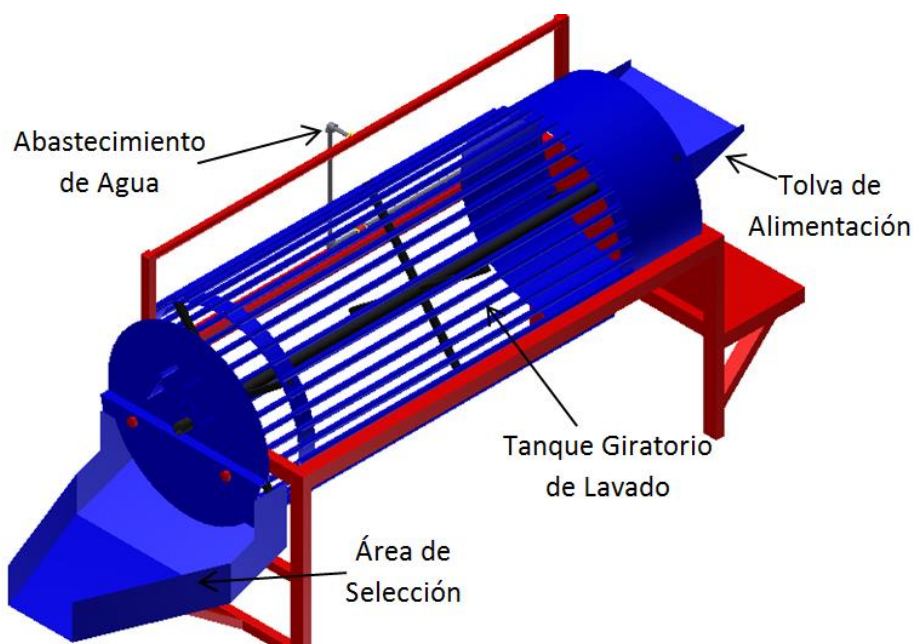
<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MÁQUINA DE LAVADO CON TANQUE GIRATORIO</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buena limpieza de la hortaliza</li> <li>▪ Tiempo corto de lavado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poca carga para el proceso de lavado</li> <li>▪ Daño de la hortaliza, porque el tanque posee en todo su cuerpo</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lavado de zanahoria de distintos tamaños.</li> </ul>	<p>aberturas u orificios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mayor fuerza de máquina para el lavado y movimiento del mismo.</li> <li>▪ Dificultad para desmontaje y mantenimiento.</li> <li>▪ Dificultad para el transporte.</li> </ul>
---	---

Elaborado: Yandún J.

A continuación la figura 1.1 muestra una máquina de lavado con tanque giratorio.

**Figura 1.1: Máquina de Lavado con Tanque Giratorio.**



Elaborado: Yandún J.

#### 1.4.1.2. 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 utilizándolos como banda transportadora, con ventajas y desventajas que se describen en tabla 1.3.

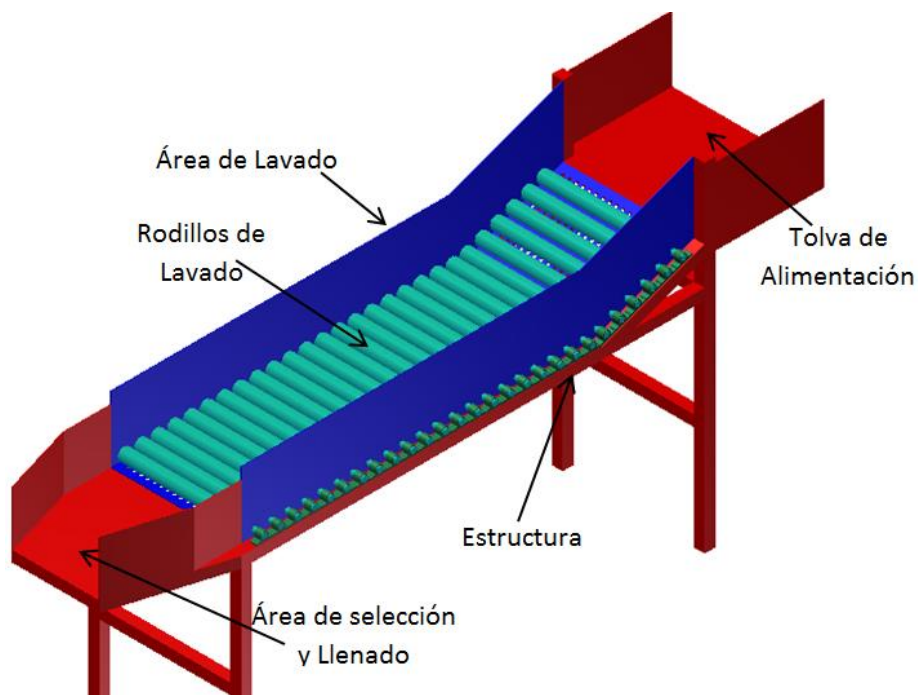
**Tabla 1.3: Ventajas y Desventajas de la Máquina de Lavado con Rodillos**

<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MÁQUINA DE LAVADO CON RODILLOS</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buena limpieza de la hortaliza.</li> <li>▪ Tiempo corto de lavado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poca carga para el proceso de lavado.</li> <li>▪ Lavado de zanahoria de tamaño estándar, hortaliza de diámetro en corona de 4 a 6 cm y largo entre 12 a 16 cm.</li> <li>▪ Dificultad para desmontaje y mantenimiento.</li> <li>▪ Dificultad para el transporte.</li> </ul>

Elaborado: Yandún J.

A continuación la figura 1.2 muestra una maquina de lavado con rodillos.

**Figura 1.2: Máquina de Lavado con Rodillos.**



Elaborado: Yandún J.

### 1.4.1.3. 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, formado una cruz y distribuidos a lo largo del eje central, dichas partes son las que golpean a la zanahoria en el lavado, las ventajas y desventajas se describen en la tabla 1.4.

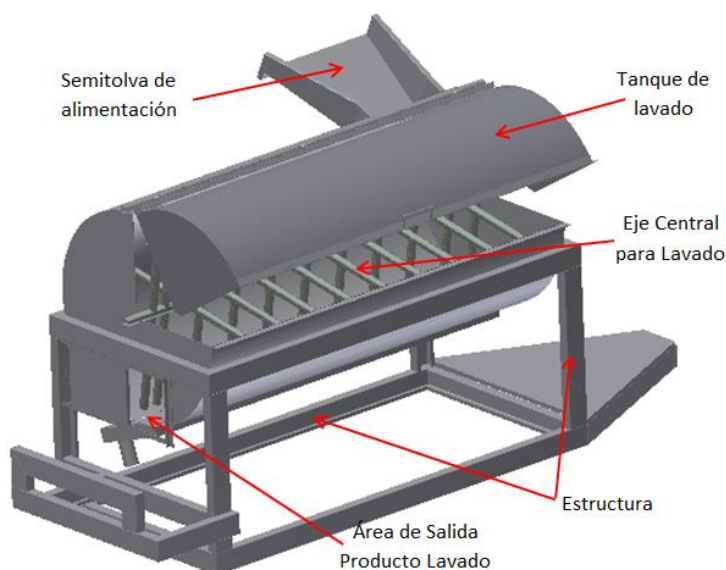
**Tabla 1.4: Ventajas y Desventajas de la Máquina de Lavado con Eje Central.**

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MÁQUINA DE LAVADO CON EJE CENTRAL	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buena limpieza de la hortaliza.</li> <li>▪ Poco daño a la hortaliza.</li> <li>▪ Mayor capacidad de lavado.</li> <li>▪ Tiempo corto de lavado</li> <li>▪ Fácil desmonte y mantenimiento.</li> <li>▪ Variedad de tamaño para el lavado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dificultad para el transporte.</li> </ul>

Elaborado: Yandún J.

A continuación la figura 1.3 muestra una máquina de lavado con eje central.

**Figura 1.3: Máquina de Lavado con Eje Central.**



Elaborado: Yandún J.

#### 1.4.1.4. 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, mismos que se encuentran se forma secuencial, quienes permiten limpiar el producto a lavar, a continuación se describen en la tabla 1.5 las ventajas y desventajas de esta máquina.

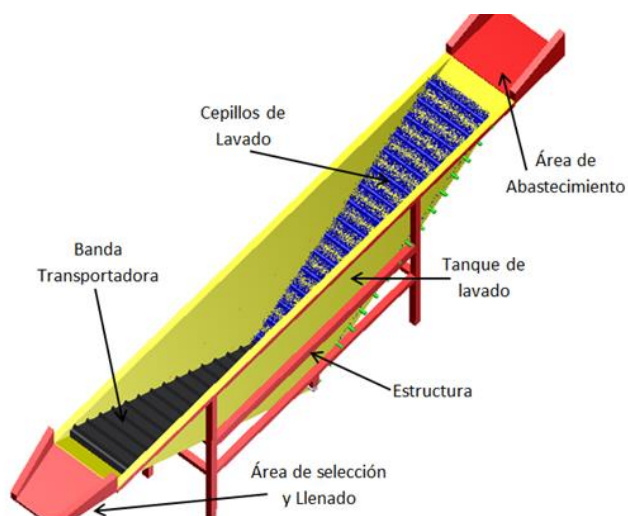
**Tabla 1.5: Ventajas y Desventajas de la Máquina de Lavado con Cepillos.**

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MÁQUINA DE LAVADO CON CEPILLOS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buena limpieza de la hortaliza.</li> <li>▪ Tiempo corto de lavado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lavado de zanahoria de tamaño estándar, hortaliza de diámetro en corona de 4 a 6 cm y largo entre 12 a 16 cm.</li> <li>▪ Dificultad para desmontaje y mantenimiento.</li> <li>▪ Dificultad para el transporte.</li> </ul>

Elaborado: Yandún J.

A continuación la figura 1.4 muestra una máquina de lavado con cepillos.

**Figura 1.4: Máquina de Lavado con Cepillos.**



Elaborado: Yandún J.

## **1.5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS CON FACTORES DE EVALUACIÓN**

Para la evaluación de las diferentes alternativas se requiere de algunos factores que influyen en una adecuada selección del tipo de máquina, que se requiere dentro de los pequeños y medianos productores de leche. Por ello se revisan los siguientes factores:

- Seguridad de la máquina.
- Calidad de lavado del producto.
- Calidad de la hortaliza.
- Facilidad para el mantenimiento.
- Facilidad para la operación.
- Costo.

### **1.5.1. 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 la zanahoria.

### **1.5.2. CALIDAD DE LAVADO DEL PRODUCTO**

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

### **1.5.3. CALIDAD DE LA HORTALIZA**

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.

#### **1.5.4. FACILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO**

Se determina la facilidad que presenta la máquina de lavado para su mantenimiento, el grado de dificultad que presenta para realizar su mantenimiento siendo este preventivo o correctivo.

#### **1.5.5. 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.

#### **1.5.6. COSTO**

Este factor permite conocer la inversión necesaria para la construcción de la máquina, determinar la rentabilidad de la misma, y su tiempo de recuperación. Conociendo los parámetros de estudio se procede a la selección de alguna alternativa, para ello se realiza tablas comparativas entre los tipos de máquinas en estudio y de los parámetros de estudio, permitiendo conocer la de mayor puntuación, siendo esta la seleccionada para su construcción.

Para este estudio se toma en cuenta una escala de calificación con un valor de 10 a uno, siendo 10 de calificación buena y 1 la calificación mala. Para tener un resultado a comparar se debe de normalizar las tablas, para obtener una sumatoria igual a uno.

Con la descripción de los modelos de máquinas existentes en el mercado, que son de nuestro interés, se procede a realizar un estudio de factores, que determinaran la máquina que más se acople a nuestro requerimiento. A continuación se presenta una tabla con las diferentes posibilidades y su respectivo código de estudio. (Tabla 1.6).



**Tabla 1.6: Máquinas de Lavado.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ALTERNATIVAS</b>
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.

Elaborado: Yandún J.

En la siguiente tabla se presentan los factores requeridos para un buen resultado del producto y el buen rendimiento de la máquina. (Tabla 1.7).

**Tabla 1.7: Evaluación de Factores.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>RAZÓN</b>	<b>PONDERACIÓN %</b>	<b>NORMALIZACIÓN</b>
F1	Seguridad de la máquina.	15	0,15
F2	Calidad de lavado del producto.	30	0,30
F3	Calidad de la hortaliza.	20	0,20
F4	Facilidad para el mantenimiento.	10	0,10
F5	Facilidad para la operación.	10	0,10
F6	Costo.	15	0,15
		$\Sigma = 100\%$	$\Sigma = 1$

Elaborado: Yandún J.

Por lo tanto se presenta la calificación de los factores de estudio. (Tabla 1.8).

**Tabla 1.8: Calificación de Factores**

Razón Alternativa	F1	F2	F3	F4	F5	F6
<b>A</b>	6	9	7	5	7	4
<b>B</b>	7	9	7	5	7	6
<b>C</b>	10	9	9	10	8	8
<b>D</b>	7	8	8	5	7	6
$\Sigma$	30	35	31	25	29	24

Elaborado: Yandún J.

A continuación se presenta la tabla de normalización de calificación por cada uno de los factores de análisis, para lo cual se obtiene dividiendo la calificación de cada factor de la tabla 1.8 para la sumatoria total de la suma de cada factor por cada una de las alternativas.

**Tabla 1.9: Normalización de las Alternativas con sus Respectivas Calificaciones.**

Razón Alternativa	F1	F2	F3	F4	F5	F6
<b>A</b>	0.20	0.26	0.23	0.20	0.24	0.17
<b>B</b>	0.23	0.26	0.23	0.20	0.24	0.25
<b>C</b>	0.33	0.26	0.29	0.40	0.28	0.33
<b>D</b>	0.23	0.23	0.26	0.20	0.24	0.25
$\Sigma$	1	1	1	1	1	1

Elaborado: Yandún J.

Se presenta los datos de los resultados de cada alternativa. (Tabla 1.10).

**Tabla 1.10: Resultado por cada Alternativa.**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Máquina de lavado con tanque giratorio.	0.22
Máquina de lavado con rodillos	0.24
Máquina de lavado con eje central.	0.32
Máquina de lavado con cepillos.	0.24
$\Sigma$	1

**Elaborado: Yandún J.**

Comparando los datos expuestos en la tabla 1.10, se puede observar, que dentro de las alternativas propuestas para el análisis, la mejor alternativa en puntuación es la de 0.32, la que corresponde a la máquina de lavado con eje central.

Luego de conocer la mejor alternativa de máquina de lavado para zanahoria se procede a buscar y estudiar la opción para el corte de esta hortaliza, como bien se conoce en la actualidad existe una gran cantidad de máquinas que permite el corte o triturado de la zanahoria, sin embargo todas estas poseen un elevado costo, pues cumplen con normas de calidad, ya que son dedicadas a la preparación de alimentos de consumo humano.

## **1.6. SISTEMAS DE CORTE**

Para el sistema de corte se requiere un tamaño promedio de 2.5cm, y si fuere posible más pequeño. Con este requerimiento se estudia una posibilidad que permita obtener este tamaño de corte en la zanahoria.

Para el corte se determina la forma a cortar, el diseño de la cuchilla y tipo de alimentación para la cortadora; tomando estos puntos como referencia se determina que una buena opción es usar el sistema que utilizan las licuadoras, con unas modificaciones de acuerdo al trabajo que va a desempeñar.

### 1.6.1. TIPO DE CORTE

El tipo de corte está determinado por la forma requerida, ya que la hortaliza se puede cortar en forma de rodajas, en cuadritos o rallada; la finalidad del tipo de corte está determinada únicamente por el tamaño y no por el tipo en el cual se la obtenga, señalando que entre más pequeño es mucho mejor. (Figura 1.5).

**Figura 1.5: Tipos de Corte Zanahoria.**



**A: RODAJAS.**



**B: CUADRITOS.**



**C: RALLADA.**

Elaborado: Yandún J.

### 1.6.2. ÁREA DE CORTE

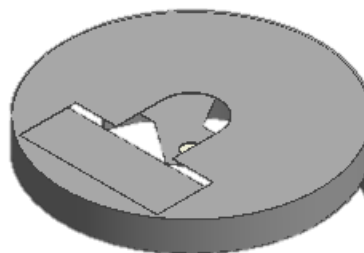
Tomando como referencia una licuadora, se conoce que posee un vaso en el cual se deposita el producto a cortar o picar, para nuestro sistema de corte utilizamos una forma cilíndrica, en la que se depositara la zanahoria para su corte. (Figura 1.6).

**Figura 1.6. Comparación de Área de Corte.**

**Vaso común  
licuadora**



**Área de corte  
máquina**

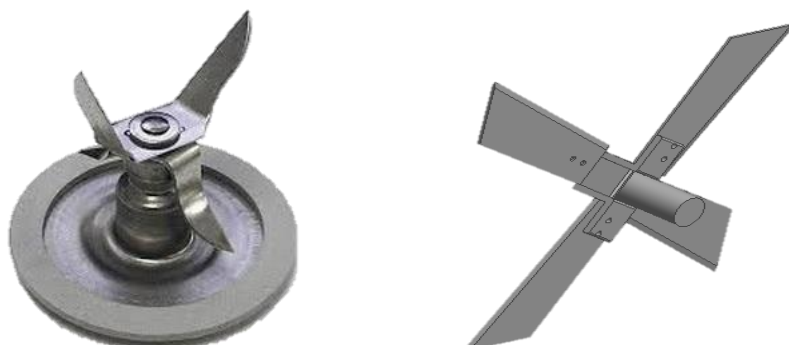


Elaborado: Yandún J.

### 1.6.3. CUCHILLA DE CORTE

En referencia al modelo tomado, como es la licuadora, en relación a sus cuchillas de corte, se realizó una modificación, de una cuchilla con dobles de grada y forma en S, que permite en la licuadora realizar un corte o triturado de la zanahoria hasta lograr un jugo, ya que la cuchilla tiene contacto con casi todo el producto; en cambio en la máquina de cortado la cuchilla es recta y tipo cruz que permite corte la hortaliza a una sola altura, y controlar el tamaño de corte. (Figura 1.7).

**Figura 1.7: Tipo de Cuchilla de Corte**



**Elaborado: Yandún J.**

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE CAMPO**

En las fincas de la zona norte de la provincia del Carchi se investigó la forma que los ganaderos alimentan a sus vacas y los métodos que ellos utilizan en la preparación de la zanahoria, determinando la cantidad de zanahoria frente a la del balanceado para obtener un rendimiento igual.

#### **2.1. ASPECTO DEL LAVADO Y CORTADO MANUAL**

El hombre interviene de forma manual desde su cosecha o compra, para luego iniciar con la preparación de lavado y cortado antes de ser utilizada como alimento del ganado.

##### **2.1.1. LAVADO MANUAL DE LA ZANAHORIA**

Desde la antigüedad las personas han lavado la zanahoria de forma manual en diferentes maneras, tales como:

- Lavado en canastas o canastillas.
- Lavado en costales.

Todas estas cerca de lugares con abundante agua.

##### **2.1.1.1. Lavado en Canastas o Canastillas**

Dentro de este proceso se utilizan canastillas que generalmente tiene una capacidad de 20 a 30 libras, dicha canastilla es utilizada por la facilidad para el transporte de la zanahoria, por su resistencia y su facilidad que tiene para eliminar el agua, sin embargo este proceso se realiza de forma manual, con un tiempo de 60 a 70 minutos por quintal. (Figura 2.1).

**Figura 2.1: Lavado Manual de la Zanahoria por Canastilla**



Elaborado: Manual de producción de zanahoria, 2007

#### **2.1.1.2. Lavado en Costales**

Para este proceso se utiliza costales de plástico o cabuya que facilitan el lavado de la zanahoria, siendo el más utilizado el de plástico, con una capacidad de lavado por costal de 25 a 30 libras para una persona, dedicándole un tiempo de 45 a 60 minutos por quintal. (Figura 2.2).

**Figura 2.2: Lavado Manual de la Zanahoria por Costal**



Elaborado: Yandún J.

### 2.1.2. CORTADO MANUAL DE LA ZANAHORIA

Siempre se ha realizado el consumo de la zanahoria en forma de pedazos, trozos o rodajas, tanto para el hombre como para los animales. Para el consumo de los animales se realiza el corte con el uso de machetes o palas, siendo más utilizadas las palas por su facilidad para este trabajo, permitiéndole al trabajador reducir su actividad física al momento del cortado.

Para el proceso de cortado, se utilizar un cajón de madera con una capacidad de 100 a 120 libras de forma rectangular, con el vaciado de la zanahoria en el cajo se procede al corte con la ayuda de la pala, misma que debe realizar el trabajo de forma perpendicular a la base del cajón, en un tiempo de 20 a 30 minutos. (Figura 2.3 y 2.4).

**Figura 2.3: Vaciado de la Zanahoria en Cajón de Madera.**



Elaborado: Yandún J.



**Figura 2.4: Corte de la Zanahoria con Pala Perpendicular a la Base.**



**Elaborado: Yandún J.**

## **2.2. DIMENSIONES TÍPICAS DE LA ZANAHORIA**

No toda la zanahoria posee una medida estándar, pues dependen de la variedad, por ellos quienes la cultivan la clasifican para su venta, la de mayor tamaño y no deforme es dedicada para consumo del hombre, mientras que la de tamaño reducido y deforme es distribuida para consumo de animales. A continuación se presentan algunas variedades y sus dimensiones típicas.

Las variedades de zanahoria que más se cultivan en el país son:

**VILMORÍN:** Se adapta a los cultivos de invierno y verano, especialmente en siembras de marzo a mayo, su forma es cilíndrico-cónica, con resistencia a la rotura.

**BONANZA:** Con características similares a la Vilmorin, la diferencia esencial es que ésta, es específicamente para bajín. (Aproximadamente 2500m sobre el nivel del mar)

**PS:** Es un tipo de zanahoria alargada que se corta en varios trozos semejantes y se toma como aperitivo. Recomendada para la siembra de abril a junio en zonas frías.

**EMERAL:** Posee buenas características en el bajín y en el alto pero mejor rendimiento en el alto. (Pasado los 3000m sobre el nivel del mar).

**NIAGARA:** Cilíndrica, recta, lisa y larga, zanahoria de lavado con buena aptitud para la conservación, destaca por su rusticidad y elevados rendimientos.

Las dimensiones típicas de las diferentes variedades de zanahorias a nivel nacional son:

Zanahoria grande, destinadas fundamentalmente para extraer su jugo, sus medidas son: diámetro de 7 – 8 cm y largo de 15 – 18 cm.

Zanahoria finas, lavadas y en manojos, para uso industrial. Empleándose para ello variedades de tamaño alargado, que permite hacer de cada pieza varios trozos que mantienen la forma original. Este producto funciona muy bien comercialmente. Sus medidas aproximadamente son: diámetro de 4 – 5 cm y largo de 12 – 14 cm (TITUAÑA, 2007).

Considerando que si el ganadero opta por el cultivo de esta hortaliza, la máquina de lavado y cortado, también puede ser utilizada únicamente para el proceso de lavado, ya que la zanahoria aumenta su precio en el mercado si se encuentra lavada.

## CAPÍTULO III

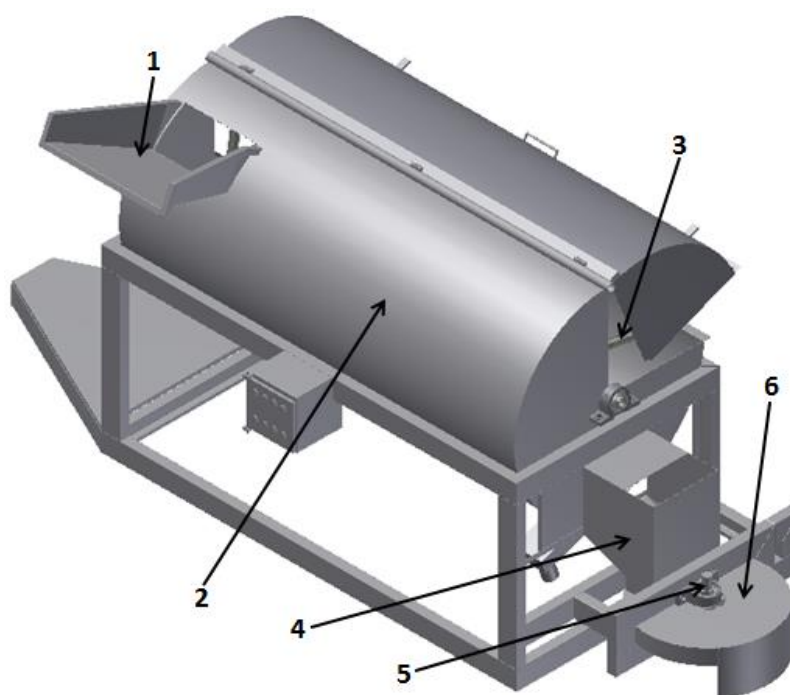
### DISEÑO DE LA MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO DE ZANAHORIA

Este capítulo describe el diseño de los elementos que conforma parte la máquina de lavado y cortado de zanahoria, y para ello se tomaran los parámetros técnicos adecuados.

En el diseño de los elementos para la máquina de lavado y cortado, se considera su funcionamiento y los materiales a utilizar, tomando en cuenta que estos elementos se encuentren en el mercado y cumplan con las especificaciones técnicas requeridas.

En la figura 3.1 se describen las partes que conforman la máquina de lavado y cortado de zanahoria.

**Figura 3.1: Esquema General Constitutivo de la Máquina**



Elaborado: Yandún J.

Donde

- 1: *Semitolva de alimentación.*
- 2: *Tanque de lavado.*
- 3: *Eje de lavado.*
- 4: *Ramfla de alimentación cortadora.*
- 5: *Eje de cortado.*
- 6: *Cortadora.*

Para el diseño de los elementos de la máquina de lavado y cortado de zanahoria se determina en dos partes, que a continuación se describen:

- Diseño de la lavadora.
- Diseño de la cortadora.

### **3.1. DISEÑO DE LA LAVADORA**

Para el diseño de la lavadora se tendrá dos parámetros:

- Diseño del área de lavado.
- Diseño de los elementos de lavado.

#### **3.1.1. DISEÑO DEL ÁREA DE LAVADO**

En el dimensionamiento del cilindro de lavado se toma en cuenta la capacidad o cantidad a lavar de zanahoria, para un adecuado funcionamiento se recomienda que el volumen ocupado por la zanahoria debe ser menor.

Según (CHAMORRO, 2012), se determina el volumen ocupado por la zanahoria, tomando en cuenta su masa y densidad.

$$V = \frac{m}{\partial \text{Zanahoria}}$$

Ecuación: 10

Donde

$V$ : Volumen nominal [ $m^3$ ]

$m$ : Masa de la zanahoria [ $Kg$ ] = 68.2 [ $Kg$ ]

$\rho_{Zanahoria}$ : Densidad de la zanahoria [ $Kg/m^3$ ] = 1078 [ $Kg/m^3$ ]

Reemplazo de variables en ecuación 10.

$$V = \frac{m}{\rho_{Zanahoria}}$$

$$V = \frac{68.2 \text{ [Kg]}}{1078 \text{ [Kg/m}^3\text{]}}$$

$$V = 0.063 \text{ m}^3$$

Como el área de lavado es de forma cilíndrica, el volumen está dado por la siguiente ecuación.

$$V = \frac{\pi D^2 L}{4} \quad \text{Ecuación: 11}$$

Para una adecuada selección del cilindro de lavado se recomienda que la relación entre la longitud sobre el diámetro del cilindro no deba de ser mayor a 15. (CHAMORRO, 2012).

En la siguiente tabla se muestran los diámetros y longitudes que cumplen con los requerimientos para la construcción.

**Tabla 3.1: Diámetros y Longitudes para la Fabricación del Cilindro de Lavado**

Volumen [ $m^3$ ]	Longitud [ $m$ ]	Diámetro [ $m$ ]	L/D
0.09	0.40	0.80	2
0.80	0.80	1.60	2
2.71	1.20	2.40	2

Elaborado: Yandún J.

Con los resultados de la tabla 3.1 se decide tomar un diámetro de 0.79 [m], por encontrar en el mercado planchas de acero galvanizado de 1.22 X 2.44 [m]. Para la fabricación del cilindro se toman dos planchas, que permiten cumplir con el diámetro y el largo requerido, siendo una de esta cortada para lograr la longitud de diseño.

Donde

$$D=0.79 \text{ [m]}$$

$$L=1.65 \text{ [m]}$$

### **3.1.2. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LAVADO**

Para el diseño de los elementos de lavado se procede a determinar los que influyen en el lavado, dentro de los elementos se encuentran el eje de lavado, el motor que impulsa al eje para el lavado y el abastecimiento del agua.

- Diseño del sistema de movimiento.
- Cálculo de eje de lavado.
- Sistema de aspersión.

#### **3.1.2.1. Diseño del Sistema de Movimiento**

Para el sistema de movimiento se utiliza un motor eléctrico, para este se calcula la potencia requerida que genere el movimiento necesario a todo el sistema de lavado.

Para el cálculo se determina la cantidad de inercia que se necesita por parte del motor, para generar el movimiento requerido en el proceso de lavado de la hortaliza.

El cálculo de la inercia, se lo realiza de forma separada, por ello se calcula la inercia de las siguientes partes que conforman el eje central y la inercia generada por la zanahoria.

- Inercia del eje central ( $I_{EC}$ )
- Inercia cuerpo al eje central ( $I_{CEC}$ )
- Inercia de la zanahoria ( $I_Z$ )

Para encontrar el momento del cilindro de lavado se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sum M = \sum I * \alpha \quad \text{Ecuación: 12}$$

Donde

$M$ : Momento [ $N * m$ ]

$I$ : Inercia de todos los elementos del sistema [ $Kg * m^2$ ]

$\alpha$ : Aceleración angular [ $rad/s^2$ ]

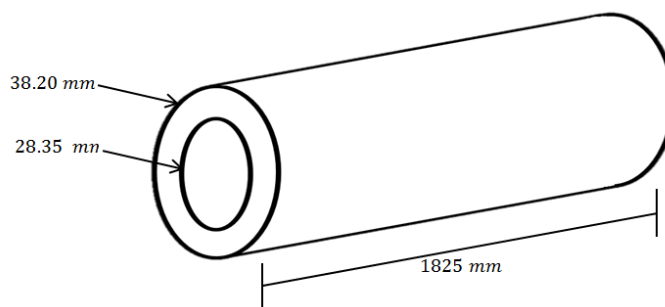
Para determinar la inercia total del sistema, se lo encuentra con la sumatoria de las inercias de los elementos del cilindro de lavado.

$$\sum I = I_{EC} + I_{CEC} + I_Z \quad \text{Ecuación: 13}$$

### **3.1.2.1.1. Inercia del Eje Central ( $I_{EC}$ )**

Para el cálculo de la inercia del eje central, se considera que este eje es hueco y de acero galvanizado ASTM- A500, con las características de la figura 3.2.

**Figura 3.2: Longitud y Diámetros del Eje Hueco.**



**Elaborado: Yandún J.**

Según (MERIAM, 2000), para calcular el momento de inercia del eje hueco se inicia de la siguiente ecuación.

$$I = \sum r^2 m \quad \text{Ecuación: 14}$$

$$I = \int r^2 dm$$

Tomando como referencia la ecuación 14, según (OCEANO GRUPO EDITORIAL), se determina la siguiente ecuación.

$$I_{EC} = m \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{2} \quad \text{Ecuación: 15}$$

Donde

$I_{EC}$ : Inercia eje central [ $kg * m^2$ ]

$m$ : Masa del tubo [ $Kg$ ] =  $\rho AL$

Ecuación: 16

$R_1$ : Radio mayor [ $m$ ] =  $\frac{38.20}{2} = 0.0191 m$

$R_2$ : Radio menor [ $m$ ] =  $\frac{28.35}{2} = 0.0142 m$

Para

$$m = \rho AL$$



Donde

$m$ : Masa del tubo [Kg]

$\rho$ : Densidad acero galvanizado  $\left[\frac{kg}{m^3}\right] = 7850 [kg/m^3]$

$L$ : Longitud del tubo [m] = 1.825 m

$A$ : Area del tubo  $[m^2] = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$

Ecuación: 17

Para la ecuación 17, A, es tomada de (MOTT, 2006).

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

Donde

$A$ : Area del tubo  $[m^2]$

$D^2$ : Diametro mayor [m] = 0.0382 m

$d^2$ : Diametro menor [m] = 0.02835 m

Reemplazo en ecuación 17

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

$$A = \frac{\pi[(0.0382m)^2 - (0.02835m)^2]}{4}$$

$$A = \mathbf{0.0005148 m^2}$$

Para la ecuación 16

$$m = \rho AL$$

$$m = \left(7850 \frac{kg}{m^3}\right) * (0.0005148 m^2) * (1.825 m)$$

$$m = \mathbf{7.375 kg}$$

Para la ecuación 15

$$I_{EC} = m \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{2}$$

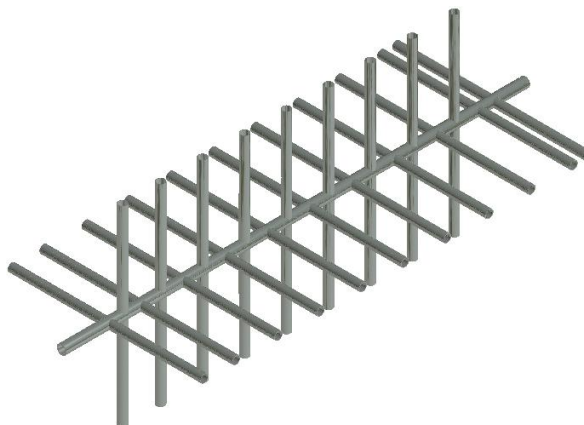
$$I_{EC} = 7.375 \text{ kg} \frac{[(0.0191\text{m})^2 - (0.0142\text{m})^2]}{2}$$

$$I_{EC} = 0.0006017 \text{ kg} * \text{m}^2$$

### 3.1.2.1.2. Inercia Cuerpo al Eje Central ( $I_{CEC}$ )

Se calcula la inercia de los tubos que forman parte del cuerpo central. Para identificar la parte a estudiar ver la figura 3.3.

**Figura 3.3: Formación de Tubo de Lavado.**



Elaborado: Yandún J.

Las partes que forman el cuerpo central son tubos huecos que se encuentran soldados al eje central, los tubos son de acero galvanizado ASTM-A50, formando con el eje central una cruz, en un número de 40 tubos distribuidos a lo largo del eje.

Para determinar la inercia de los tubos que forman el cuerpo del eje central, está dado por la siguiente ecuación:

$$I_{CEC} = 40I_{REC}$$

Ecuación: 18

Donde

$I_{CEC}$ : Inercia cuerpo al eje central [ $kg * m^2$ ]

$I_{REC} =$  Inercia respecto al eje central [ $kg * m^2$ ]

Según (MERIAM, 2000), para determinar la inercia respecto al eje central se utiliza la ecuación 19, considerando el teorema de Steiner.

$$I_{REC} = I_T + mr^2 \quad \text{Ecuación: 19}$$

Donde

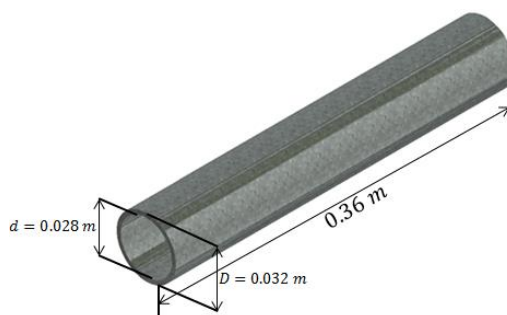
$I_T$ : Inercia del tubo [ $kg * m^2$ ]

$m$ : masa [ $kg$ ]

$r$ : Distancia entre ejes paralelos [ $m$ ]

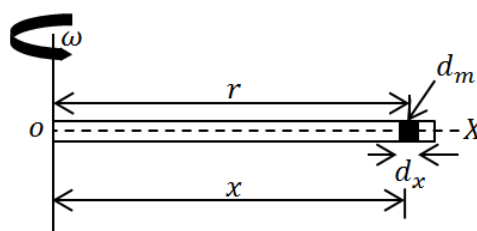
Para calcular la inercia del tubo se observa las figuras 3.4 y 3.5.

**Figura 3.4: Tubo con Medidas**



Elaborado: Yandún J.

**Figura 3.5: Figura de Estudio para Inercia**



Elaborado: Yandún J.

$$I_T = \int r^2 dm$$

$$dm = \rho A dx$$

$$I_T = \int_0^L x^2 \rho A dx$$

$$I_T = \frac{1}{3} \rho A x^3 \Big|_0^L$$

$$I_T = \frac{1}{3} \rho A L^3$$

Si

$$m = \rho A L$$

Por tanto

$$I_T = \frac{1}{3} m L^2$$

Ecuación: 20

Para

$$m = \rho A L$$

Donde

$m$ : Masa [kg]

$\rho$ : Densidad del acero galvanizado  $\left[\frac{kg}{m^3}\right] = 7850 [kg/m^3]$

$A$ : Área [ $m^2$ ] =  $\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$

$L$ : Longitud del tubo [m] = 0.36 m

Para

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

$D$ : Diámetro mayor [m] = 0.032 m

$d$ : Diámetro menor [m] = 0.028 m

Donde

$$A = \frac{\pi[(0.032 \text{ m})^2 - (0.028 \text{ m})^2]}{4}$$

$$A = \mathbf{0.000188 \text{ m}^2}$$

Para

$$m = \rho AL$$

$$m = (7850 \text{ kg/m}^3) * (0.000188 \text{ m}^2) * (0.36 \text{ m})$$

$$m = 0.5313 \text{ kg}$$

Reemplazo de variables en ecuación 20.

$$I_T = \frac{1}{3} mL^2$$

$$I_T = \frac{1}{3} (0.5313 \text{ kg})(0.36 \text{ m})^2$$

$$I_T = \mathbf{0.0299 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

Calculado el momento inercia del tubo que forma parte del eje central, se calcula el momento inercial de este tubo respecto al eje del eje principal, para ello se utiliza el teorema de Steiner mediante la ecuación 19.

$$I_{REC} = I_T + mr^2$$

Donde

$$I_{REC} = 0.0299 \text{ kg} * \text{m}^2 + (0.53113 \text{ kg})(0.0191 \text{ m})^2$$

$$I_{REC} = 0.0299 \text{ kg} * \text{m}^2 + 0.000194 \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$I_{REC} = \mathbf{0.0231 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

Calculada la inercia respecto al eje central del tubo, que forma parte del cuerpo total, se determinará la inercia generada de todos los elementos que forman el cuerpo al eje central, usando ecuación 18.

$$I_{CEC} = 40I_{REC}$$

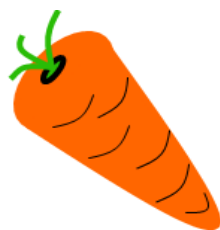
$$I_{CEC} = 40 * (0.0231 \text{ kg} * \text{m}^2)$$

$$I_{CEC} = \mathbf{0.924 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

### 3.1.2.1.3. Inercia de la Zanahoria ( $I_Z$ )

Para determinar la inercia de la zanahoria se toma como referencia su forma, como se ve en la figura 3.6. La zanahoria posee una forma cónica, pero su punta no es como la de un cono, con este antecedente se determina que la hortaliza posee una forma de paraboloides.

**Figura 3.6: Figura de la Zanahoria.**



**Elaborado: Yandún J.**

Según (MERIAM, 2000), para determinar la inercia de la zanahoria se utiliza la ecuación 21.

$$I_{uz} = \frac{1}{6}m(b^2 + \frac{1}{3}c^2) \quad \text{Ecuación: 21}$$

Donde

$I_{uz}$ : Inercia de una sola zanahoria [ $\text{kg} * \text{m}^2$ ]

$m$ : Masa [ $\text{kg}$ ]

$b^2$ : Diámetro mayor de la zanahoria [ $\text{m}$ ]

$c^2$ : Longitud de la zanahoria [ $\text{m}$ ]

Con la ecuación 21 se calcula la inercia de una zanahoria, y para determinar la inercia total de las zanahorias se utiliza la siguiente ecuación.

$$I_z = N_z * I_{uz} \quad \text{Ecuación: 22}$$

Donde

$I_z$ : Inercias de la zanahorias [ $kg * m^2$ ]

$N_z$ : Número de zanahorias

$I_{uz}$ : Inercia de una sola zanahoria [ $kg * m^2$ ]

A continuación se usa la ecuación 21.

$$I_{uz} = \frac{1}{6} m(b^2 + \frac{1}{3} c^2)$$

Para obtener los datos necesario se utiliza la tabla 3.2.

**Tabla 3.2: Descripción de la Zanahoria**

<b>ESTADO DE MADUREZ</b>	<b>INMADURO</b>	<b>MADURO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>PROMEDIO</b>
Peso [ $g$ ]	18.390	105.886
Volumen [ $cm^3$ ]	16.87	99.56
Densidad [ $g/cm^3$ ]	1.120	1.078
Longitud (L) [ $cm$ ]	9.3035	13.1096
Diámetro mayor (Dm) [ $cm$ ]	2.1782	4.2846

Elaborado: Cuaran N.

Para

$$m = \rho AL$$

Donde

$m$ : masa [kg]

$\rho$ : Densidad de la zanahoria  $\left[\frac{kg}{m^3}\right] = 1078 \text{ kg/m}^3$

$L$ : Longitud [m] = 0.1311 m

$A$ : Area [m] =  $\pi r \sqrt{h^2 + r^2} + \pi r^2$

Ecuación: 23

Para la ecuación 23, A, es tomada de (MERIAM, 2000).

Para  $A_1$

$$A_1 = \pi r \sqrt{h^2 + r^2}$$

Donde

$r$ : 0.021423 m

$h$ : 0.1311 m

$$A_1 = \pi * (0.021423 \text{ m}) \sqrt{(0.1311 \text{ m})^2 + (0.021423 \text{ m})^2}$$

$$A_1 = (0.0673 \text{ m}) * (0.1328 \text{ m})$$

$$A_1 = \mathbf{0.00894 \text{ m}^2}$$

Para

$$A_2 = \pi r^2$$

Donde

$r$ : 0.021423 m

$$A_2 = \pi * (0.021423 \text{ m})^2$$

$$A_2 = \mathbf{0.001442 \text{ m}^2}$$

Para

$$A = \pi r \sqrt{h^2 + r^2} + \pi r^2$$



$$A = 0.00894 \text{ m}^2 + 0.001442 \text{ m}^2$$

$$A = \mathbf{0.01038 \text{ m}^2}$$

Donde

$$m = \rho AL$$

$$m = (1078 \text{ kg/m}^3) * (0.01038 \text{ m}^2) * (0.1311 \text{ m})$$

$$m = \mathbf{1.4669 \text{ kg}}$$

Reemplazo de variables en ecuación 21

$$I_{uz} = \frac{1}{6} m(b^2 + \frac{1}{3}c^2)$$

$$I_{uz} = \frac{1}{6} * (1.4669 \text{ kg})[(0.04285 \text{ m})^2 + \frac{1}{3}(0.1311 \text{ m})^2]$$

$$I_{uz} = (0.2448 \text{ kg}) * (0.007565 \text{ m}^2)$$

$$I_{uz} = \mathbf{0.001852 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

Con el valor de inercia de la zanahoria se utiliza la ecuación 22, que determina la inercia total de las zanahorias.

$$I_z = N_z * I_{uz}$$

Para determinar el valor de  $N_z$  se utilizan los datos de la tabla 3.2.

Si se conoce que la máquina de lavado procesa un máximo de 150 lb de zanahoria, se determina la cantidad de zanahorias que ocupan este peso, con una regla de 3.

150 libras = 68.18 kg Peso total de la zanahoria.

105.886 g = 0.1058 kg Peso de una zanahoria.

1 z	0.1058 kg
$N_z$	68.1818 kg

Donde

1 z: *El peso de una zanahoria*

$N_z$  : *Número de zanahorias*

Para

$$N_z = \frac{(1 z) * (68.1818 \text{ kg})}{0.1058 \text{ kg}}$$

$$N_z = \mathbf{644 \text{ zanahorias}}$$

A continuación se utiliza la ecuación 22.

$$I_z = N_z * I_{uz}$$

$$I_z = (644) * (0.001852 \text{ kg} * \text{m}^2)$$

$$I_z = \mathbf{1.19 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

Determinada la inercia de todos los elementos se procede a sumarlos, para determinar la inercia total, utilizando la ecuación 13.

$$\sum I = I_{EC} + I_{CEC} + I_z$$

$$\sum I = 0.0006017 \text{ kg} * \text{m}^2 + 0.924 \text{ kg} * \text{m}^2 + 1.19 \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$\sum I = \mathbf{2.1146 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

Calculada la inercia total se utiliza la ecuación 12.

$$\sum M = \sum I * \alpha$$

Despejando la ecuación 12, se obtiene:

$$M_T - M_O = \sum I * \alpha \quad \text{Ecuación: 24}$$

Donde

$M_T$ : Momento torsor [ $N * m$ ]

$M_O$ : Momento opuesto a causa del deslizamiento de la zanahoria [ $N * m$ ]

$\alpha$ : Aceleración angular [ $rad/s$ ]

$$M_O = mgr_{int} \quad \text{Ecuación: 25}$$

Donde

$m$ : Masa de la zanahoria [ $kg$ ] = 68.1818  $kg$

$g$ : Gravedad [ $\frac{m}{s^2}$ ] = 9.8  $m/s^2$

$r_{int}$ : Radio interior del tanque de lavado [ $m$ ] = 0.395  $m$

Reemplazo de variables en ecuación 25

$$M_O = (68.1818 \text{ kg}) * (9.8 \text{ m/s}^2) * (0.395 \text{ m})$$

$$M_O = 263.93 \text{ N} * \text{m}$$

Para determinar el valor de la velocidad angular se toma en cuenta los 53.75 rpm, que es la velocidad que posee el eje de lavado.

$$(53.75) * (\pi) * \frac{2}{60} = 5.63 \text{ rad/s}$$

Utilizando el despeje de la ecuación 24.

$$M_T - M_O = \sum I * \alpha$$

$$M_T = \sum I * \alpha + M_O$$

$$M_T = (2.1146) * (0) + 263.93$$

$$\mathbf{M_T = 263.93 N * m}$$

Donde la potencia teórica del motor está dada por la siguiente ecuación.

$$P_{motor} = M_T * n_2 \quad \text{Ecuación: 26}$$

Donde

$P_{motor}$ : Potencia motor [W]

$M_T$ : Momento torsor [N \* m] = 269.93 [N \* m]

$n_2$ : Velocidad angular del eje de lavado  $\left[ \frac{rad}{s} \right] = 5.63 \frac{rad}{s}$

Reemplazo de variables en ecuación 26.

$$P_{motor} = M_T * n_2$$

$$P_{motor} = (269.93) * (5.63)$$

$$P_{motor} = 1519.71 [W]$$

$$\mathbf{P_{motor} = 2.04 [Hp]}$$

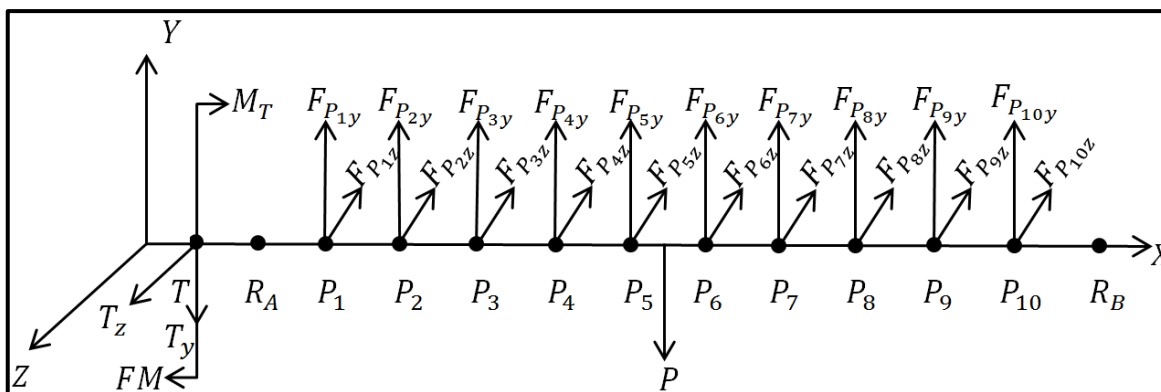
Con la potencia calculada para el motor, se opta por adquirir un motor de 3HP WEG, el cual garantiza el funcionamiento del sistema de lavado.

### 3.1.2.2. Cálculo del Eje de Lavado

Para determinar las condiciones de diseño en el eje de lavado se emplea el Método de Soderberg, ya que este es el más conservador en relación al método de Goodman y Gerber, con relación a la fatiga y resistencia a la fluencia.

Iniciando con el diagrama de cuerpo libre, para determinar las cargas que actúan sobre el eje de lavado, se muestra en la figura 3.7.

Figura 3.7: Diagrama de Cuerpo Libre.



Elaborado: Yandún J.

Donde

$R_A$ : Reacción sobre el rodamiento A [N]

$R_B$ : Reacción sobre el rodamiento B [N]

$T$ : Tensión transmitida por el motor [N]

$M_T$ : Momento torsor [ $N \cdot m$ ]

$P_{EC}$ : Peso eje central [N] = 294.2 [N]

Para determinar el momento torsor, se realiza mediante la ecuación 26.

$$P_{motor} = M_T \cdot n_2$$

Despejando  $M_T$

$$M_T = \frac{P_{motor}}{n_2}$$

$$M_T = \frac{(745.7) \cdot (3)}{5.63}$$

$$M_T = 397.35 [N \cdot m]$$

Según (MOTT, 2006), la transmisión de potencia del motor se realiza por medio de una polea, utilizando la ecuación 27.

$$T = \frac{M_T}{d/2}$$

Ecuación: 27

Donde

$T$ : Tensión transmitida al eje por el motor [N]

$M_T$ : Momento torsor [N \* m] = 397.35 [N \* m]

$d$ : Diámetro de polea conducida [m] = 16 [in] = 0.4064 [m]

Reemplazo de variables en ecuación 27.

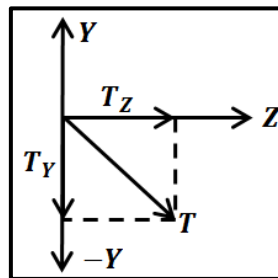
$$T = \frac{M_T}{d/2}$$

$$T = \frac{397.35 \text{ [N * m]}}{0.4064 \text{ [m]}/2}$$

$$T = \mathbf{1955.46 \text{ [N]}}$$

Con el valor de  $T = 1955.46 \text{ [N]}$ , se calcula sus componentes, ver figura 3.8.

**Figura 3.8: Componentes de la Fuerza T.**



Elaborado: Yandún J.

$$T_Y = (\text{Cos } 45) * 1955.46$$

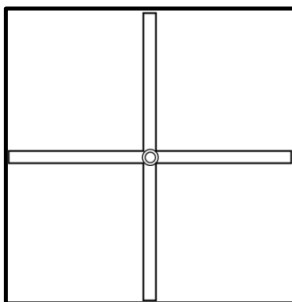
$$T_Y = \mathbf{1382.72 \text{ [N]}}$$

$$T_Z = (\text{Sen } 45) * 1955.46$$

$$T_Z = \mathbf{1382.72 \text{ [N]}}$$

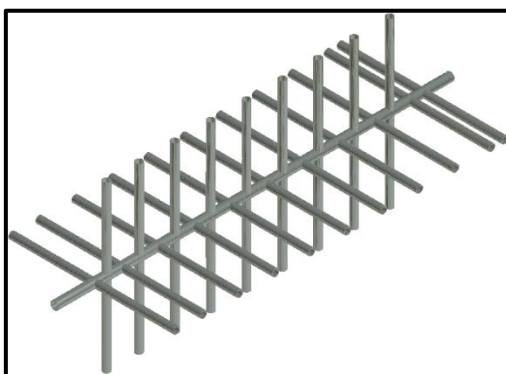
Para determinar la fuerza necesaria para mover la zanahoria, se parte del peso a mover y la forma del eje de lavado. (Figuras 3.9 y 3.10)

**Figura 3.9: Vista Lateral Eje de Lavado**



Elaborado: Yandún J.

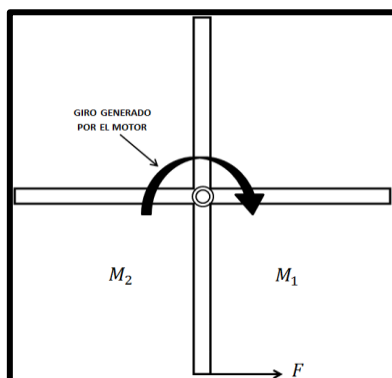
**Figura 3.10: Vista Tridimensional del Eje de Lavado**



Elaborado: Yandún J.

La figura 3.11, describe la distribución de la masa a lavar y la fuerza que se opone al movimiento generado por el motor.

**Figura 3.11: Muestra la Distribución de la Masa a Lavar, Giro Generado por el Motor y Fuerza que se Opone al Movimiento.**



Elaborado: Yandún J.

Donde

$$M_T = M_1 + M_2 = 68.18 \text{ kg}$$

Para el estudio del proceso de lavado se considera que la máquina está en reposo y con la masa total, por ello la masa  $M_1$  y  $M_2$  son iguales.

$$M_1 = M_2 = \frac{68.18}{2} = 34.09 \text{ kg}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = (34.09 \text{ kg}) * (9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 334.1 \text{ [N]}$$

Con la fuerza generada por la zanahoria, esta es dividida para el número de tubos que topan la zanahoria, el eje de lavado tiene un número de 10 tubos que topan la hortaliza para moverla.

$$F_{P1} = F_{P2} = \dots F_{P10} = \frac{334.1}{10} = 33.41 \text{ [N]}$$

Donde

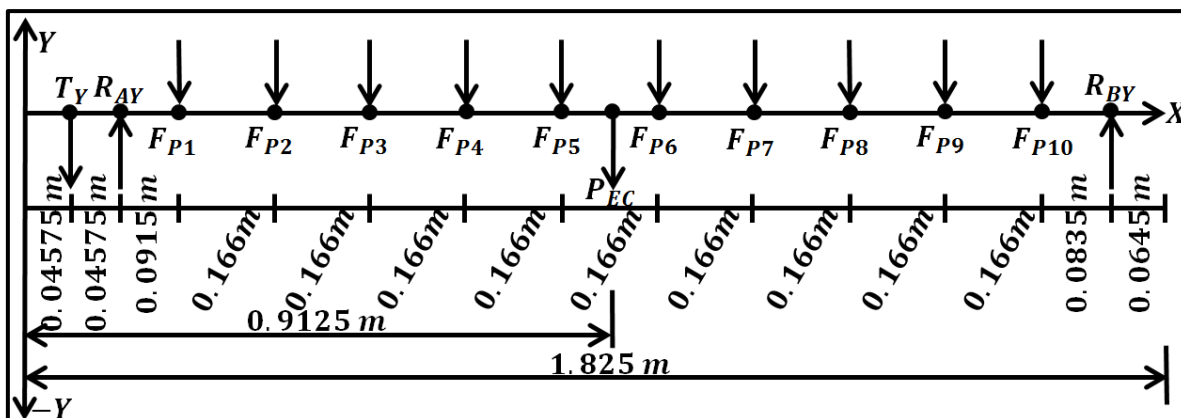
$F_p$ : Fuerza de un tubo del eje de lavado

A continuación se calcula los valores de las reacciones  $R_A$  y  $R_B$ , utilizando la sumatoria de fuerzas y sumatoria de momentos.

Partiendo del diagrama cuerpo libre, en inicio se toma el plano XY, y luego el plano XZ, ya que se tiene influencia de fuerzas y momentos en estos planos. (Ver figura 3.12 y 3.14)



Figura 3.12: Diagrama de Cuerpo Libre Plano XY.



Elaborado: Yandún J.

$$\sum F_Y = 0$$

$$-T_Y + R_{AY} - 10(F_P) - P_{EC} + R_{BY} = 0$$

$$R_{AY} + R_{BY} = T_Y + 10(F_P) + P_{EC}$$

$$R_{AY} + R_{BY} = 1382.72 [N] + 10(33.41 [N]) + 294.2 [N]$$

$$R_{AY} + R_{BY} = 2010.32 [N]$$

Ecuación: 28

$$\sum M_A = 0$$

$$\begin{aligned} -T_Y(0.04575) + F_{P1}(0.0915) + F_{P2}(0.2575) + F_{P3}(0.4235) + F_{P4}(0.5895) \\ + F_{P5}(0.7555) + P_{EC}(0.821) + F_{P6}(0.9215) + F_{P7}(1.0875) \\ + F_{P8}(1.2535) + F_{P9}(1.4195) + F_{P10}(1.5855) - R_{BY}(1.669) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{BY}(1.669) = -(1382.72)(0.04575) + (33.41)(0.0915) + (33.41)(0.2575) \\ + (33.41)(0.4235) + (33.41)(0.5895) + (33.41)(0.7555) \\ + (294.2)(0.821) + (33.41)(0.9215) + (33.41)(1.0875) \\ + (33.41)(1.2535) + (33.41)(1.4195) + (33.41)(1.5855) \end{aligned}$$

$$R_{BY}(1.669) = -63.26 + 280.14 + 241.54$$

$$R_{BY}(1.669) = 458.42$$

$$R_{BY} = 458.42/1.669$$

$$R_{BY} = 274.67 [N]$$

Reemplazo de  $R_{BY}$  en ecuación 28

$$R_{AY} + R_{BY} = 2010.32 \text{ [N]}$$

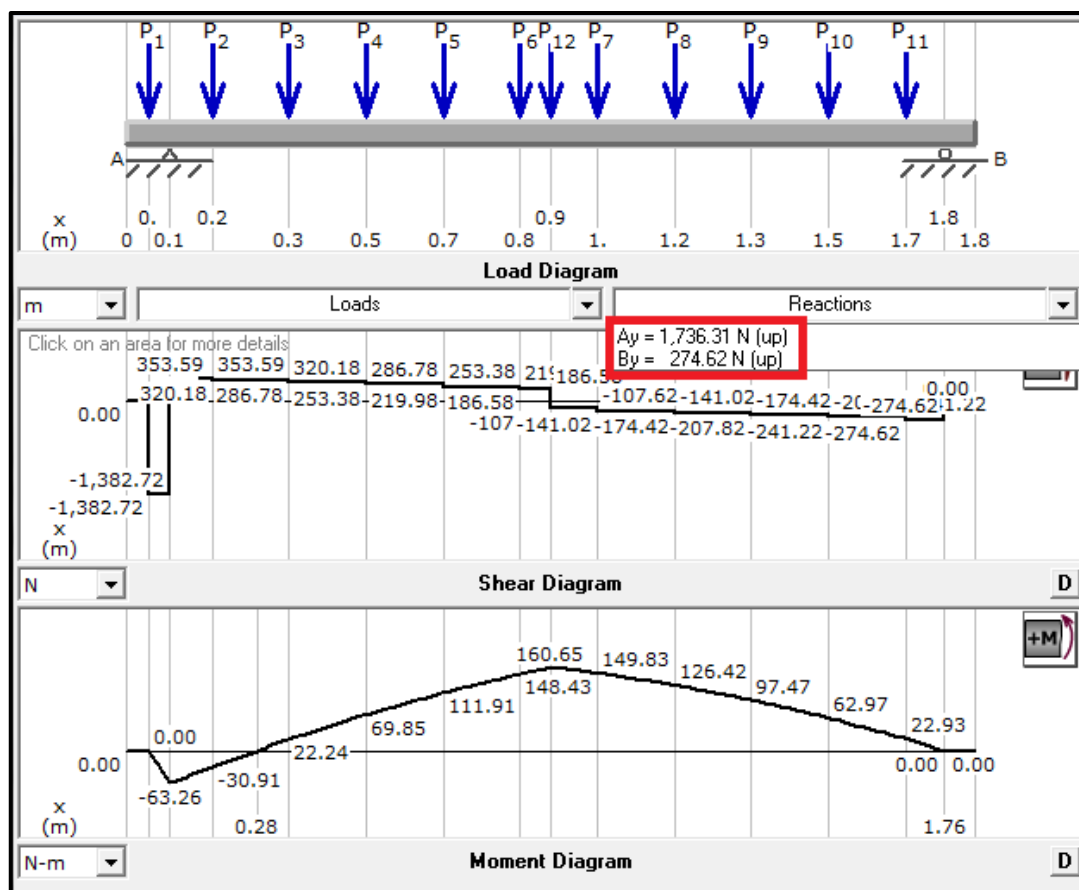
$$R_{AY} = 2010.32 \text{ [N]} - R_{BY}$$

$$R_{AY} = 2010.32 \text{ [N]} - 274.67 \text{ [N]}$$

$$R_{AY} = 1735.65 \text{ [N]}$$

Con los valores de las reacciones ya calculadas, se utilizó el programa MDSolids 3.5 para comprobar los valores encontrados y ratificar los resultados. (Ver figura 3.13)

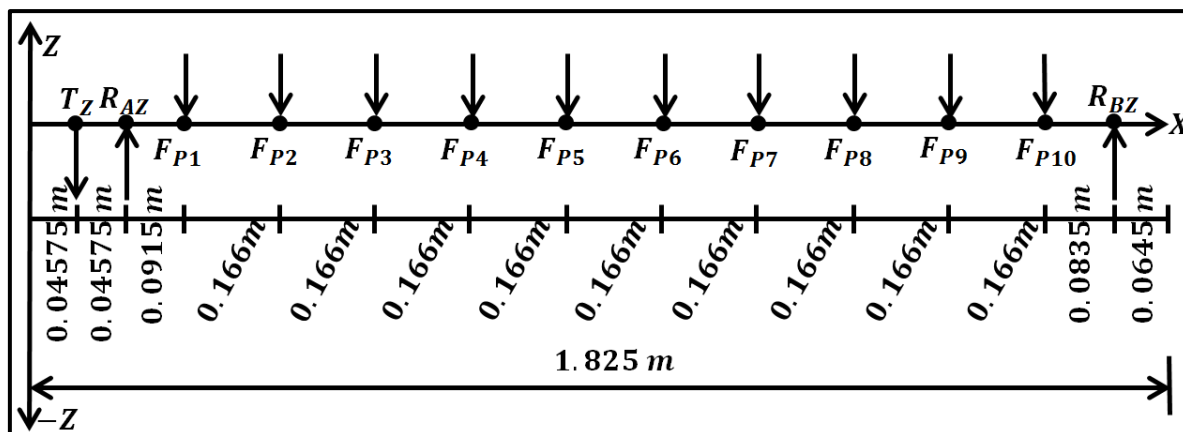
**Figura 3.13: Diagrama de Cortes y Momentos Plano XY en Mdsolids 3.5**



Elaborado: Yandún J.

A continuación se estudia en plano XZ.

Figura 3.14: Diagrama de Cuerpo Libre Plano XZ.



Elaborado: Yandún J.

$$\sum F_Z = 0$$

$$-T_Z + R_{AZ} - 10(F_P) + R_{BZ} = 0$$

$$R_{AZ} + R_{BZ} = T_Z + 10(F_P)$$

$$R_{AZ} + R_{BZ} = 1382.72 [N] + 10(33.41 [N])$$

$$R_{AZ} + R_{BZ} = 1716.86 [N]$$

Ecuación: 29

$$\sum M_A = 0$$

$$\begin{aligned} -T_Y(0.04575) + F_{P1}(0.0915) + F_{P2}(0.2575) + F_{P3}(0.4235) + F_{P4}(0.5895) \\ + F_{P5}(0.7555) + F_{P6}(0.9215) + F_{P7}(1.0875) + F_{P8}(1.2535) \\ + F_{P9}(1.4195) + F_{P10}(1.5855) - R_{BZ}(1.669) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{BY}(1.669) = -(1382.72)(0.04575) + (33.41)(0.0915) + (33.41)(0.2575) \\ + (33.41)(0.4235) + (33.41)(0.5895) + (33.41)(0.7555) \\ + (33.41)(0.9215) + (33.41)(1.0875) + (33.41)(1.2535) \\ + (33.41)(1.4195) + (33.41)(1.5855) \end{aligned}$$

$$R_{BZ}(1.669) = -63.26 + 280.14$$

$$R_{BZ}(1.669) = 216.88$$

$$R_{BZ} = 216.88/1.669$$

$$R_{BZ} = 129.95 [N]$$

Remplazo de  $R_{BZ}$  en la ecuación 29

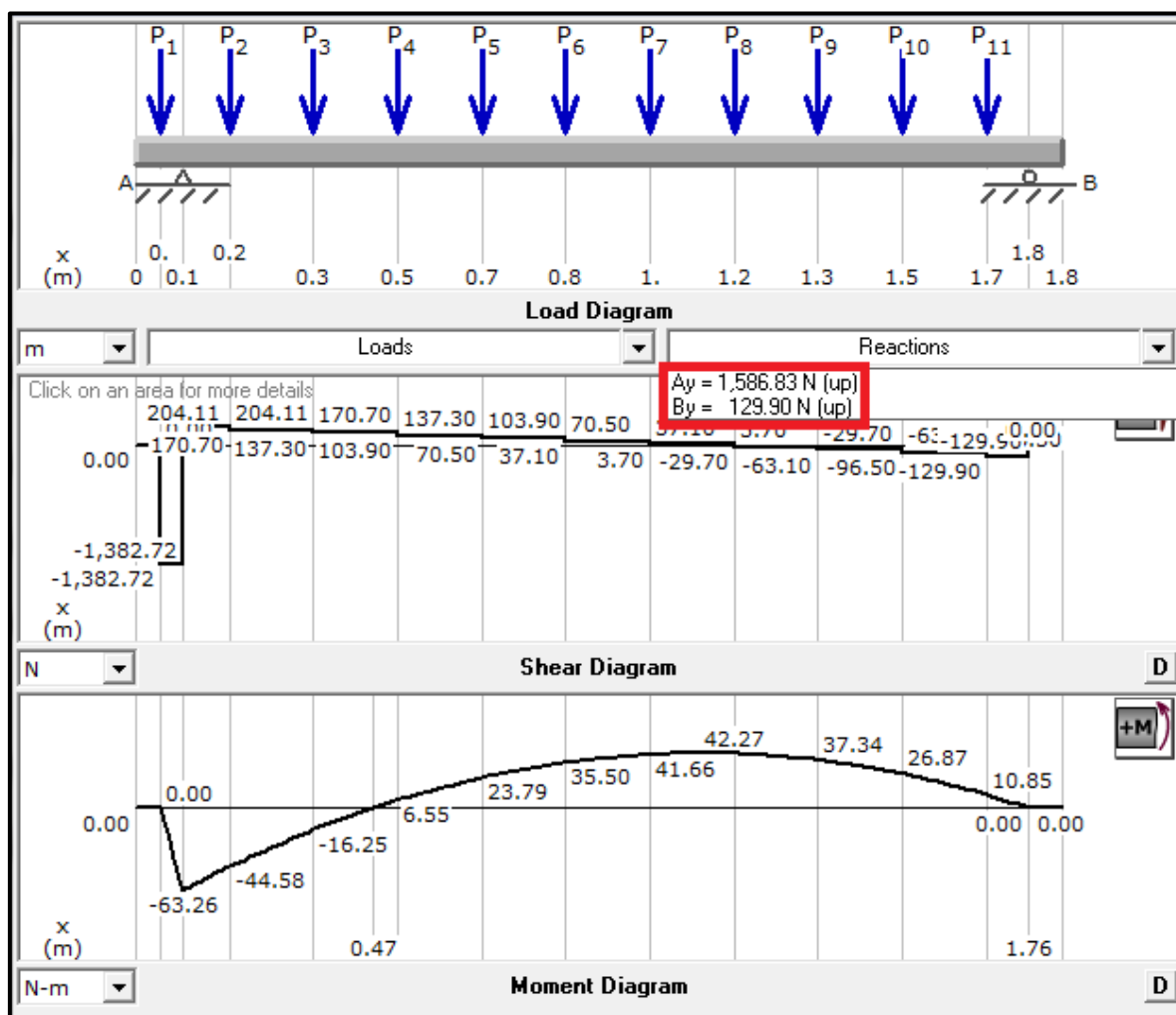
$$R_{AZ} + R_{BZ} = 1716.86 [N]$$

$$R_{AZ} = 1716.86 [N] - 129.95 [N]$$

$$R_{AZ} = 1586.91 [N]$$

Con los valores de las reacciones, se utilizó el programa MDSolids 3.5 para comprobar los valores encontrados y ratificar los resultados. (Ver figura 3.15)

**Figura 3.15: Diagrama de Cortes y Momentos Plano XZ en Mdsolids 3.5**



Elaborado: Yandún J.

Con la ayuda de las figuras 3.12 y 3.14 se obtiene el momento máximo.

$$M_{YX} = 160.65 \text{ [Nm]}$$

$$M_{ZX} = 63.26 \text{ [Nm]}$$

Donde

$M_{YX}$ : Momento máximo de acuerdo al plano YX

$M_{ZX}$ : Momento máximo de acuerdo al plano ZX

A continuación se calcula el momento máximo total mediante la siguiente ecuación.

$$M_{MT} = \sqrt{(M_{YX})^2 + (M_{ZX})^2} \quad \text{Ecuación: 30}$$

Donde

$M_{MT}$ : Momento máximo total [Nm]

Reemplazo de variables en ecuación 30.

$$M_{MT} = \sqrt{(M_{YX})^2 + (M_{ZX})^2}$$

$$M_{MT} = \sqrt{(160.65)^2 + (63.26)^2}$$

$$\mathbf{M_{MT} = 172.05 \text{ [Nm]}}$$

Según (MOTT, 2006), encontrado el momento máximo total se determina el factor de seguridad, con la siguiente ecuación.

$$\sigma_i = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación: 31}$$

Donde

$\sigma_i$ : Esfuerzo admisible

$S_y$ : Resistencia a la fluencia

*n*: Factor de seguridad

Según (MOTT, 2006), para determinar  $\sigma_i$ , el esfuerzo admisible, se parte de la teoría de la energía de distorsión, con la siguiente ecuación.

$$\sigma_i = \sqrt{[(\sigma_1)^2 - \sigma_1\sigma_2 + (\sigma_2)^2]} \quad \text{Ecuación: 32}$$

Para calcular  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$ , se toma el círculo de Mohr.

Según (MOTT, 2006), en inicio se determina el  $\sigma_{max}$  mediante la siguiente ecuación.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{MT} * C}{I} \quad \text{Ecuación: 33}$$

Donde

$M_{MT}$ : Momento máximo total [Nm] = 172.05 [Nm]

$C$ : Radio del eje central [mm] = 19.1 [mm]

$I$ : Momento inercia [mm<sup>4</sup>]

Según (MOTT, 2006) el valor del momento inercial está dado por la siguiente ecuación.

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad \text{Ecuación: 34}$$

Donde

$D$ : Diámetro mayor [mm] = 38.20 [mm]

$d$ : Diámetro menor [mm] = 28.35 [mm]

Reemplazo de variables en ecuación 34

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$$I = \frac{\pi[(38.20 \text{ mm})^4 - (28.35 \text{ mm})^4]}{64}$$

$$I = \frac{\pi(1483411.521 \text{ mm}^4)}{64}$$

$$I = 72816.79 \text{ mm}^4$$

A continuación se reemplaza las variables en la ecuación 33

$$\sigma_{max} = \frac{M_{MT} * C}{I}$$

$$\sigma_{max} = \left( \frac{(172.05 \text{ Nm})(19.1 \text{ mm})}{72816.79 \text{ mm}^4} \right) * \left( \frac{10^3 \text{ mm}}{m} \right)$$

$$\sigma_{max} = 45.13 \text{ N/mm}^2$$

Como se tomó en cuenta, el eje está formado de acero galvanizado ASTM-A500, con las siguientes características.

$S_y = 317 \text{ MPa} = 317 \text{ Kg/mm}^2$ , Tomado de Robert Mott, Diseño de Elementos de Máquina. (Ver Anexo 1)

Según (MOTT, 2006), el esfuerzo de tensión está dado por la siguiente ecuación.

$$\sigma_y = \frac{F}{A}$$

Ecuación: 35

Donde

$\sigma_y$ : Esfuerzo de tensión [ $\text{N/mm}^2$ ]

$F$ : Fuerza aplicada [ $\text{N}$ ] = 1955.46 [ $\text{N}$ ]

$A$ : Área de contacto [ $\text{mm}^2$ ]

Según (MOTT, 2006), para calcula el valor del área de contacto, se utiliza la siguiente ecuación

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

Ecuación: 36

Donde

$D$ : Diámetro mayor [mm] = 38.20 [mm]

$d$ : Diámetro menor [mm] = 28.35 [mm]

Reemplazo de variables en ecuación 36.

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

$$A = \frac{\pi[(38.20 \text{ mm})^2 - (28.35 \text{ mm})^2]}{4}$$

$$A = \mathbf{514.84 \text{ mm}^2}$$

Reemplazo de variables en ecuación 35.

$$\sigma_y = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_y = \frac{1955.46 \text{ [N]}}{514.84 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_y = \mathbf{3.798 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$$

A continuación se determina del círculo de Mohr

$$R = \sqrt{[(\sigma_x - \sigma_y)/2]^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{45.13 - 3.798}{2}\right)^2}$$

$$R = \mathbf{20.67}$$

Si

$$C = \left[\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right]$$



$$C = \left( \frac{45.13 + 3.798}{2} \right)$$

$$C = 24.46$$

Para

$$\sigma_1 = C + R$$

$$\sigma_2 = C - R$$

$$\sigma_3 = 0$$

Para

$$\sigma_1 = C + R$$

$$\sigma_1 = 24.46 + 20.67$$

$$\sigma_1 = 45.13$$

$$\sigma_2 = C - R$$

$$\sigma_2 = 24.46 - 20.67$$

$$\sigma_2 = 3.79$$

Con los valores de  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  se reemplaza en ecuación 32.

$$\sigma_i = \sqrt{[(\sigma_1)^2 - \sigma_1\sigma_2 + (\sigma_2)^2]}$$

$$\sigma_i = \sqrt{[(45.13)^2 - [(45.13)(3.79)] + (3.79)^2]}$$

$$\sigma_i = 43.36$$

Tomando la ecuación 31 se despeja el factor de seguridad ( $n$ ).

$$\sigma_i = \frac{S_y}{n}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_i}$$

$$n = \frac{317}{43.36}$$

$$n = 7.31$$

Con el valor del factor de seguridad  $n = 7.31$ , se concluye que el dimensionamiento del eje cumple con las condiciones a las que se va a someter.

### 3.1.2.3. Sistema de Aspersión para Dotación de Agua a la Lavadora

Para el diseño se toma como referencia el sistema de compuertas o entubado, el cual consiste en tener una tubería, que posee perforaciones en las paredes a lo largo del tubo, las que permiten la salida del agua. Ver figura 3.16.

**Figura 3.16: Sistema de Abastecimiento de Agua para Lavadora.**

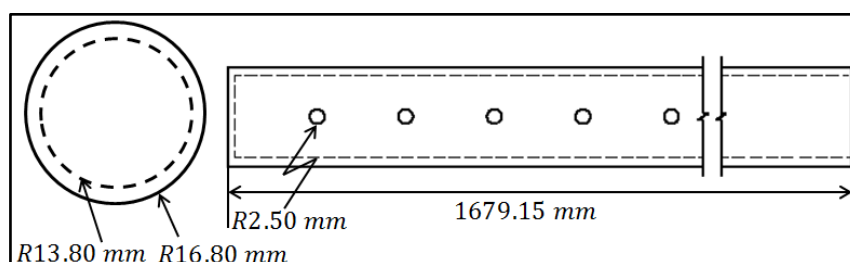


Elaborado: Yandún J.

Según los trabajadores al momento del lavado manual de la zanahoria, se utiliza un promedio de 110 litros de agua por  $\frac{1}{3}$  de quintal de esta hortaliza.

La finalidad de este tipo de sistema es reducir la cantidad de agua en el proceso de lavado, es así que la máquina posee una tubería de acero galvanizado ASTM-A500 para dotar de agua, ilustrada en la figura 3.17.

**Figura 3.17: Tubería de Abastecimiento de Agua para Máquina de Lavado**



Elaborado: Yandún J.

Con las características descritas en la figura 3.17, se realiza un muestreo para determinar la cantidad de agua utilizada en la máquina, para el tiempo estimado de 15 minutos, que es el tiempo máximo para el proceso de lavado de las 150 lbs de la zanahoria. (Ver tabla 3.3)

**Tabla 3.3: Muestreo de Cantidad de Agua.**

<b>Cantidad de agua utilizada por la máquina para el proceso de lavada</b>	
<b>Cantidad(<math>m^3</math>)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>
0.02	116.6
0.02	109
0.02	114
0.02	113
0.02	107
$\Sigma$	<b>111.9</b>

Elaborado: Yandún J.

Se determina la cantidad de agua utilizada por la máquina y de forma manual.

$$AC = \frac{C_{ZL} * C_{AU}}{\frac{1}{3} qqZ} \quad \text{Ecuación: 37}$$

Donde

$AC$ : Agua consumida [ $m^3$ ]

$C_{ZL}$ : Cantidad de zanahoria a lavar [lbs] = 150 lbs

$C_{AU}$ : Cantidad de agua utilizada por 1/3 de quintal de zanahoria [ $m^3$ ] = 0.11  $m^3$

$qqZ$ : Quintal de zanahoria [lbs] = 100 lbs

Reemplazo de variables en ecuación 37.

$$AC = \frac{C_{ZL} * C_{AU}}{\frac{1}{3} qqZ}$$

$$AC = \frac{150 \text{ lbs} * 0.11 \text{ m}^3}{\frac{1}{3} (100 \text{ lbs})}$$

$$AC = 0.495 \text{ m}^3$$

A continuación se determina la cantidad de agua a consumir por la máquina de lavado, tomando como referencia los datos expuestos en la tabla 3.3.

$$AC = \frac{T_{ML} * 0.02 \text{ m}^3}{111.9 \text{ seg}} \quad \text{Ecuación: 38}$$

Donde

$AC$ : Agua consumida [ $\text{m}^3$ ]

$T_{ML}$ : Tiempo total de lavado [ $\text{seg}$ ] = 900 [ $\text{seg}$ ]

Remplazo de variables en ecuación 38.

$$AC = \frac{T_{ML} * 0.02 \text{ m}^3}{111.9 \text{ seg}}$$

$$AC = \frac{900 [\text{seg}] * 0.02 \text{ m}^3}{111.9 \text{ seg}}$$

$$AC = 0.16 \text{ m}^3$$

Comparando los datos conseguidos en las ecuaciones 37 y 38, se determina que la máquina presenta una reducción en consumo de agua del 67.68%.

### 3.1.3. SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Para establecer el rodamiento de una determinada aplicación, se debe especificar la capacidad de carga a la que se va a someter, a las revoluciones a las cuales va a trabajar, como la duración y confiabilidad en el trabajo que va a desempeñar el rodamiento.

En el mercado existe un sin número de rodamientos, los que se clasifican de dos tipos: de bolas y de rodillos, que soportan cargas axiales como radiales o una combinación de las dos.

Un rodamiento de bolas se compone de cuatro partes:

- Anillo interior
- Anillo exterior
- Bolas
- Jaula o separador

De acuerdo al manual SKF estable la siguiente ecuación para los rodamientos de bolas con carga estática.

El método de carga estática se aplica a:

- El rodamiento es estacionario y está sometido a cargas continuas o intermitentes.
- El rodamiento efectúa lentos movimientos de oscilación o alineación bajo carga.
- El rodamiento gira bajo carga a velocidades muy bajas
- El rodamiento gira y tiene que soportar elevadas cargas de choque, además de las cargas de funcionamiento normales. (CATÁLOGO GENERAL SKF)

$$P_O = X_O F_r + Y_O F_a \quad \text{Ecuación: 39}$$

Donde

$P_O$ : Carga estática [kN]

$F_r$ : Carga radial real del rodamiento [kN]

$F_a$ : Carga axial real del rodamiento [kN]

$X_O$ : Factor de carga radial del rodamiento = 0.6

$Y_o$ : Factor de carga axial del rodamiento = 0.5

La disponibilidad del eje de lavado da como referencia que la carga axial es despreciable, por ello para el cálculo se tomara en cuenta la carga equivalente a la reacción de mayor valor en los apoyos del eje central.

$$F_r = R_A = 1735.65 [N]$$

Remplazando los valores en la ecuación 39.

$$P_o = 1041.39 [N]$$

El rodamiento será colocado en un eje de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas por lo que se elige el rodamiento de bola UC 208 - 24, el cual posee una capacidad de carga estática  $C_o = 17 \text{ kN}$ . (Ver Anexo 2)

Según (CATÁLOGO GENERAL SKF), el factor de seguridad del rodamiento, se calcula con la siguiente ecuación.

$$S_o = \frac{C_o}{P_o} \quad \text{Ecuación: 40}$$

Donde

$C_o$ : Capacidad de carga estática [kN] = 17 [kN]

$P_o$ : Carga estática equivalente [kN] = 1041.39 [N]

$S_o$ : Factor de seguridad

Remplazo de variables en ecuación 40.

$$S_o = \frac{C_o}{P_o}$$

$$S_o = \frac{17000[N]}{1041.39[N]}$$

$$S_o = 16$$

Para un óptimo funcionamiento el rodamiento debe poseer un factor de seguridad igual a 2 o mayor (CHAMORRO, 2012), como se puede ver el resultado de la ecuación 40, el rodamiento está bien dimensionado.

Para el soporte del rodamiento se opta por la chumacera de piso UCP208-24 KDF la que cumple con las características necesarias para el eje de lavado. (Ver Anexo 3).

### 3.1.4. SELECCIÓN DE POLEAS PARA TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DEL MOTOR AL EJE CENTRAL DE LAVADO

Según (CUACÉS, 2013), para la selección de las poleas de reducción, se toma en cuenta la relación entre la velocidad de la polea conductora y la conducida.

$$N_1 D_1 = N_2 D_2 \quad \text{Ecuación: 41}$$

Donde

$D_1$ : Diámetro polea conductora [in] = 10 in

$D_2$ : Diámetro polea conducida [in] = 16 in

$N_1$ : Velocidad del reductor [rpm]

$N_2$ : Velocidad eje conducido [rpm]

El valor de  $N_1$  está en relación con las revoluciones generadas por el motor de 3HP calculado anteriormente, considerando que la relación de reducción del reductor utilizado es de 20:1, con esta referencia el valor de  $N_1$  será:

Motor de 3HP con 1720rpm

Relación de reducción 20:1

$$N_1 = \frac{rpm}{Rr} \quad \text{Ecuación: 42}$$

Donde

*rpm*: Revoluciones por minuto del motor eléctrico [*rpm*] = 1720 [*rpm*]

*Rr*: Relación de reducción = 20:1

Reemplazo de variables en ecuación 42.

$$N_1 = \frac{rpm}{Rr}$$

$$N_1 = \frac{1720[rpm]}{20}$$

$$N_1 = \mathbf{86 [rpm]}$$

Reemplazo de variables en ecuación 41.

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

Despeje de variable

$$N_2 = \frac{N_1 D_1}{D_2}$$

$$N_2 = \frac{(86 [rpm])(10 [in])}{(16 [in])}$$

$$N_2 = \mathbf{53.75 [rpm]}$$

El valor de  $N_2$  es la velocidad en revoluciones por minuto a la cual gira el eje central de lavado.

La distancia de separación en relación a sus centros, deben ser elegidas de tal forma que permita ubicar las poleas sin chocar y tampoco sean demasiado grandes, en la tabla 3.4 se presentan las fórmulas que permitirán determinar la distancia óptima.



**Tabla 3.4: Criterios de Distancia Máxima y Mínima entre Centros de Poleas**

Distancia Mínima entre Centros $a_{min}$	Distancia Máximo entre Centros $a_{max}$
$a_{min} = 0.7(d + D)$	$a_{max} = 2(d + D)$

Elaborado: Norton R.

Para la distancia mínima entre centros se tendrá:

$$a_{min} = 0.7(d + D) \quad \text{Ecuación: 43}$$

Donde

$d$ : Diámetro de polea conductora [mm] = 10 in = 254 [mm]

$D$ : Diámetro de polea conducida [mm] = 16 in = 406.4 [mm]

Reemplazo de variables en ecuación 43.

$$a_{min} = 0.7(d + D)$$

$$a_{min} = 0.7(254 [mm] + 406.4 [mm])$$

$$a_{min} = \mathbf{462.28 [mm]}$$

Para la distancia máxima entre centro se tendrá:

$$a_{max} = 2(d + D) \quad \text{Ecuación: 44}$$

Donde

$d$ : Diámetro de polea conductora [mm] = 10 in = 254 [mm]

$D$ : Diámetro de polea conducida [mm] = 16 in = 406.4 [mm]

Reemplazo de variables en la ecuación 44.

$$a_{max} = 2(d + D)$$

$$a_{max} = 2(254 [mm] + 406.4 [mm])$$

$$a_{max} = 1320.8 [mm]$$

Por tanto la distancia  $a_o$  puede estar dentro de  $462.28 [mm] \leq a_o \leq 1320.8 [mm]$

Para el diseño se toma la distancia entre centro  $a_o = 560 [mm]$

### 3.1.5. SELECCIÓN DE BANDAS DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DEL SISTEMAS DE LAVADO

Según (MOTT, 2006), para determinar la longitud ( $L_o$ ) de la banda se lo realiza mediante siguiente la ecuación.

$$L_o = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad \text{Ecuación: 45}$$

Donde

$L_o$ : Longitud de banda [mm]

$C$ : Distancia entre centros ( $a_o$ ) [mm] = 560 [mm]

$D_1$ : Diámetro polea conductora [mm] = 10 in = 254 [mm]

$D_2$ : Diámetro polea conducida [mm] = 16 in = 406.4 [mm]

Reemplazo de variables en ecuación 45.

$$L_o = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L_o = 2(560 [mm]) + 1.57(406.4 [mm] + 254 [mm]) + \frac{(406.4 [mm] - 254 [mm])^2}{4(560 [mm])}$$

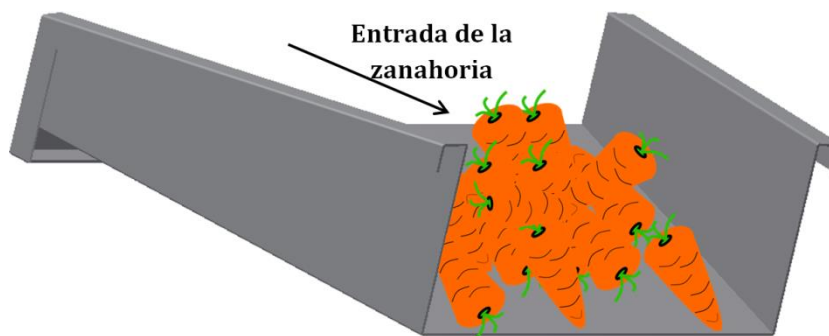
$$L_o = 2167.2 [mm] = 85.32 \text{ in}$$

Con la longitud calculada, para el diseño se determina que la banda es la B-85, la cual cumplen con las condiciones requeridas para el diseño. (Ver Anexo 4 y 5).

### 3.1.6. SEMITOLVA DE ALIMENTACIÓN

La semitolva de alimentación permite el ingreso de la zanahoria a la lavadora, cuya actividad se la realiza de forma manual, como se muestra en la figura 3.18.

**Figura 3.18: Semitolva de Alimentación.**



Elaborado: Yandún J.

#### 3.1.6.1. Dimensionamiento de la Semitolva de Alimentación

Para el dimensionamiento se necesita conocer las características del producto a trabajar, por ello se toman los datos de la tabla 3.2, a más de estos datos se necesita conocer el coeficiente de fricción sobre el acero, que es 0.370. A continuación se determina el ángulo de inclinación para la zanahoria, según (MERIAM, 2000), mediante la siguiente ecuación.

$$\theta = \text{tg}^{-1}(\mu_s) \quad \text{Ecuación: 46}$$

Donde

$\theta$ : Ángulo de inclinación

$\mu_s$ : Coeficiente de fricción

Reemplazo de variables en ecuación 46.

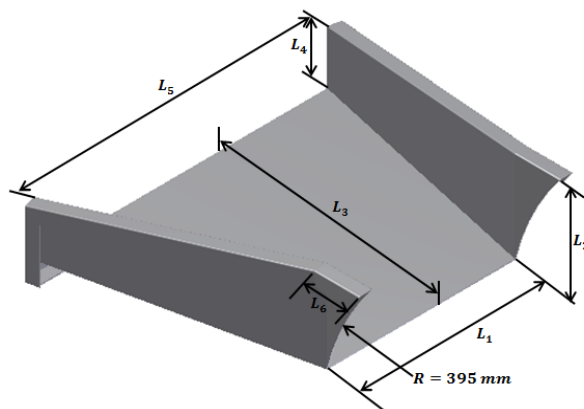
$$\theta = \text{tg}^{-1}(\mu_s)$$

$$\theta = \text{tg}^{-1}(0.370)$$

$$\theta = 20.3^\circ$$

La figura 3.19 ilustra las medidas de la semitolva de alimentación.

**Figura 3.19: Medidas de la Semitolva de Alimentación.**



Elaborado: Yandún J.

Para determinar el ancho y el alto se parte de la longitud de la zanahoria, tomado los datos de la tabla 3.2:

$$l_1 = 31.5 \text{ cm}$$

$$l_2 = 15.2 \text{ cm}$$

$$l_3 = 40 \text{ cm}$$

$$l_4 = 9 \text{ cm}$$

$$l_5 = 49 \text{ cm}$$

$$l_6 = 7.52 \text{ cm}$$

Donde

La distancia  $l_1$  es mayor que el doble de una zanahoria, para mejorar el abastecimiento a la lavadora.

La distancia  $l_2$  es mayor al largo de la zanahoria, porque se puede presentar que la zanahoria entre de forma vertical.

La distancia  $l_3$  está relacionada con tres veces la longitud de la zanahoria.

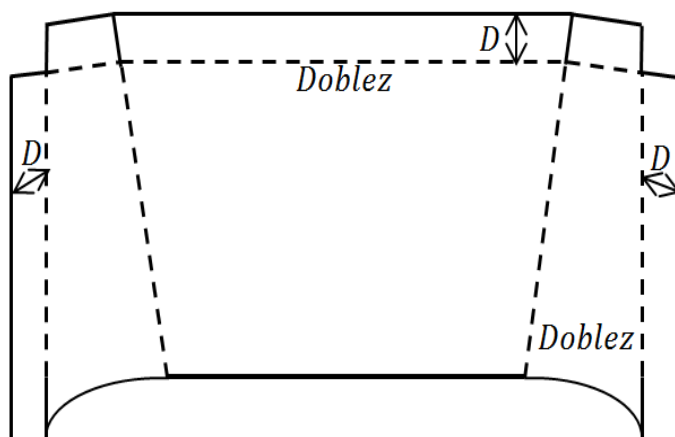
La distancia  $l_4$  es mayor al doble del diámetro para permitir que más de una zanahoria se deposite para el abastecimiento.

La distancia  $l_5$  al ser mayor a  $l_1$  para poseer una mayor facilidad de vaciado por parte del trabajador.

La distancia  $l_6$  es la separación entre la semitolva y el tanque de lavado.

A continuación se presenta la figura 3.20 del diseño de la semitolva de alimentación.

**Figura 3.20: Diseño de la Semitolva de Alimentación.**



Elaborado: Yandún J.

Para la construcción de la semitolva de alimentación se utiliza acero galvanizado, ya que este asegura la rigidez, con un espesor de 2 mm a 3 mm, mientras que el dobles  $D$  se lo realiza para conservar estabilidad en las paredes de la semitolva, entonces  $D = 20 \text{ mm}$ .

### 3.2. DISEÑO DE LA CORTADORA.

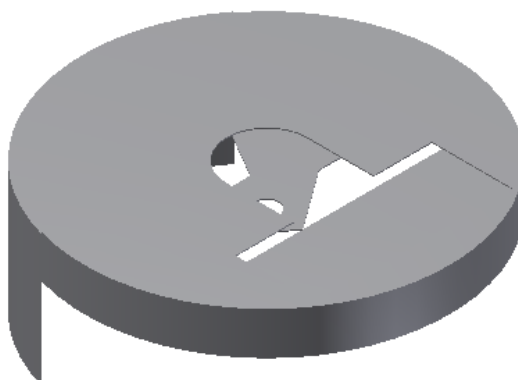
Para un adecuado diseño de la cortadora se determinan dos parámetros:

- Diseño del área de corte.
- Diseño de los elementos de corte.

### 3.2.1. DISEÑO DEL ÁREA DE CORTE.

Para determinar el área de corte, se toma como dato la cantidad a cortar, para el diseño se considera como referencia el volumen ocupado en las licuadoras caseras tipo oster, en la cortadora se toma la forma cilíndrica, en la que se tiene el área de abastecimiento y salida de la hortaliza, como se muestra en la Figura 3.21.

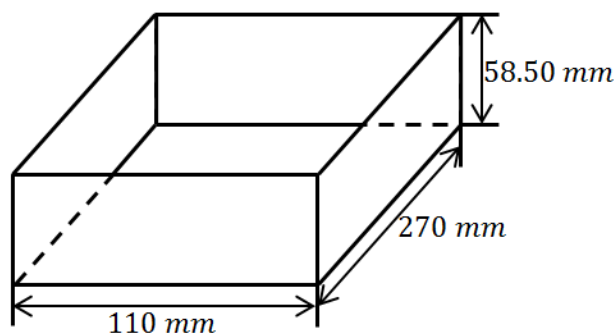
**Figura 3.21: Área de Cortadora.**



Elaborado: Yandún J.

Para el área de abastecimiento de la hortaliza a la cortadora, se toma la figura 3.22, que posee una forma cúbica con las siguientes medidas que permitirá determinar el volumen máximo de corte.

**Figura 3.22: Área de Abastecimiento a la Cortadora.**



Elaborado: Yandún J.

$$V = Area * Altura$$

Ecuación: 47

Donde

$V$ : Volumen [ $m^3$ ]

Altura =  $h$  [ $m$ ] = 0.0585  $m$

Area =  $a * b$  [ $m^2$ ] =  $0.11 * 0.27 = 0.0297$  [ $m^2$ ]

Ecuación: 48

Reemplazo de variables en ecuación 47.

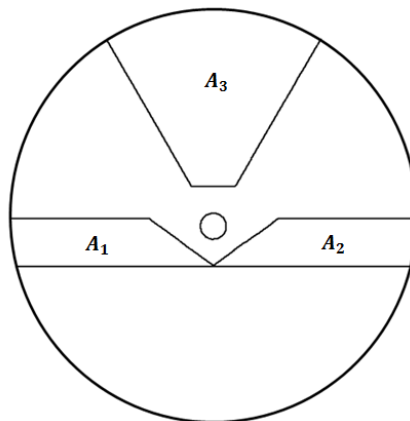
$V = Area * Altura$

$V = 0.0297$  [ $m^2$ ] \*  $0.0585$  [ $m$ ]

$V = 0.00174$  [ $m^3$ ]

El área de salida de la hortaliza cortada posee la forma indicada en la figura 3.23, con tres salidas.

**Figura 3.23: Áreas de Salida de Zanahoria Cortada.**



Elaborado: Yandún J.

Para determinar el área total, se usa la siguiente ecuación.

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3$$

Ecuación: 49

Donde

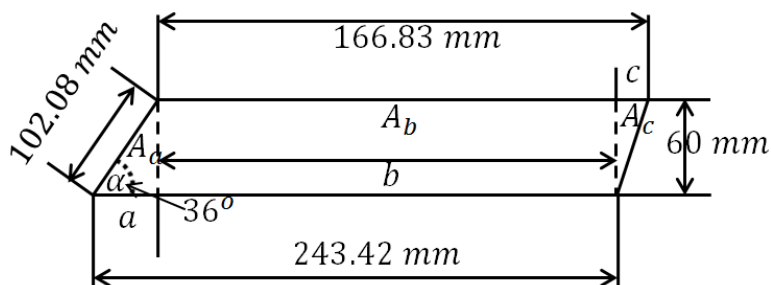
$A_T$ : Área total de salida de zanahoria cortada

De acuerdo a la figura 3.23,  $A_1 = A_2$ , por ello para determinar esta área se parte de la figura 3.24.

Donde  $A_1$  y  $A_2$  están dadas por la ecuación.

$$A_1 = A_a + A_b + A_c \quad \text{Ecuación: 50}$$

**Figura 3.24: Medidas del Área A1.**



Elaborado: Yandún J.

Donde

$$a = \text{Cos } 36^\circ * 102.08 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{82.58 \text{ mm}}$$

$$b = 243.42 \text{ mm} - a$$

$$b = 243.42 \text{ mm} - 82.58 \text{ mm}$$

$$b = \mathbf{160.84 \text{ mm}}$$

$$c = 166.83 \text{ mm} - b$$

$$c = 166.83 \text{ mm} - 160.84 \text{ mm}$$

$$c = \mathbf{5.99 \text{ mm}}$$

$$A_a = \frac{a * 60 \text{ mm}}{2}$$



$$A_a = \frac{82.58 \text{ mm} * 60 \text{ mm}}{2}$$

$$A_a = 2477.4 \text{ mm}^2$$

$$A_b = b * 60 \text{ mm}$$

$$A_b = 160.84 \text{ mm} * 60 \text{ mm}$$

$$A_b = 9650.4 \text{ mm}^2$$

$$A_c = \frac{c * 60 \text{ mm}}{2}$$

$$A_c = \frac{5.99 \text{ mm} * 60 \text{ mm}}{2}$$

$$A_c = 179.7 \text{ mm}^2$$

Remplazo de variables en ecuación 50.

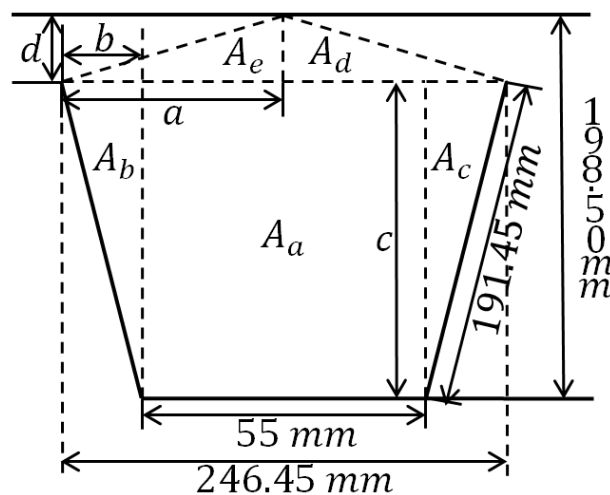
$$A_1 = A_a + A_b + A_c$$

$$A_1 = 2477.4 \text{ mm}^2 + 9650.4 \text{ mm}^2 + 179.7 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 12307.5 \text{ mm}^2$$

Para determinar el área  $A_3$ , se parte de la figura 3.25, donde  $A_3$  esta dado por la siguiente ecuación.

**Figura 3.25: Medidas del Área A3.**



Elaborado: Yandún J.

$$A_3 = A_a + A_b + A_c + A_d + A_e$$

Ecuación: 51

Para la figura 3.25 muestra que:

$$A_b = A_c$$

$$A_d = A_e$$

Donde

$$a = \frac{246.45 \text{ mm}}{2}$$

$$a = 123.225 \text{ mm}$$

$$b = a - \frac{55 \text{ mm}}{2}$$

$$b = 123.225 \text{ mm} - \frac{55 \text{ mm}}{2}$$

$$b = 95.725 \text{ mm}$$

$$c = \sqrt{(191.45 \text{ mm})^2 - (b)^2}$$

$$c = \sqrt{(191.45 \text{ mm})^2 - (95.725 \text{ mm})^2}$$

$$c = 165.8 \text{ mm}$$

$$d = 198.50 \text{ mm} - c$$

$$d = 198.50 \text{ mm} - 165.8 \text{ mm}$$

$$d = 32.7 \text{ mm}$$

$$A_a = 55 \text{ mm} * c$$

$$A_a = 55 \text{ mm} * 165.8 \text{ mm}$$

$$A_a = 9119 \text{ mm}^2$$

$$A_b = \frac{b * c}{2}$$

$$A_b = \frac{95.725 \text{ mm} * 165.8 \text{ mm}}{2}$$

$$A_b = 7935.6 \text{ mm}^2$$

$$A_e = \frac{a * d}{2}$$

$$A_e = \frac{123.225 \text{ mm} * 32.7 \text{ mm}}{2}$$

$$A_e = 2014.73 \text{ mm}^2$$

Remplazo de variables en ecuación 51.

$$A_3 = A_a + A_b + A_c + A_d + A_e$$

$$A_3 = 9119 \text{ mm}^2 + 7935.6 \text{ mm}^2 + 7935.6 \text{ mm}^2 + 2014.73 \text{ mm}^2 + 2014.73 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 29019.66 \text{ mm}^2$$

Remplazo de variables en la ecuación 49.

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_T = 12307.5 \text{ mm}^2 + 12307.5 \text{ mm}^2 + 29019.66 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 53634.66 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 0.0536 \text{ m}^2$$

Comparar los valores en las ecuaciones 48 y 49, se determina que el área de salida para la cortadora es mayor al área de ingreso, por ello se concluye que la cortadora está bien dimensionada, y no presentará sobrecarga al momento del corte de la hortaliza.

### 3.2.2. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE CORTE

Dentro de los elementos de corte se analiza las cuchillas de corte, que permiten obtener la hortaliza cortada y los elementos que intervienen para inducir el movimiento del sistema de corte:

- Diseño de cuchillas de corte
- Diseño del sistemas de movimiento

### 3.2.2.1. Diseño de Cuchillas de Corte

Para el diseño de las cuchillas de corte se toma el número de cuchillas y la forma que deben de poseer. Se utilizan como referencia las cuchillas de los procesadores de alimentos, de las máquinas industriales de alimentos y el diseño de las cuchillas de una licuadora. (Ver figura 3.26 y 3.27).

**Figura 3.26: Cuchilla de Corte Licuadora.**



Elaborado: Yandún J.

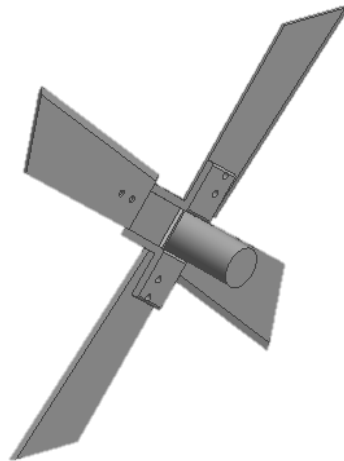
**Figura 3.27: Cuchilla de Corte Procesador de Alimentos.**



Elaborado: Yandún J.

Para el diseño se toma una formación en cruz, con cuatro cuchillas, planas, como se muestran en la figura 3.28.

**Figura 3.28: Diseño Cuchilla de Corte.**



**Elaborado: Yandún J.**

A continuación se determina la longitud máxima que podría poseer la cuchilla de corte.

$$L = \frac{D}{2} - \frac{d_{eje}}{2} - A_p - E_L \quad \text{Ecuación: 52}$$

Donde

$L$ : Longitud máxima de cuchillas de corte [m]

$D_i$ : Diámetro interno del área de cortado [m] = 0.497 [m]

$d_{eje}$ : Diámetro del eje de cortado [m] = 0.0315 [m]

$A_p$ : Ancho placa de unión [m] = 0.006 [m]

$E_L$ : Espacio libre entre cuchilla y pared interna de cortadora [m] = 0.02 [m]

Reemplazo de variables en ecuación 52.

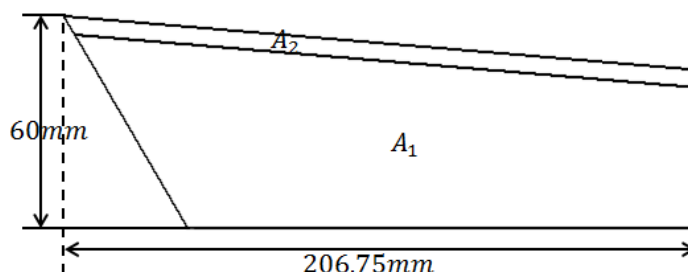
$$L = \frac{D_i}{2} - \frac{d_{eje}}{2} - A_p - E_L$$

$$L = \frac{0.497}{2} - \frac{0.0315}{2} - 0.006 - 0.02$$

$$L = 0.20675 \text{ [m]}$$

Para el ancho de las cuchillas de corte se plantea unos 60mm, por tanto el área de las cuchillas de corte está dada por la figura 3.29.

**Figura 3.29: Cuchilla de Corte con Medidas.**



Elaborado: Yandún J.

Con la ayuda de la herramienta (área) de Autodesk Inventor Professional 2012, se determina el área de la cuchilla de corte, que está dada por la ecuación 53.

$$A_{CC} = A_1 + A_2 \quad \text{Ecuación: 53}$$

Donde

$A_{CC}$ : Área de cuchilla de corte [ $m^2$ ]

$A_1$ : Área región 1 [ $m^2$ ] = 8693.425  $mm^2$

$A_2$ : Área región 2 [ $m^2$ ] = 1045.528  $mm^2$

Reemplazo de variables en ecuación 53.

$$A_{CC} = A_1 + A_2$$

$$A_{CC} = 8693.425 \text{ mm}^2 + 1045.528 \text{ mm}^2$$

$$A_{CC} = \mathbf{0.0097} \text{ [m}^2\text{]}$$

Se determina el porcentaje que ocupa la cuchilla de corte en relación al área de cortado, ya que la cuchilla de corte debe poseer un área menor al área de corte, mediante la siguiente ecuación.

$$A_{Oc} = \frac{A_{CC} * 100\%}{A_C} \quad \text{Ecuación: 54}$$

Donde

$A_{OC}$ : Área en porcentaje ocupada por la cuchilla de corte [%]

$A_{CC}$ : Área cuchilla de corte [ $m^2$ ] = 0.0097 [ $m^2$ ]

$A_C$ : Área de ingreso a la cortadora [ $m^2$ ] = 0.0297 [ $m^2$ ]

Reemplazo de variables en ecuación 54.

$$A_{OC} = \frac{A_{CC} * 100\%}{A_C}$$

$$A_{OC} = \frac{0.0097 [m^2] * 100\%}{0.0297 [m^2]}$$

$$A_{OC} = 32.66\%$$

### 3.2.2.2. Diseño del Sistema de Movimiento

Para el diseño del sistema de movimiento, se toma como referencia lo realizado en el apartado 3.1.2.1, donde se requiere calcular el momento de inercia de:

- Inercia del eje central cortadora ( $I_{ECC}$ )
- Inercia cuchilla de corte ( $I_{CC}$ )
- Inercia ángulo de unión ( $I_{AU}$ )

Para determinar el momento del área de cortado, se utiliza la ecuación 12.

Para el cálculo de la inercia total, se realiza la siguiente sumatoria.

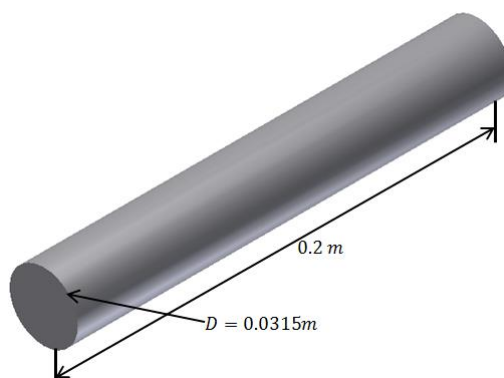
$$\sum I = I_{ECC} + I_{CC} + I_{AU}$$

Ecuación: 55

### 3.2.2.2.1. Inercia del Eje Central Cortadora ( $I_{ECC}$ )

Para el cálculo de inercia del eje central de la cortadora, se toma un perfil laminado, varilla redonda lisa de acero ASTM – A36, que se ilustra en la figura 3.30.

**Figura 3.30: Eje Central Cortadora.**



**Elaborado: Yandún J.**

Según (MERIAM ,2000), para determinar el momento inercia de este eje se parte de la ecuación.

$$I_{ECC} = \frac{\pi d^4 L_e \rho_{ac}}{32} \quad \text{Ecuación: 56}$$

Donde

$I_{ECC}$ : Inercia eje central cortadora [ $kg * m^2$ ]

$d$ : Diámetro para el eje central [ $m$ ] = 0.0315 [ $m$ ]

$L_e$ : Longitud del eje [ $m$ ] = 0.2 [ $m$ ]

$\rho_{ac}$ : Densidad acero ASTM – A36 [ $\frac{kg}{m^3}$ ] = 7850 [ $\frac{kg}{m^3}$ ]

Reemplazo de variables en ecuación 56.

$$I_{ECC} = \frac{\pi d^4 L_e \rho_{ac}}{32}$$



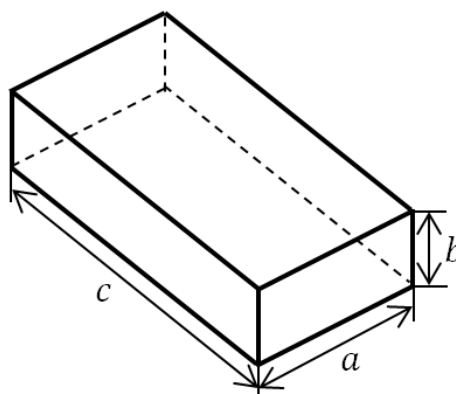
$$I_{ECC} = \frac{\pi * (0.0315 \text{ m})^4 * (0.2 \text{ m}) * \left(7850 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]\right)}{32}$$

$$I_{ECC} = 0.000152 [\text{kg} * \text{m}^2]$$

### 3.2.2.2.2. Inercia Cuchilla de Corte ( $I_{CC}$ )

Para determinar la inercia de las cuchillas de corte se parte de la figura 3.31 y la siguiente ecuación.

**Figura 3.31: Figura de Referencia para Determinar la Inercia de Cuchilla de Corte.**



Elaborado: Yandún J.

$$I_{CC} = 4I_{CTS}$$

Ecuación: 57

La inercia de la cuchilla de corte es multiplicada por cuatro, ya que se tiene un número de cuatro cuchillas para este proceso.

Según (BUDYNAS-NISBETT, 2008), en el cálculo de la inercia en las cuchillas de corte se toma en cuenta el material, que es acero ASTM-A36, utilizando la siguiente ecuación.

$$I_C = \frac{m}{12} (a^2 + c^2)$$

Ecuación: 58

Donde

$I$ : Inercia de la cuchilla de corte [ $kg * m^2$ ]

$m$ : Masa del objeto [ $Kg$ ]

$$m = \frac{a * b * c * \rho}{g}$$

Ecuación: 59

Donde

$a$ : Ancho [ $m$ ] = 60 [ $mm$ ] = 0.06 [ $m$ ]

$b$ : Espesor [ $m$ ] = 2 [ $mm$ ] = 0.002 [ $m$ ]

$c$ : Largo [ $m$ ] = 180 [ $mm$ ] = 0.18 [ $m$ ]

$g$ : Gravedad [ $\frac{m}{s^2}$ ] = 9.8 [ $\frac{m}{s^2}$ ]

$\rho$ : Densidad acero ASTM – A36 [ $\frac{kg}{m^3}$ ] = 7850 [ $\frac{kg}{m^3}$ ]

Reemplazo de variables en ecuación 59.

$$m = \frac{a * b * c * \rho}{g}$$

$$m = \frac{(0.06) * (0.002) * (0.18) * (7850)}{9.8}$$

$$m = 0.017 \text{ kg}$$

Se reemplaza las variables en ecuación 58.

$$I_c = \frac{m}{12} (a^2 + c^2)$$

$$I_c = \frac{0.017 \text{ kg}}{12} [(0.06 \text{ m})^2 + (0.18 \text{ m})^2]$$

$$I_c = 0.000051 \text{ kg} * m^2$$

Se realiza el teorema de Steiner, para ello se utiliza la ecuación 19.

$$I_{CTS} = I_c + mr^2$$

Donde

$I_{CTS}$ : Inercia cuchilla de corte utilizando Teorema de Steiner [ $kg * m^2$ ]

$I_C$ : Inercia cuchilla de corte [ $kg * m^2$ ] = 0.000051 [ $kg * m^2$ ]

$m$ : masa de la cuchilla de corte [ $kg$ ] = 0.017 [ $kg$ ]

$r$ : Distancia entre ejes [ $m$ ] = 0.112 [ $m$ ]

Remplazo de variables en ecuación 19.

$$I_{CTS} = I_C + mr^2$$

$$I_{CTS} = 0.000051 [kg * m^2] + 0.017kg * (0.112 m)^2$$

$$I_{CTS} = \mathbf{0.000264 [kg * m^2]}$$

Con el valor de inercia para la cuchilla de corte, se utiliza la ecuación 57, para encontrar el total de la inercia del conjunto de las cuchillas de corte.

$$I_{CC} = 4I_{CTS}$$

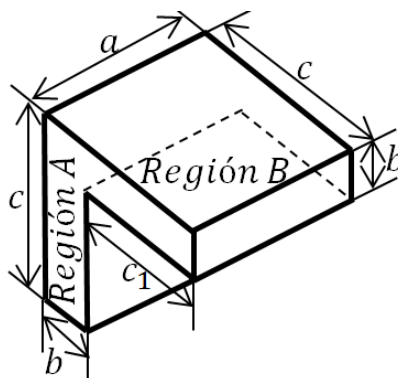
$$I_{CC} = 4 * (0.000264 [kg * m^2])$$

$$I_{CC} = \mathbf{0.00106 [kg * m^2]}$$

### 3.2.2.2.3. Inercia Ángulo de Unión ( $I_{AU}$ )

Para determinar la inercia en el ángulo de unión se toma como referencia el material del que está formado, acero ASTM-A36 SAE1008, además su forma. (Ver figura 3.32).

**Figura 3.32: Forma del Ángulo de Unión Cuchilla Eje de Corte.**



Elaborado: Yandún J.

Para determina la inercia del ángulo, se divide en dos partes, como se muestra en la figura 3.32 y para establecer la inercia se parte de la ecuación.

$$I_{AU} = I_{TRA} + I_{TRB} \quad \text{Ecuación: 60}$$

Donde

$I_{AU}$ : Inercia ángulo de unión [ $kg * m^2$ ]

$I_{TRA}$ : Inercia total región A [ $kg * m^2$ ]

$I_{TRB}$ : Inercia total región B [ $kg * m^2$ ]

Los valores de  $I_{TRA}$  y  $I_{TRB}$  se determinan a partir de la ecuación 19, que hace referencia al teorema de Steiner:

$$I_{TRA} = I_{RA} + m_A r_A^2 \quad \text{Ecuación: 61}$$

$$I_{TRB} = I_{RB} + m_B r_B^2 \quad \text{Ecuación: 62}$$

Donde

$I_{RA}$  e  $I_{RB}$ : Inercia región A, B [ $kg * m^2$ ]

$m_A$  e  $m_B$ : Masa de la región A, B [ $kg$ ]

$r_A$  e  $r_B$ : Distancia entre ejes paralelos [ $m$ ]

Según (BUDYNAS-NISBETT, 2008), para calcular los valores de  $I_{RA}$  y  $I_{RB}$  se toma las ecuaciones:

$$I_{RA} = 4 \left[ \frac{m}{12} (a^2 + b^2) \right] \quad \text{Ecuación: 63}$$

$$I_{RB} = 4 \left[ \frac{m}{12} (a^2 + c_1^2) \right] \quad \text{Ecuación: 64}$$

Para determinar el valor de m (masa de la región A) se toma la ecuación 59 y para calcular la inercia en región A, se toma los siguientes datos

$a$ : Ancho [ $m$ ] = 31.50 [ $mm$ ] = 0.0315 [ $m$ ]

$$b: \text{Espesor [m]} = 6 \text{ [mm]} = 0.006 \text{ [m]}$$

$$c: \text{Largo [m]} = 40 \text{ [mm]} = 0.04 \text{ [m]}$$

$$\rho: \text{Densidad acero ASTM - A36} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 7850 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$g: \text{Gravedad} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = 9.8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

Reemplazo de variables en ecuación 59.

$$m = \frac{a * b * c * \rho}{g}$$

$$m = \frac{(0.0315) * (0.006) * (0.04) * (7850)}{9.8}$$

$$m = \mathbf{0.0061 \text{ kg}}$$

Reemplazo de variables en ecuación 63.

$$I_{RA} = 4 \left[ \frac{m}{12} (a^2 + b^2) \right]$$

$$I_{RA} = 4 \left[ \frac{0.0061 \text{ kg}}{12} * (0.0315 \text{ m})^2 + (0.006 \text{ m})^2 \right]$$

$$I_{RA} = \mathbf{0.000021 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

A continuación se toma la ecuación 61, donde el valor de  $r_A$  es de 0.0188 m

$$I_{TRA} = I_{RA} + m_A r_A^2$$

$$I_{TRA} = 0.000021 \text{ kg} * \text{m}^2 + 0.0061 \text{ kg} * (0.0188 \text{ m})^2$$

$$I_{TRA} = \mathbf{0.000043 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

Para determinar el valor de m (masa de la región B) se toma la ecuación 59 y para calcular la inercia en región B, se toma los siguientes datos

$$a: \text{Ancho [m]} = 31.50 \text{ [mm]} = 0.0315 \text{ [m]}$$

$$b: \text{Espesor [m]} = 6 \text{ [mm]} = 0.006 \text{ [m]}$$

$$c_1: \text{Largo [m]} = 34 \text{ [mm]} = 0.034 \text{ [m]}$$

$$\rho: \text{Densidad acero ASTM - A36} \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = 7850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$g: \text{Gravedad} \left[ \frac{m}{s^2} \right] = 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

Reemplazo de variables en ecuación 59.

$$m = \frac{a * b * c * \rho}{g}$$

$$m = \frac{(0.0315) * (0.006) * (0.034) * (7850)}{9.8}$$

$$m = \mathbf{0.0051 \text{ kg}}$$

Reemplazo de variables en ecuación 64.

$$I_{RB} = 4 \left[ \frac{m}{12} (a^2 + c_1^2) \right]$$

$$I_{RB} = 4 \left[ \frac{0.0051 \text{ kg}}{12} * (0.0315 \text{ m})^2 + (0.034 \text{ m})^2 \right]$$

$$I_{RB} = \mathbf{0.0000037 \text{ kg} * m^2}$$

A continuación se toma la ecuación 62, donde el valor de  $r_A$  es de 0.0388 m

$$I_{TRB} = I_{RB} + m_B r_B^2$$

$$I_{TRB} = 0.0000037 \text{ kg} * m^2 + 0.0051 \text{ kg} * (0.0388 \text{ m})^2$$

$$I_{TRB} = \mathbf{0.0000114 \text{ kg} * m^2}$$

Se reemplaza los valores en la ecuación 60 para calcular la inercia total del ángulo de unión.

$$I_{AU} = I_{TRA} + I_{TRB}$$

$$I_{AU} = 0.0000043 \text{ kg} * m^2 + 0.0000114 \text{ kg} * m^2$$

$$I_{AU} = \mathbf{0.000016 \text{ kg} * m^2}$$

Con los valores encontrados de las inercias necesarias para la ecuación 55, se hace el respectivo remplazo.

$$\sum I = I_{ECC} + I_{CC} + I_{AU}$$

$$\sum I = 0.000152 [kg * m^2] + 0.00106 [kg * m^2] + 0.00016 [kg * m^2]$$

$$\sum I = \mathbf{0.0014 [kg * m^2]}$$

Con el valor de la inercia total encontrada se utiliza la ecuación 12.

$$\sum M = \sum I * \alpha$$

Donde la ecuación 12 es igual a:

$$M_T - M_O = \sum I * \alpha$$

Ecuación: 65

El valor  $M_O$  se determina con la ecuación 25.

$$M_O = mgr_{int}$$

Donde

$m$ : Masa de la zanahoria [kg]

$g$ : Gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right] = 9.8 m/s^2$

$r_{int}$ : Radio interior cortadora [m] = 0.232 m

Para hallar el valor de la masa ocupada en la cortadora, se toma el valor de volumen ocupado en la cortadora, en ecuación 47 y el valor de la densidad será tomado de la tabla 3.2, donde la densidad está dada por la siguiente ecuación.

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen}$$

Ecuación: 66

A continuación se despeja el valor de la masa de ecuación 66.

$$Masa = Densidad * Volumen$$

Ecuación: 67

Donde

$$Densidad = 1078 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$Volumen = 0.00174 [m^3]$$

Reemplazo de variables en ecuación 67.

$$Masa = Densidad * Volumen$$

$$Masa = 1078 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 0.00174 [m^3]$$

$$\mathbf{Masa = 1.88 kg}$$

Con el valor de la masa calculado, este es reemplazado en ecuación 25.

$$M_O = mgr_{int}$$

$$M_O = 1.88 kg * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.232 m$$

$$\mathbf{M_O = 4.27 [N * m]}$$

Para el valor de la velocidad angular se toma la velocidad del eje central de la cortadora, que es de 688 rpm.

$$(688) * \pi * \frac{2}{60} = 72.05 \frac{rad}{s}$$

A continuación se utiliza la ecuación 65.

$$M_T - M_O = \sum I * \alpha$$

Despejando la ecuación 65.



$$M_T = \sum I * \alpha + M_O$$

Reemplazo de variables en despeje de ecuación 65

$$M_T = (0.0014) * (0) + 4.27$$

$$M_T = 4.27 [N * m]$$

Donde la potencia teórica de un motor está dada por la ecuación 26.

$$P_{motor} = M_T * n_2$$

Reemplazo de los valores de las variables en ecuación 26.

$$P_{motor} = (4.27) * (72.05)$$

$$P_{motor} = 307.65 [w]$$

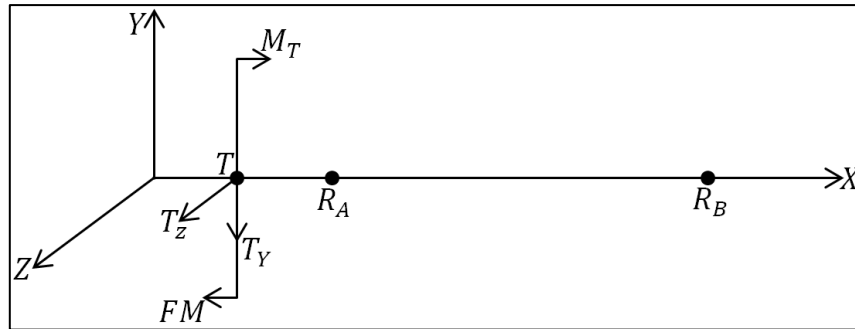
$$P_{motor} = 0.41 [Hp]$$

Calculado el valor de potencia requerida por parte de las cuchillas de corte y al ser el valor casi  $\frac{1}{2}$  hp, se opta por adquirir un motor eléctrico WEG monofásico de 0.5 hp, que satisface al sistema de corte.

### 3.2.2.3. Cálculos del Eje de Cortado

Tomando como referencia lo realizado en el apartado 3.1.2.2 y partiendo del diagrama de cuerpo libre, se determina las cargas que actúan sobre el eje de cortado. (Ver figura 3.33).

**Figura 3.33: Diagrama de Cuerpo Libre**



Elaborado: Yandún J.

Donde

$R_A$ : Reacción sobre el rodamiento A [N]

$R_B$ : Reacción sobre el rodamiento B [N]

$T$ : Tensión transmitida por el motor [N]

$M_T$ : Momento torsor [ $N \cdot m$ ]

Para determinar el momento torsor se utiliza la ecuación 26.

$$P_{motor} = M_T \cdot n_2$$

Despejando  $M_T$

$$M_T = \frac{P_{motor}}{n_2}$$

$$M_T = \frac{(745.7) \cdot 1}{71.21}$$

$$M_T = 10.47 [N \cdot m]$$

Para determinar la transmisión de potencia del motor al eje de corte se realiza mediante una polea de 5 pulgadas, utilizando la ecuación 27.

$$T = \frac{M_T}{\frac{d}{2}}$$

Donde

$T$ : Tensión transmitida al eje por el motor [N]

$M_T$ : Momento torsor [N \* m] = 10.47 [N \* m]

$d$ : Diámetro de polea conducida [m] = 5[in] = 0.127[m]

Reemplazo en ecuación 27.

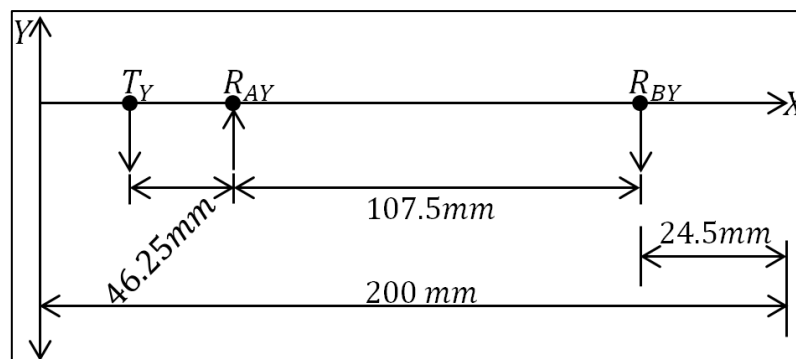
$$T = \frac{M_T}{\frac{d}{2}}$$

$$T = \frac{10.47 [N * m]}{\frac{0.127[m]}{2}}$$

$$T = 164.88 [N]$$

Con el diagrama de cuerpo libre, se toma el plano XY, para el estudio de las fuerzas que influyen en el mismo. (Ver Figura 3.34).

**Figura 3.34: Diagrama de Cuerpo Libre Plano XY.**



Elaborado: Yandún J.

$$\sum F_Y = 0$$

$$T_Y - R_{AY} + R_{BY} = 0$$

$$R_{AY} - R_{BY} = T_Y$$

$$R_{AY} - R_{BY} = 164.88 [N]$$

Ecuación: 68

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{BY}(0.108 \text{ m}) - T_Y(0.046) = 0$$

$$R_{BY}(0.108 \text{ m}) = 164.88 \text{ [N]} * (0.046 \text{ m})$$

$$R_{BY}(0.108 \text{ m}) = 7.58 \text{ [N * m]}$$

$$R_{BY} = \frac{7.58 \text{ [N * m]}}{0.108 \text{ m}}$$

$$R_{BY} = 70.2 \text{ [N]}$$

Reemplazo de  $R_{BY}$  en ecuación 68.

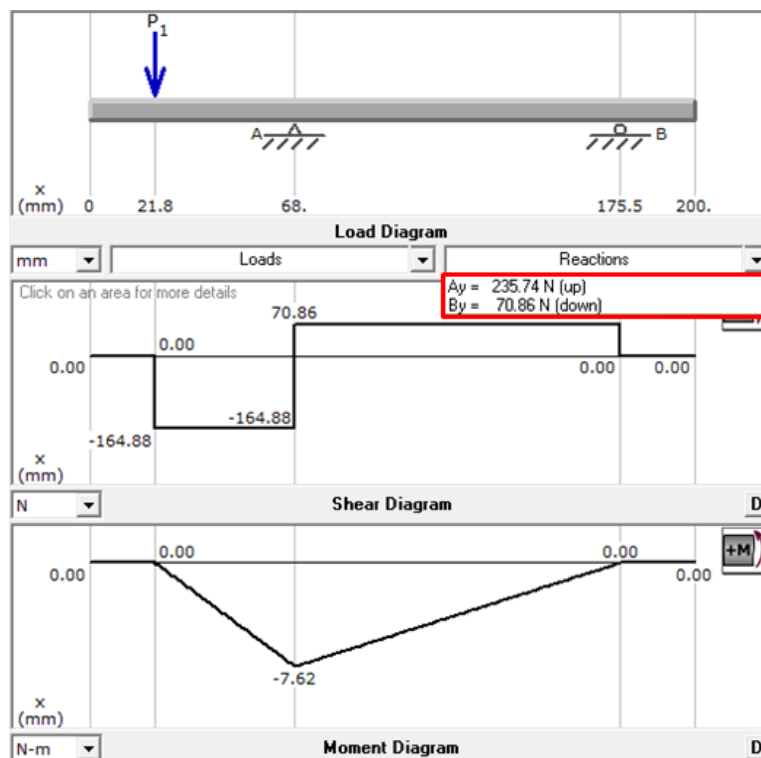
$$R_{AY} - R_{BY} = 164.88 \text{ [N]}$$

$$R_{AY} = 164.88 \text{ [N]} + 70.2 \text{ [N]}$$

$$R_{AY} = 235.08 \text{ [N]}$$

Con los valores de las reacciones encontrados, se utiliza el programa MDSolids 3.5 para verificar los resultados, (Ver figura 3.35).

**Figura 3.35: Diagrama de Cortes y Momentos Plano XY en Mdsolids 3.5**



Elaborado: Yandún J.

Con la ayuda de las gráficas se obtiene el momento máximo.

$$M_{YX} = 7.62 \text{ [Nm]}$$

$$M_{ZX} = 7.62 \text{ [Nm]}$$

Donde

$M_{YX}$ : Momento máximo de acuerdo al plano YX

$M_{ZX}$ : Momento máximo de acuerdo al plano ZX

Se calcula el momento máximo total mediante la ecuación 30.

$$M_{MT} = \sqrt{(M_{YX})^2 + (M_{ZX})^2}$$

Donde

$M_{MT}$ : Momento máximo total [Nm]

Reemplazo de variables en ecuación 30.

$$M_{MT} = \sqrt{(M_{YX})^2 + (M_{ZX})^2}$$

$$M_{MT} = \sqrt{(7.62)^2 + (7.62)^2}$$

$$\mathbf{M_{MT} = 10.78 \text{ [Nm]}}$$

Determinado el momento máximo total se procede a calcular el factor de seguridad, con ecuación 31.

$$\sigma_i = \frac{S_y}{n}$$

Donde

$\sigma_i$ : Esfuerzo admisible

$S_y$ : Resistencia a la fluencia [MPa]

$n$ : Factor de seguridad

Para determinar el valor del  $\sigma_i$ , se parte de la teoría de la energía de distorsión, con la ecuación 32.

$$\sigma_i = \sqrt{(\sigma_1)^2 - \sigma_1\sigma_2 + (\sigma_2)^2}$$

Para calcular los valores de  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  se toma como referencia el círculo de Mohr, primeramente se determina el valor de  $\sigma_{max}$  mediante la ecuación 33.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{MT} * C}{I}$$

Donde

$M_{MT}$ : Momento máximo total [Nm] = 10.78 [Nm]

$C$ : Radio del eje central [mm] = 15.75 [mm]

$I$ : Momento de inercia [mm<sup>4</sup>]

Según (MOTT, 2006), para determinar del momento de inercia se toma la ecuación.

$$I = \frac{\pi * (D)^4}{64} \quad \text{Ecuación: 69}$$

Donde

$D$ : Diámetro del eje [mm] = 31.5 [mm]

Sustitución de variables en ecuación 69.

$$I = \frac{\pi * (D)^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi * (31.5 \text{ mm})^4}{64}$$

$$I = 48329.48 \text{ mm}^4$$

A continuación se reemplaza las variables en la ecuación 33.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{MT} * C}{I}$$

$$\sigma_{max} = \left( \frac{(10.78 \text{ Nm}) * (15.75 \text{ mm})}{48329.48 \text{ mm}^4} \right) * \left( \frac{10^3 \text{ mm}}{m} \right)$$

$$\sigma_{max} = 3.5 \text{ N/mm}^2$$

De acuerdo al diseño se toma un acero redondo ASTM-A36, con las siguientes características.

Un  $S_y = 250 \text{ MPa} = 250 \text{ Kg/mm}^2$ , tomado de Robert Mott, Diseño de Elementos de Máquina. (Ver Anexo 1)

El esfuerzo de tensión se calcula mediante la ecuación 35.

$$\sigma_y = \frac{F}{A}$$

Donde

$\sigma_y$ : Esfuerzo de tensión [ $\text{N/mm}^2$ ]

$F$ : Fuerza aplicada [ $\text{N}$ ] = 164.88 [ $\text{N}$ ]

$A$ : Área de contacto [ $\text{mm}^2$ ]

Según (MOTT, 2006), para determinar el área de contacto se toma la siguiente ecuación.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Ecuación: 70

Donde

$$D: \text{Diámetro eje [mm]} = 31.5 \text{ [mm]}$$

Reemplazo de variables en ecuación 70.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(31.5\text{mm})^2}{4}$$

$$A = 779.31 \text{ mm}^2$$

Reemplazo de variables en ecuación 35.

$$\sigma_y = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_y = \frac{164.88 \text{ [N]}}{779.31 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_y = 0.2 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Cálculo del círculo de Mohr

$$R = \sqrt{\left[ \frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2} \right]^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$R = \sqrt{\left[ \frac{(3.5 - 0.2)}{2} \right]^2}$$

$$R = 1.65$$

Para

$$C = \left[ \frac{(\sigma_x + \sigma_y)}{2} \right]$$

$$C = \frac{3.5 + 0.2}{2}$$



$$C = 1.85$$

Para

$$\sigma_1 = C + R$$

$$\sigma_2 = C - R$$

$$\sigma_3 = 0$$

Donde

$$\sigma_1 = C + R$$

$$\sigma_1 = 1.85 + 1.65$$

$$\sigma_1 = 3.5$$

$$\sigma_2 = C - R$$

$$\sigma_2 = 1.85 - 1.65$$

$$\sigma_2 = 0.2$$

Con los valores de  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  se reemplaza en ecuación 32.

$$\sigma_i = \sqrt{(\sigma_1)^2 - \sigma_1\sigma_2 + (\sigma_2)^2}$$

$$\sigma_i = \sqrt{(3.5)^2 - (3.5)(0.2) + (0.2)^2}$$

$$\sigma_i = 3.4$$

Tomando la ecuación 31 se despeja el factor de seguridad ( $n$ )

$$\sigma_i = \frac{S_y}{n}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_i}$$

$$n = \frac{250}{3.4}$$

$$n = 73.5$$

Con el valor del factor de seguridad  $n = 73.5$ , se determina que el dimensionamiento del eje cumple con las condiciones a las que se va a someter.

### 3.2.3. SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Con referencia a lo realizado en el apartado 3.1.3, se toma la ecuación 39.

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

Donde

$P_o$ : Carga estática [kN]

$F_r$ : Carga radial real del rodamiento [kN]

$F_a$ : Carga axial real del rodamiento [kN]

$X_o$ : Factor de carga radial del rodamiento = 0.6

$Y_o$ : Factor de carga axial del rodamiento = 0.5

El valor de  $F_r$ , se relaciona a la mayor reacción calculada, siendo el valor de 235.08 [N]. En el caso del eje de la cortadora se presenta una configuración vertical, por ello se tiene la presencia de la carga axial, misma que está dada por el peso del eje, con un valor de 952.42 [N].

Remplazo de variables en ecuación 39.

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

$$P_o = (0.6)(235.08) + (0.5)(952.42)$$

$$P_o = \mathbf{617.26[N]}$$

El rodamiento al ser utilizado en un eje de  $1\frac{1}{4}$  pulgadas se selecciona el rodamiento UC207-20, el cual posee una capacidad de carga estática de 14600[N]. (Ver Anexo 2)

Con el valor de carga estática, a continuación se utiliza la ecuación 40, la que permite determinar el factor de seguridad.

$$S_o = \frac{C_o}{P_o}$$

Donde

$S_o$ : Factor de seguridad

$C_o$ : Capacidad de carga estática [N] = 14600[N]

$P_o$ : Carga estática equivalente [N] = 617.26[N]

Reemplazo de variables en ecuación 40.

$$S_o = \frac{C_o}{P_o}$$

$$S_o = \frac{14600[N]}{617.26[N]}$$

$$S_o = 23.6$$

Con el valor del factor de seguridad mayor a 2 se concluye que está bien dimensionado, por ello se escoge como soporte para el rodamiento, la chumacera UCP207-20, (Ver Anexo 3) que cumple las características necesarias para el eje de cortado.

### **3.2.4. SELECCIÓN DE POLEAS PARA TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DEL MOTOR AL EJE DE CORTADO.**

Para la selección de las poleas se toma como referencia lo realizado en el apartado 3.1.4, tomando la ecuación 41 para realizar la selección de las poleas.

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

Donde

$N_1$ : Velocidad del motor [rpm] = 1720[rpm]

$D_1$ : Diámetro polea conductora [rpm] = 2[in]

$N_2$ : Velocidad eje conducido [rpm]

$D_2$ : Diámetro polea conducida [rpm] = 5[in]

Reemplazo de variables en ecuación 41.

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

$$N_2 = \frac{N_1 D_1}{D_2}$$

$$N_2 = \frac{(1720 \text{ [rpm]}) * (2 \text{ [in]})}{5 \text{ [in]}}$$

$$N_2 = 688 \text{ [rpm]}$$

El valor de  $N_2$  es la velocidad en revoluciones por minuto del eje de la cortadora.

A continuación se determina la distancia de separación en relación a los centros, la que permitirá determinar la distancia máxima y mínima entre las poleas, para el cálculo se utilizan las ecuaciones 43 y 44.

Para la distancia mínima entre centros se tendrá:

$$a_{\text{mín}} = 0.7(d + D)$$

Donde

$d$ : Diámetro de polea conductora [mm] = 2[in] = 50.8[mm]

$D$ : Diámetro de polea conducida [mm] = 5[in] = 127[mm]

Reemplazo de variables en ecuación 43

$$a_{\text{mín}} = 0.7(d + D)$$

$$a_{\text{mín}} = 0.7(50.8[\text{mm}] + 127[\text{mm}])$$

$$a_{min} = 124.46 [mm]$$

Para determina la máxima entre centros se toma la ecuación 44.

$$a_{max} = 2(d + D)$$

Reemplazo de los valores en las variables en ecuación 44.

$$a_{max} = 2(50.8[mm] + 127[mm])$$

$$a_{max} = 355.6[mm]$$

Por tanto la distancia  $a_o$  se encuentra dentro de:

$$124.46[mm] \leq a_o \leq 355.6[mm]$$

Para el diseño se toma la distancia entre centros  $a_o = 325[mm]$

### 3.2.5. SELECCIÓN DE BANDAS DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DEL SISTEMA DE CORTADO.

Para determinar la longitud ( $L_o$ ) de la banda se utiliza la ecuación 45.

$$L_o = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

Donde

$L_o$ : Longitud de banda [mm]

$C$ : Distancia entre centros ( $a_o$ ) [mm] = 325[mm]

$D_1$ : Diámetro polea conductora [mm] = 2 in = 50.8 [mm]

$D_2$ : Diámetro polea conducida [mm] = 5 in = 127 [mm]

Reemplazo de variables en ecuación 45

$$L_o = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L_o = 2(325[mm]) + 1.57(127 [mm] + 50.8[mm]) + \frac{(127 [mm] - 50.8[mm])^2}{4(325[mm])}$$

$$L_o = 650 [mm] + 279.15 [mm] + \frac{5806.44 [mm^2]}{1300 [mm]}$$

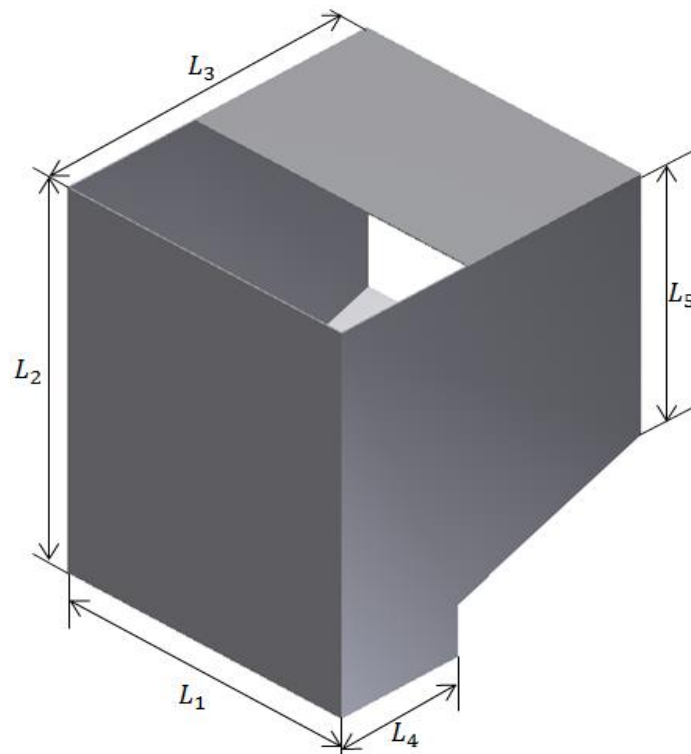
$$L_o = 933.6 [mm] = 36.7 \text{ in}$$

Con la longitud de banda para el sistema de cortado  $L_o = 933.6 [mm] = 36.7 \text{ in}$ , se selecciona la banda Dayco 17370, la que cumple con las condiciones necesarias. (Ver Anexo 6)

### 3.2.6. RANFLA DE ALIMENTACIÓN CORTADORA

La ranfla de alimentación permite el ingreso de la zanahoria a la cortadora, considerando que es luego del proceso de lavado, como se muestra en la Figura 3.36.

**Figura 3.36: Medidas de la Ranfla de Alimentación Cortadora.**



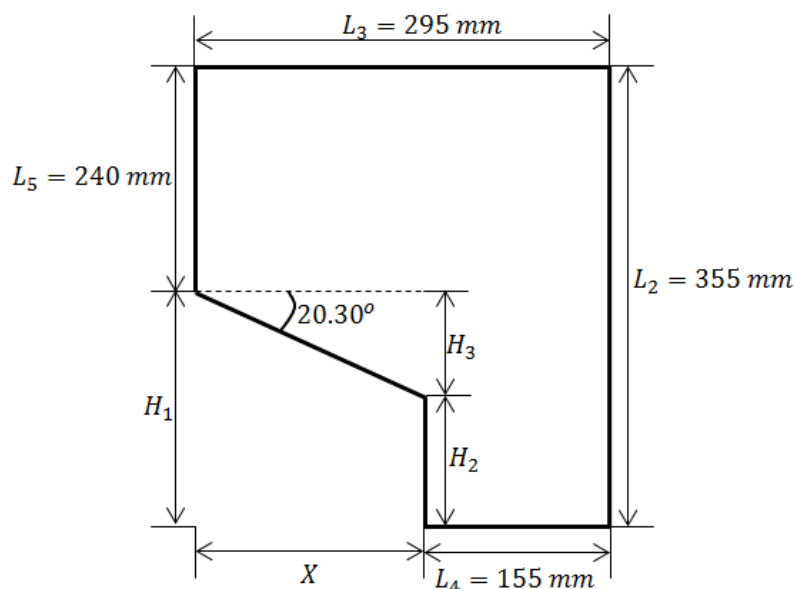
Elaborado: Yandún J.

### 3.2.6.1. Dimensionamiento Ranfla de Alimentación

Para el dimensionamiento se considera el área de salida de la lavadora como el ingreso a la cortadora, se toma como referencia la inclinación de la ranfla, de acuerdo al cálculo realizado en la ecuación 37, el ángulo es de  $20.30^\circ$ .

A continuación se presenta la figura 3.37 con las dimensiones obtenidas para el diseño y las faltantes para la construcción de la misma.

**Figura 3.37: Medidas de la Ranfla de Alimentación e Incógnitas.**



Elaborado: Yandún J.

Donde

$L_1$ : Es el ancho que posee la lavadora como la cortadora = 270mm

$L_2$  : Es la altura desde la salida de la lavadora hasta el ingreso a la cortadora  
= 355 mm

$L_3$ : Distancia de separación entre la lavadora y la cortadora = 295 mm

$L_4$ : Ancho de ingreso a cortadora = 115 mm

$L_5$ : Alto de salida de lavadora = 240 mm

$H_1$ : Altura entre lavadora y cortadora [mm]

$X$ : Distancia entre lavadora y cortadora[mm]

A continuación se determina las variables  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  y  $X$  con las siguientes ecuaciones.

$$H_1 = L_2 - L_5 \quad \text{Ecuación: 71}$$

$$H_2 = H_1 - H_3 \quad \text{Ecuación: 72}$$

$$H_3 = \text{Tg}(20.30^\circ) * X \quad \text{Ecuación: 73}$$

$$X = L_3 - L_4 \quad \text{Ecuación: 74}$$

Reemplazo de variables en ecuación 71.

$$H_1 = L_2 - L_5$$

$$H_1 = 355\text{mm} - 240\text{ mm}$$

$$H_1 = \mathbf{115\text{ mm}}$$

Reemplazo de variables en ecuación 74.

$$X = L_3 - L_4$$

$$X = 295\text{ mm} - 115\text{ mm}$$

$$X = \mathbf{180\text{ mm}}$$

Reemplazo de variables en ecuación 73.

$$H_3 = \text{Tg}(20.30^\circ) * X$$

$$H_3 = \text{Tg}(20.30^\circ) * 180\text{ mm}$$

$$H_3 = \mathbf{66.58\text{ mm}}$$

Reemplazo de variables en ecuación 72.

$$H_2 = H_1 - H_3$$

$$H_2 = 115\text{ mm} - 66.58\text{ mm}$$

$$H_2 = \mathbf{48.42\text{ mm}}$$



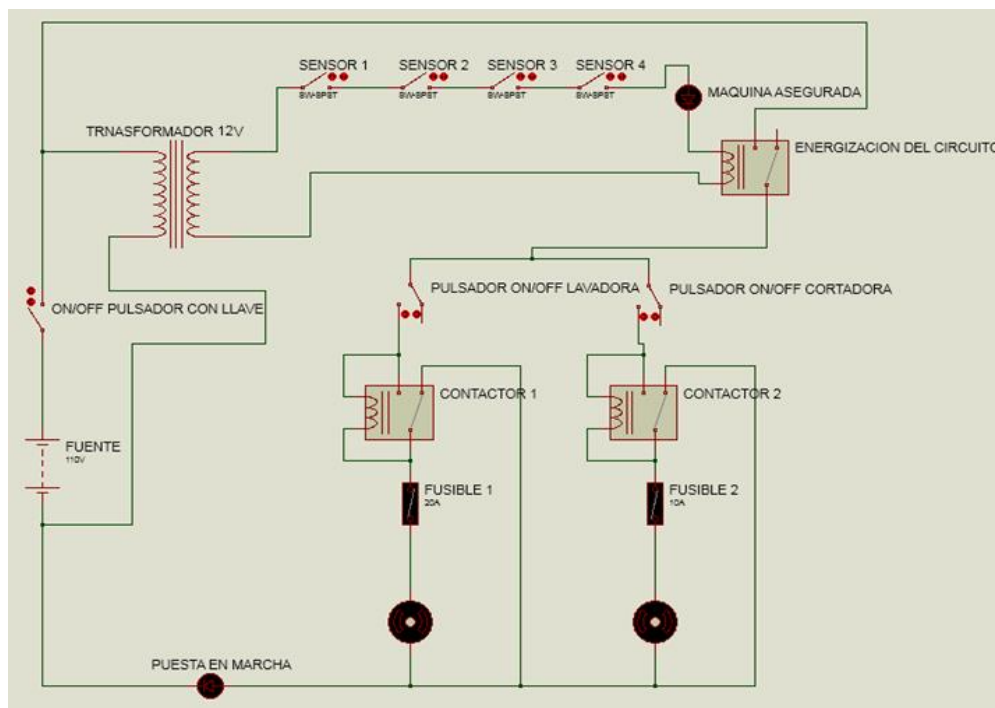
### 3.3. SISTEMA ELÉCTRICO DE MANDO

Para el sistema eléctrico de mando se considera la parte eléctrica utilizada en la máquina de lavado y cortado, estando configurado por cables, sistema de mando para los motores monofásicos, entre otras.

#### 3.3.1. ESQUEMA DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

Se presenta el circuito eléctrico aplicado para el funcionamiento de los motores eléctricos de la máquina de lavado y cortado. (Ver figura 3.38)

**Figura 3.38: Diagrama del Circuito Eléctrico**



Elaborado: Yandún J.

Donde

*Fuente de 110 V*

*Pulsador ON/OFF con llave*

*Transformador a 12 V*

*Sensor 1 (Tapa de lavado)*

*Sensor 2 (Tapa de cortado)*

*Sensor 3 (Protector motor lavadora)*

*Sensor 4 (Protector motor cortadora)*

*Pulsador normalmente cerrado con enclavamiento (Paro de Emergencia)*

*Pulsador normalmente abierto (Encendido Motor Lavadora)*

*Pulsador normalmente cerrado*

*Pulsador normalmente abierto (Encendido Motor Cortadora)*

*Pulsador normalmente cerrado*

*Motor Lavadora*

*Motor Cortadora*

Según (SADIKU - ALEXANDER, 2006), a continuación se determina la corriente consumida por el circuito eléctrico, con la siguiente ecuación:

$$P = V * I \quad \text{Ecuación: 75}$$

Donde

*P: Potencia [w]*

*V: Tensión [V] = 110 [V]*

*I: Corriente [A]*

Despejando la ecuación 75, se obtienen la siguiente ecuación, la que permite calcular el valor de la corriente.

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{Ecuación: 76}$$

El valor de P, se determina de la potencia que poseen los motores, utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{Total} = P_{Motor Lavadora} + P_{Motor Cortadora} \quad \text{Ecuación: 77}$$

$$P_{Motor Lavadora} = 2.20 [Kw]$$

$$P_{Motor Cortadora} = 0.37 [Kw]$$

Reemplazo de los valores en ecuación 77.

$$P_{Total} = 2200[w] + 370[w]$$

$$P_{Total} = 2570[w]$$

Reemplazo en ecuación 76.

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{2570[w]}{110[V]}$$

$$I = 23.36 [A]$$

### 3.3.2. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

Una vez seleccionado los elementos que intervienen en el sistema eléctrico, se procede a determinar la corriente consumida por cada motor, según (CONDUMEX), mediante la siguiente ecuación.

$$I_c = \frac{HP * 746}{1.732 * V * \eta * F_p} \quad \text{Ecuación: 78}$$

Donde

*I*: Corriente consumida [A]

*HP*: Caballos de fuerza [HP]

*V*: Voltaje [V] = 110 [V]

$\eta$ : Rendimiento

*F<sub>p</sub>*: Factor de potencia

La corriente consumida, se determina por los motores monofásicos de 0.5 y 3 HP, utilizados en la máquina de lavado y cortado de zanahoria, con los datos de la tabla 3.5. (Ver Anexo 7)

**Tabla 3.5: Características de los Motores Monofásicos de 3 HP y 0.5 HP.**

<b>Motor 1 (3 HP)</b>		<b>Motor 2 (0.5 HP)</b>	
Factor de Potencia (Fp)	0.83	Factor de Potencia (Fp)	0.66
Rendimiento ( $\eta$ )	0.82	Rendimiento ( $\eta$ )	0.55

Elaborado: Yandún J.

$$I_{C1} = \frac{HP * 746}{1.732 * V * \eta * F_p}$$

$$I_{C1} = \frac{3 * 746}{1.732 * 110 * 0.82 * 0.83}$$

$$I_{C1} = \mathbf{17.26 [A]}$$

$$I_{C2} = \frac{HP * 746}{1.732 * V * \eta * F_p}$$

$$I_{C2} = \frac{0.5 * 746}{1.732 * 110 * 0.55 * 0.66}$$

$$I_{C2} = \mathbf{5.39 [A]}$$

Según (CONDUMEX), se determina la corriente nominal ( $I_n$ ) de los 2 motores, con la suma de los valores de  $I_{C1}$  e  $I_{C2}$ .

$$I_n = I_{C1} + I_{C2}$$

Ecuación: 79

$$I_n = 17.26[A] + 5.39[A]$$

$$I_n = \mathbf{22.65[A]}$$

Según (CONDUMEX), se determina la corriente resultante ( $I_r$ ), considerando que la corriente consumida de mayor valor debe de ser multiplicada por el 25 %, utilizando la siguiente ecuación.

$$I_r = I_n + (I_{C1} * 0.25)$$

Ecuación: 80

$$I_r = 22.65 + (17.26 * 0.25)$$

$$I_r = \mathbf{26.97[A]}$$

Según (CONDUMEX), se determina la corriente afectada ( $I_{\Delta}$ ), provocada por los factores de corrección, como: agrupamiento (1) y temperatura ambiente (1.08). (Ver Anexos 8, 9)

$$I_{\Delta} = \frac{I_r}{1 * 1.08} \quad \text{Ecuación: 81}$$

$$I_{\Delta} = \frac{26.97}{1 * 1.08}$$

$$I_{\Delta} = \mathbf{24.97 [A]}$$

Con el valor de la corriente afectada  $I_{\Delta}$ , se selecciona el conductor. (Ver Anexo 10)

De acuerdo al anexo 10, el valor de la corriente calculada le corresponde un alambre de calibre AWG 12.

Según (CONDUMEX), se determina la caída de tensión ( $\% \Delta V$ ), para verificar si el conductor seleccionado es el adecuado, mediante la siguiente ecuación:

$$\% \Delta V = \frac{F_C * L * I_r}{10 * V} \quad \text{Ecuación: 82}$$

Donde

$F_C$ : Factor de caída de tensión = 13.56

$L$ : longitud del conductor [m] = 8 m

Para el valor del factor de caída de tensión. (Ver Anexo 11)

Reemplazo de variables en ecuación 82.

$$\% \Delta V = \frac{F_C * L * I_r}{10 * V}$$

$$\% \Delta V = \frac{13.56 * 8 * 26.97}{10 * 110}$$

$$\% \Delta V = \mathbf{2.66}$$

Según el Manual del Electricista, el valor de la caída la tensión calculada, al ser menor al tres por ciento, indica que el conductor seleccionado es el correcto.

(CONDUMEX)

## CAPÍTULO IV

### IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

#### 4.1. MONTAJE FÍSICO DE LA ESTRUCTURA

El montaje y construcción de cada uno de los elementos de la máquina de lavado y cortado de la zanahoria, requiere de algunas operaciones, con la utilización de equipos y máquinas herramientas, para lograr la construcción y el respectivo montaje.

##### 4.1.1. REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Para la construcción de la máquina de lavado y cortado de zanahoria se requiere de las siguientes máquinas herramientas: cortadora, dobladora, amoladora, torno, taladro, soldadora; además herramientas manuales como: martillos, sierras, limas, brocas, machuelos y llaves, por último instrumentos de medición tales como: flexómetro, calibrador, escuadra.

A continuación se indica la designación de las herramientas, máquinas herramientas e instrumentos de medición, para su representación, mediante un cursograma de construcción de cada uno de los procesos que constituyen la máquina de lavado y cortado de zanahoria.

La tabla 4.1 muestra las herramientas a utilizar en la construcción de la máquina.

**Tabla 4.1: Herramientas**

CÓDIGO	HERRAMIENTAS
H	Martillos
	Sierras
	Prensa
	Limas

	Brocas
	Machuelos
	Llaves

Elaborado: Yandún J.

La tabla 4.2 describe los instrumentos de medición a utilizar en la construcción de la máquina.

**Tabla 4.2: Instrumentos de Medición**

CÓDIGO	INSTRUMENTOS
I	Flexómetro
	Calibrador
	Escuadra

Elaborado: Yandún J.

En la tabla 4.3 se muestra cada una de las máquinas herramientas, como los equipos utilizados para la construcción de la máquina.

**Tabla 4.3: Máquinas Herramientas**

NOMINACIÓN	MAQUINAS HERRAMIENTAS
M1	Cortadora
M2	Dobladora
M3	Torno
M4	Taladro
M5	Amoladora
E1	Equipo de suelda eléctrica
E2	Equipo de pintura

Elaborado: Yandún J.

#### 4.1.2. OPERACIONES TÉCNICAS

Las operaciones técnicas son las necesarias para la construcción de la máquina, a continuación se detallan en la tabla 4.4.



**Tabla 4.4: Operaciones**





<b>NÚMERO</b>	<b>OPERACIÓN</b>
1	Cortado
2	Doblado
3	Taladrado
4	Soldado
5	Torneado
6	Amolado
7	Empernado

Elaborado: Yandún J.

#### 4.1.3. DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN

La tabla 4.5 muestra la simbología a utilizar, para realizar los diagramas de flujo en la construcción de la máquina.

**Tabla 4.5: Simbología.**

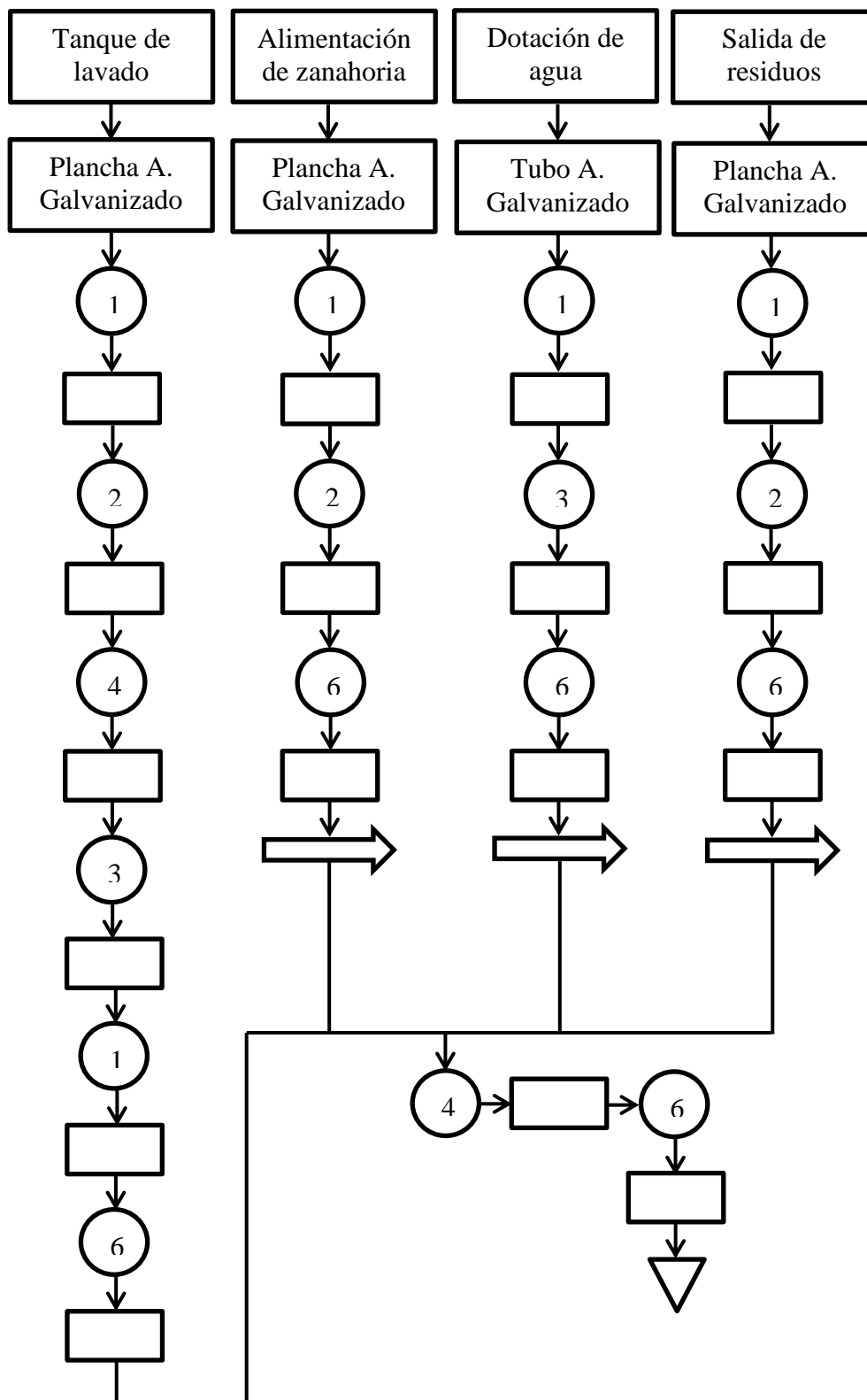
<b>SÍMBOLO</b>	<b>ACCIÓN</b>
	Operación
	Inspección
	Traslado
	Termino del proceso

Elaborado: Yandún J.

A continuación se presenta los procesos técnicos requeridos para la construcción de cada elemento de la máquina.

## 4.1.3.1. Área de Lavado

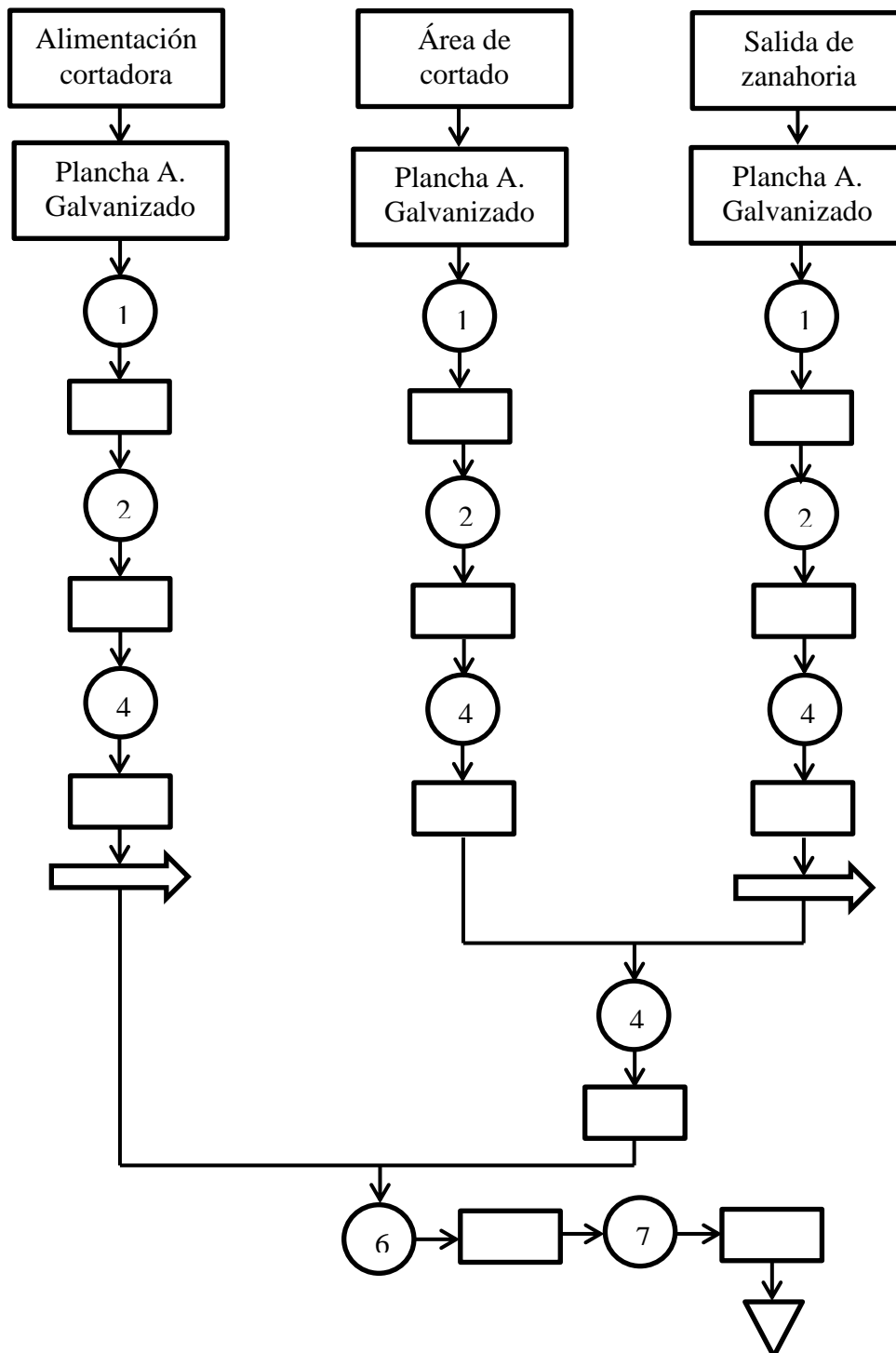
Diagrama 4.1: Diagrama de Flujo, Construcción Área de Lavado



Elaborado: Yandún J.

## 4.1.3.2. Área de Cortado

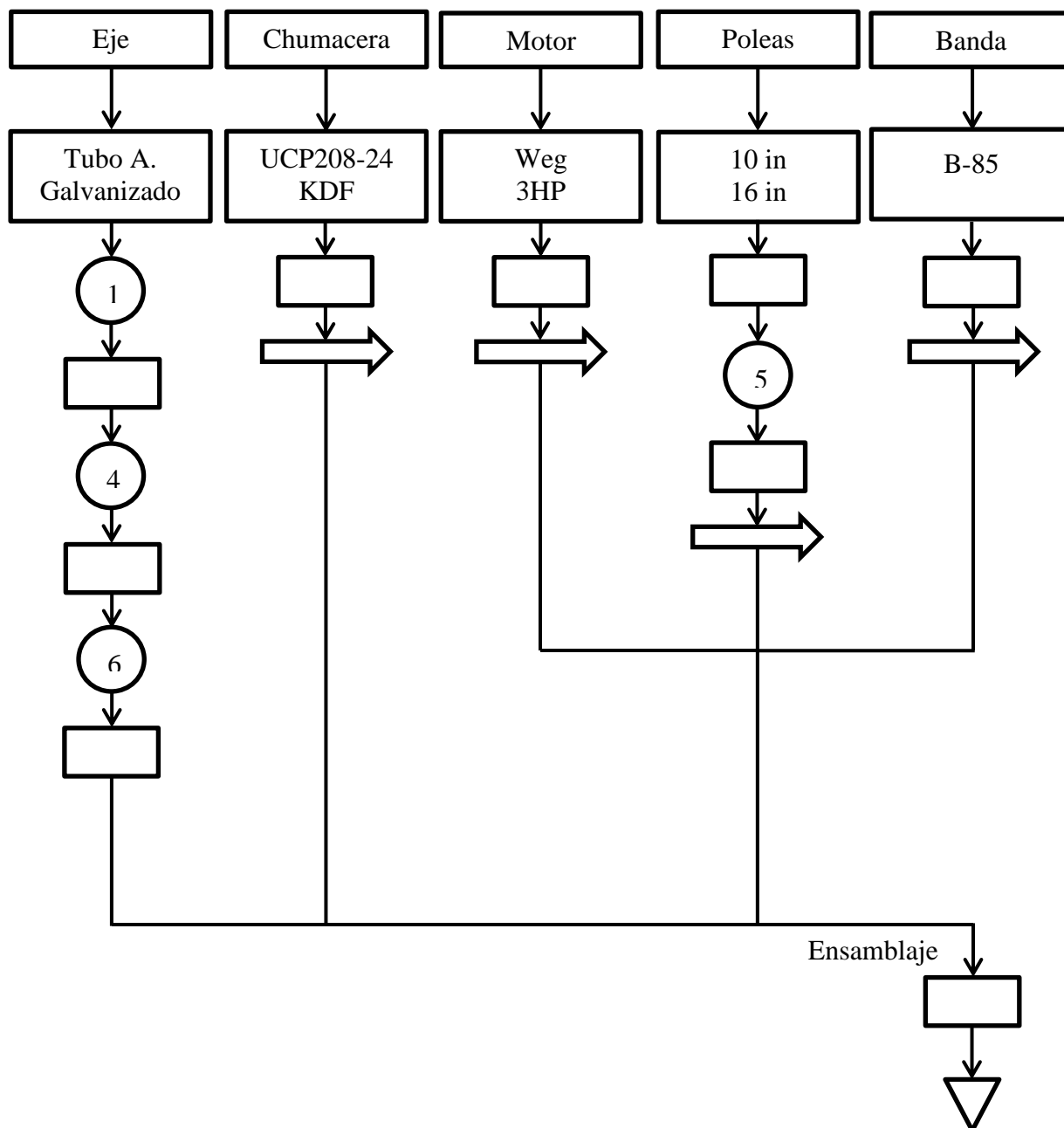
Diagrama 4.2: Diagrama de Flujo, Construcción Área de Cortado



Elaborado: Yandún J.

## 4.1.3.3. Eje de Lavado

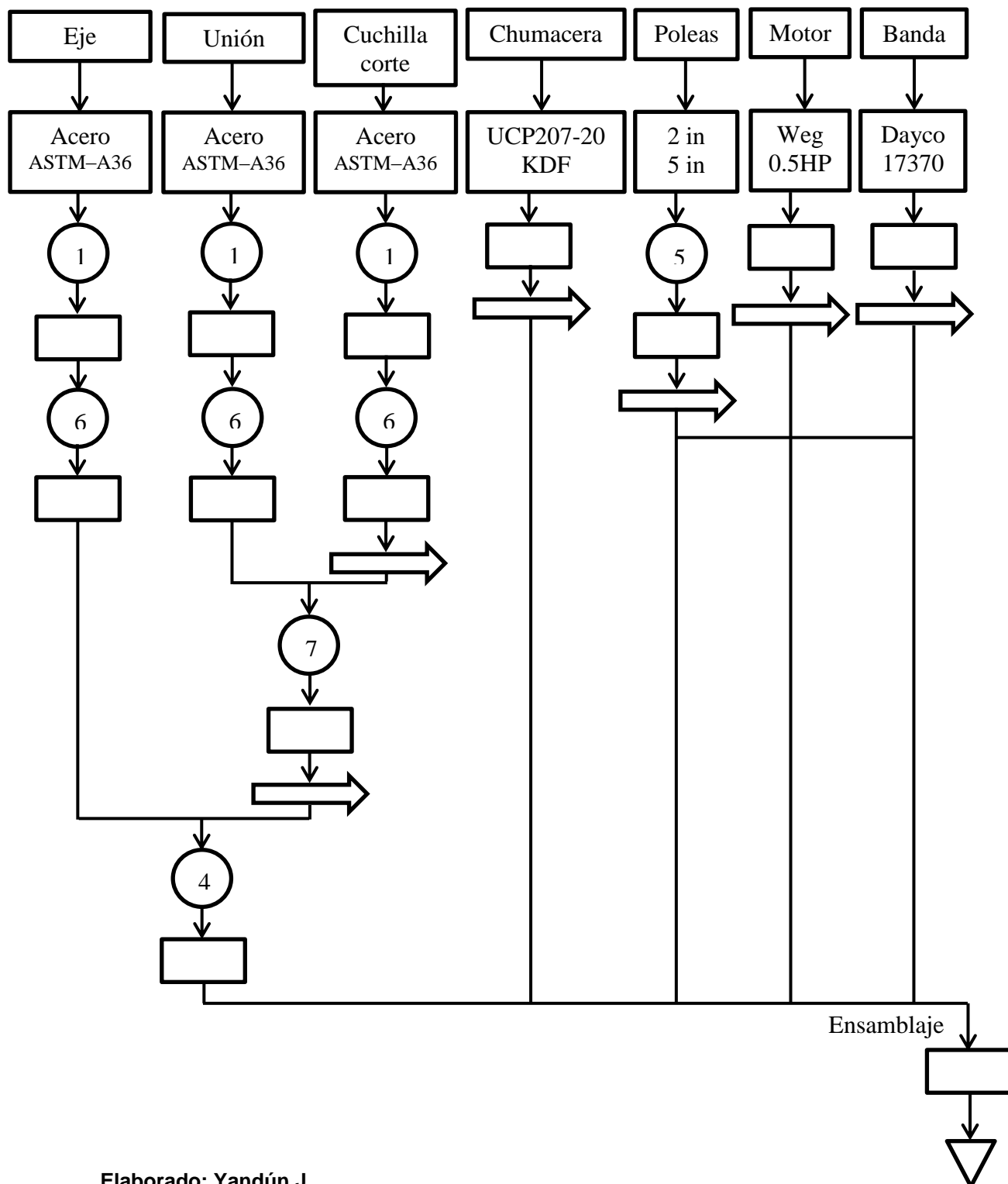
Diagrama 4.3: Diagrama de Flujo, Eje de Lavado



Elaborado: Yandún J.

## 4.1.3.4. Eje de Cortado

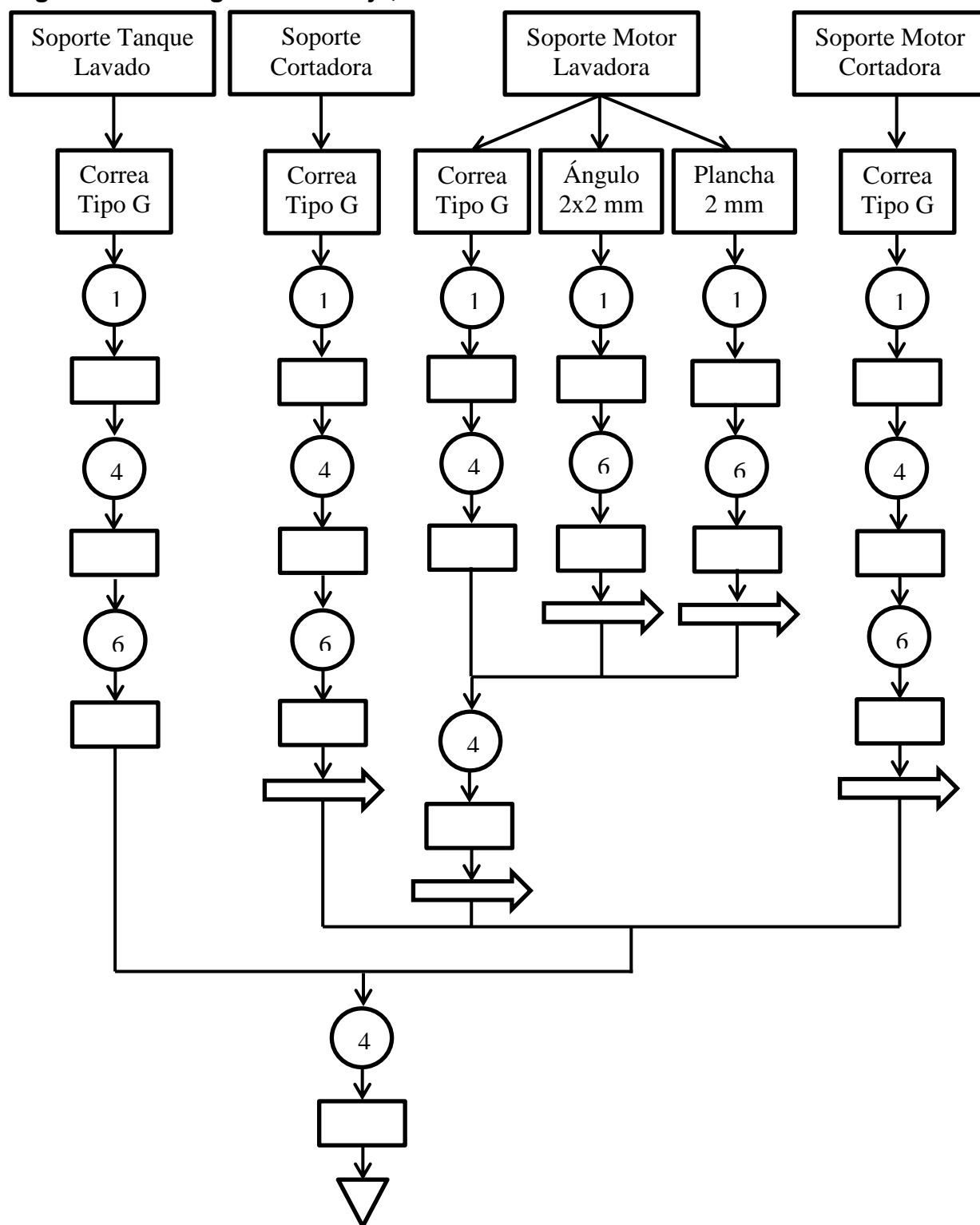
Diagrama 4.4: Diagrama de Flujo, Eje de Cortado.



Elaborado: Yandún J.

4.1.3.5. Sistema Estructural

Diagrama 4.5: Diagrama de Flujo, Sistema Estructural



Elaborado: Yandún J.

## 4.2. MONTAJE Y SINCRONIZACIÓN

Después de la construcción de los componentes de la máquina de lavado y cortado de zanahoria, se procede al montaje y sincronización de las diferentes partes que conforman la máquina.

El montaje y sincronización se realiza en la secuencia al diagrama de flujo de actividades, que se presenta en el diagrama 4.6, tomando como referencia la tabla 4.6, que detalla las actividades realizadas, con su debida codificación.

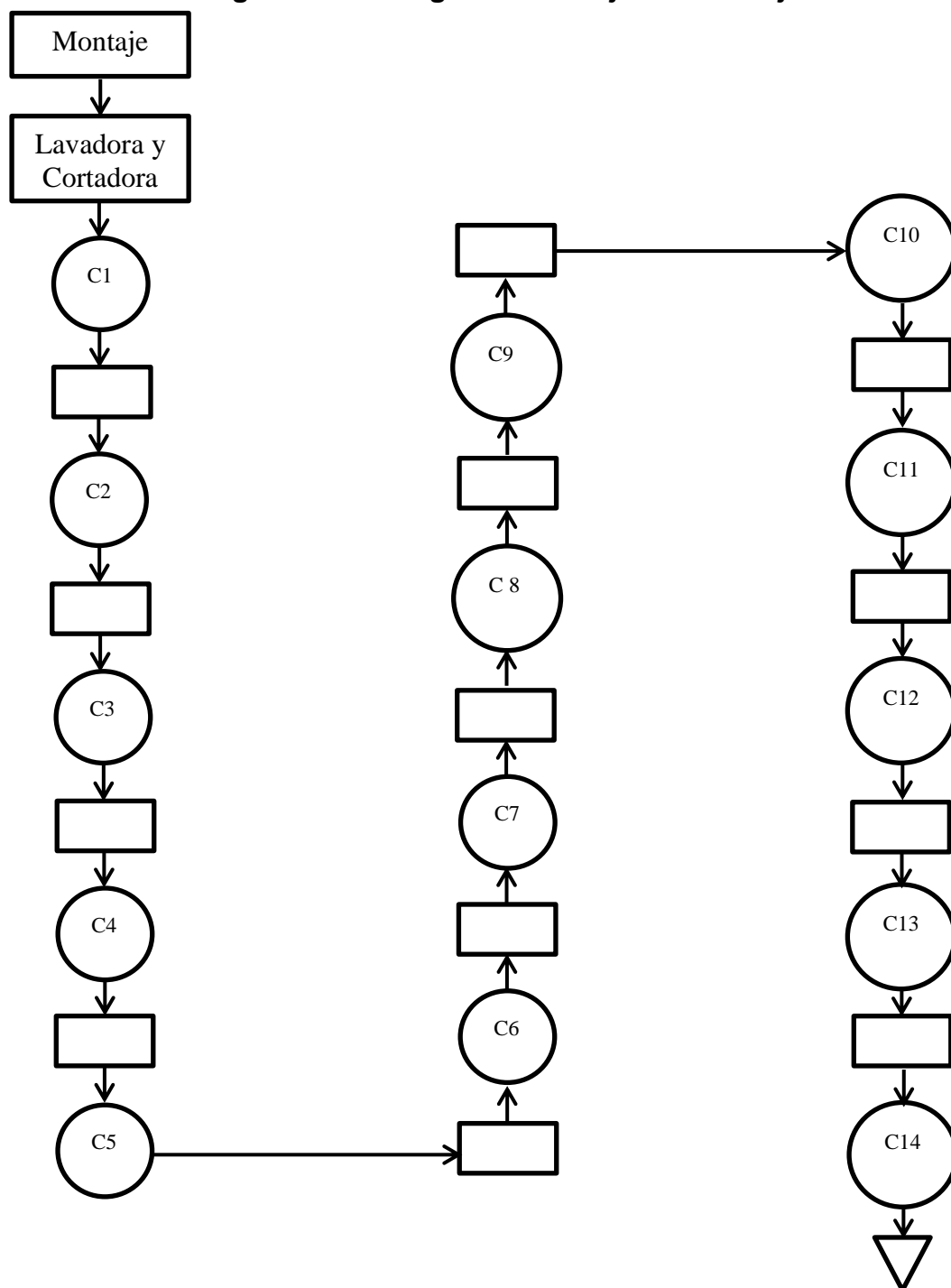
**Tabla 4.6: Actividades para el Montaje**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>
C 1	Instalación de la estructura.
C 2	Instalación del tanque de lavado.
C 3	Instalación de evacuación del agua sucia y residuos.
C 4	Instalación del eje de lavado.
C 5	Instalación de chumaceras al eje de lavado.
C 6	Instalación de semitolva de alimentación.
C 7	Instalación del abastecimiento de agua.
C 8	Instalación de cortadora
C 9	Instalación de ranfla de abastecimiento a cortadora.
C10	Instalación de eje de cortadora con cuchillas de corte.
C11	Instalación de chumaceras al eje de cortado
C12	Pintura de la máquina de lavado y cortado.
C13	Instalación de motores para eje de lavado y cortado.
C14	Instalación de poleas y bandas.

**Elaborado: Yandún J.**

#### 4.2.1. MONTAJE DE SISTEMAS Y COMPONENTES DE LA MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO.

Diagrama 4.6: Diagrama de Flujo del Montaje.



Elaborado: Yandún J.



### 4.3. PRUEBAS

En las pruebas de campo se toma en cuenta algunos parámetros, como:

- Cantidad de zanahoria a lavar y cortar.
- Tiempo de lavado y cortado.
- Calidad del producto posterior al lavado y cortado.
- Cantidad de agua ocupada en el lavado.

Cada uno de estos parámetros permite conocer el funcionamiento de la máquina de lavado y cortado de zanahoria, y determinar si cumple con los requerimientos.

#### 4.3.1. PROTOCOLO DE PRUEBAS.

En la tabla 4.7 se presentan los resultados de las diferentes pruebas realizadas.

**Tabla 4.7: Protocolo de Pruebas**

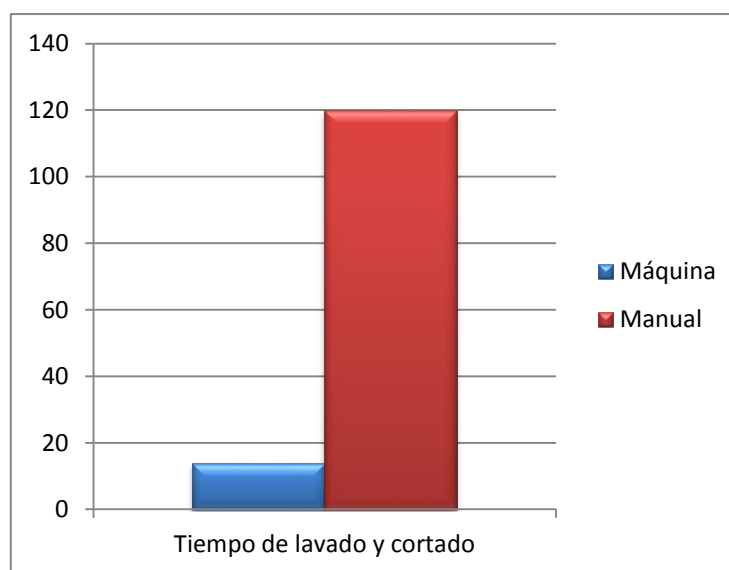
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>				
Beneficiario	Sr. Medardo Efraín Yandún Almeida			
Lugar	Sector:	Parroquia:		
	<b>Hacienda “Las Playas”</b>	<b>Urbina</b>		
	Cantón:	Provincia:		
	<b>Tulcán</b>	<b>Carchi</b>		
Nombre del responsable	Ing. Arias Octavio			
<b>Prueba N° 1</b>				
Cantidad a lavar y cortar (lbs)	Tiempo de Lavado (min)	Cantidad de Agua Ocupada (ltrs)	Calidad de Lavado	Cortado
150	14.42	153.81	Muy buena	Excelente
<b>Prueba N° 2</b>				
150	13.50	144	Muy buena	Excelente

Prueba N° 3				
150	13.58	144.85	Muy buena	Excelente
Prueba N° 4				
150	14.18	151.25	Muy buena	Excelente
Prueba N° 5				
150	14.34	152.96	Muy buena	Excelente

Elaborado: Yandún J.

#### 4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

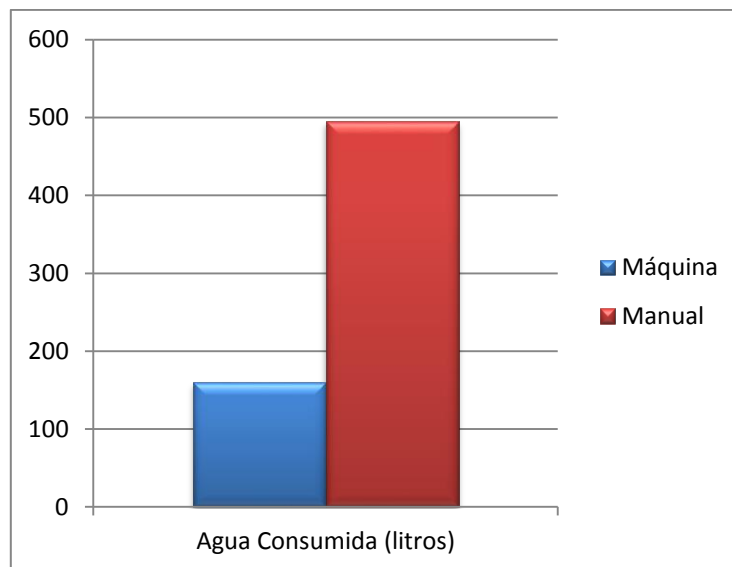
Se presentan las gráficas comparativas, indicando el trabajo de lavado y cortado de la zanahoria en forma manual y con la máquina.



**Gráfico 4.1: Tiempo Estimado de Lavado y Cortado**

Elaborado: Yandún J.

El gráfico 4.1 indica que el tiempo estimado de lavado y cortado de la zanahoria en forma manual es de 120 min, dato expuesto por el trabajador, en cambio la máquina presenta un tiempo de 14 min, según la tabla 4.7.



**Gráfico 4.2: Cantidad de Agua Consumida en el Proceso de Lavado**  
**Elaborado: Yandún J.**

El gráfico 4.2 indica que el consumo de agua en el lavado de la zanahoria, en forma manual es de aproximadamente 500 lts, según el trabajador, en cambio con la máquina es de 149.4 lts, de acuerdo a la tabla 4.7.

Por lo tanto se puede concluir que la máquina permite obtener resultados favorables para el ganadero, especialmente en el ahorro de tiempo y consumo de agua, durante la preparación de la zanahoria para el consumo de las vacas.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

El diseño y construcción de la máquina de lavado y cortado de zanahoria, optimiza la preparación de la hortaliza, pues permite que se reduzca aproximadamente un 80% la actividad física del trabajador, además disminuye el tiempo de trabajo y la cantidad de agua utilizada para este proceso.

La máquina presenta un proceso continuo de lavado y cortado de zanahoria, permitiendo que el trabajador dedique menor tiempo en la preparación del alimento, ya que de forma manual se requiere aproximadamente 120 min, mientras que con la máquina, se lo realiza en 14 min promedio.

El proceso de lavado de la zanahoria en forma manual requiere de 500 ltr aproximadamente, mientras que con la máquina se utiliza 150 lts en promedio, presentando una reducción del consumo de agua del 68%.

De acuerdo a las condiciones iniciales en las cuales se obtiene la zanahoria, posterior a su cosecha, la máquina de lavado y cortado de zanahoria presenta una limpieza de la hortaliza de más del 90%

La máquina de lavado y cortado de zanahoria se encuentra bien dimensionada, al superar el valor mínimo requerido del factor de seguridad de 2, pues la lavadora presenta un factor de seguridad de 7.31, y la cortadora posee un factor de seguridad de 73.5.

## RECOMENDACIONES

Realizar un análisis más detallado de la máquina de lavado y cortado de zanahoria, para ser utilizada en forma industrial, principalmente para el consumo humano, por lo tanto se sugiere cambiar el material de acero galvanizado por acero inoxidable.

Analizar un método para la limpieza del canal de recolección del agua, que se elimina luego del proceso de lavado de la zanahoria, ya que existe la posibilidad de acumulación de suciedad y taponamiento del canal.

Equipar la máquina con llantas, que permitan dar mayor facilidad al momento de trasladarla de un lugar a otro, ya sea para su uso o mantenimiento, además seguir los pasos del manual de operación y mantenimiento, para evitar posibles daños.

Realizar un estudio que permita conocer si la máquina de lavado y cortado de zanahoria, puede ser ocupada para el lavado o cortado de otros productos, tales como: papa, camote, remolacha, entre otros.

Estudiar otro mecanismo que permita generar el movimiento al eje central de lavado y al sistema de corte de la máquina, pues fue diseñada únicamente para funcionar con energía eléctrica, sin embargo podría utilizarse un motor a diesel o gasolina.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

Budynás R., Nisbett K. (2008). *Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*, México, D.F, México.

Fraile J. (2003). *Maquinas eléctricas*, Aravaca, Madrid, España.

Hall A., Holowenko A., Laughlin H., (1990). *Diseño de máquinas*, Colombia.

Kalpakjian S., Schmid S. (2002). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*, Naucalpan de Juárez, México.

Meriam, J., Kraige L. (2002). *Mecánica para ingenieros dinámica*, Barcelona, España: Reverté.

Meriam J., Kraige L. (2007). *Mecánica para ingenieros estática*, Barcelona, España: Reverté.

Mott R.L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*, Naucalpan de Juárez, México.

Norton R. L. (2009). *Diseño de máquinas*, Cuauhtemoc, México.

Océano Grupo Editorial, S.A. *Autodidáctica océano color*, Volumen 3, España.

Ogata K., (2010). *Ingeniería de control moderna*, Naucalpan de Juárez, México.

Sadiku M., Alexander CH, (2007). *Fundamentos de circuitos eléctricos*, Granjas Esmeralda, México.

## **Tesis**

Chamorro Sangoquiza, D. (2012). *Construcción de una máquina secadora de pellets de balanceado*. (Tesis de ingeniería). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Cuacés Hernández, M. (2013). *Máquina desespinaadora de tunas para la variedad amarilla o de castilla (opuntia ficus indica (L))*. (Tesis de ingeniería). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Tituaña Chicaiza, G. (2007). *Diseño de una máquina lavadora de zanahoria*. (Tesis de ingeniería). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

## **Manuales y catálogos**

SKF, *Manuel de mantenimiento de rodamientos*, Txino III.

CONDUMEX. *Manual del electricista*, México.

KDF, *Catálogo técnico general de rodamientos*.

DAYCO. (2012). *Catálogo de correas industriales*.

# ANEXOS



## ANEXO 1: PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

### PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

*Nota:* ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J410b, especificadas por la SAE.



## ANEXO 4: SECCIÓN DE BANDAS

Sección de la banda	Ancho $a$ , pulg	Espesor $b$ , pulg	Diámetro mínimo de polea, pulg	Intervalo de potencias (hp), una o más bandas
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ -10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 y mayores

## ANEXO 5: CIRCUNFERENCIAS INTERIORES DE BANDAS EN V ESTÁNDAR

Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420

## ANEXO 6: CIRCUNFERENCIAS INTERIORES DE BANDAS EN V ESTÁNDAR DAYCO

Catalogo 2012



BANDAS V (A)  
SERIES 15 Y 17

NO. AA	NO. DAYCO	NO. COMUN	NO. MILIMETRICO	LARGO EN PULGADAS	GROSOR DE LA BANDA
917-0355	17355	A33.5	13A0900	35.5	1/2"
917-0360	17360	A34	13A0915	36	1/2"
917-0365	17365	A34.5	13A0925	36.5	1/2"
917-0370	17370	A35	13A0940	37	1/2"
917-0375	17375	A35.5	13A0950	37.5	1/2"

## ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DE MOTORES

Uso General

Capacitor de Arranque y Permanente

Potencia	Carcasa IEC	RPM	Corriente nominal en 220V A	Corriente a rotor bloqueado Ip / In	Par Nominal Cn (NM)	Par a rotor bloqueado Cp / Cn	Momento máximo Cmax. Cn	220 V						Factor de servicio F.S.	Momento de Inercia J kgm <sup>2</sup>	Tiempo max. con rotor bloqueado en caliente / frío (s)	Peso aprox. (kg)	
								Rendimiento η%			Factor de Potencia Cos φ							
								% de la potencia nominal										
0,12	0,16	63	1710	1,66	4,5	0,66	2	1,8	39	45	47	0,57	0,63	0,7	1,15	0,0007	6/13	10,2
0,18	0,25	71	1710	3	4,2	1,03	2,8	2,3	38	45	47	0,48	0,56	0,62	1,15	0,0008	6/13	12,7
0,25	0,33	71	1720	3,8	4	1,35	2,6	2,4	39	44	48	0,47	0,55	0,62	1,15	0,0009	6/13	13,6
0,37	0,5	80	1750	4,6	5,1	2,01	2,3	2,7	42	49	55	0,52	0,6	0,66	1,15	0,0029	6/13	17,5
0,55	0,75	80	1740	5,9	5,5	3,03	1,9	2,2	50	58	61	0,53	0,62	0,7	1,15	0,0032	6/13	18
0,75	1	80	1720	6,8	5	4,08	1,9	2	61	65	66	0,56	0,68	0,76	1,15	0,0032	6/13	18,5
0,75	1	90S	1760	5,9	7,7	3,99	2,8	2,7	64	70	74	0,62	0,7	0,78	1,15	0,0049	6/13	24,2
1,1	1,5	90L	1760	7,5	8,5	5,99	2,5	2,9	68	74	77	0,76	0,82	0,87	1,15	0,0066	6/13	28
1,5	2	100L	1725	10,5	6	8,14	2,6	2,5	72	75,5	80	0,71	0,8	0,85	1,15	0,0089	6/13	36,8
2,2	3	W112M	1750	15	6,5	12,04	2,4	2,5	77	80	81,5	0,7	0,78	0,83	1,15	0,0097	6/13	44
3	4	112M	1745	19	7,1	16,1	2,7	2,3	72	78,5	78,5	0,79	0,87	0,9	1,15	0,0183	6/13	50,5
3,7	5	W132S/M1740	22	7,5	20,18	3,2	2,3	75,5	78,5	80	0,85	0,91	0,94	1,15	0,0183	6/13	64,2	
5,5	7,5	132M	1730	33,5	6,5	30,45	3,2	2,5	0	0	0	0,71	0,81	0,92	1,15	0,0372	6/13	71,2
7,5	10	132M	1740	42	6,5	40,37	2,5	2,2	0	0	0	0,94	0,96	0,97	1,15	0,0486	6/13	81,5
9,2	12,5	132M*	1730	52	6,2	50,75	2,2	2,3	79	84	84	0,91	0,94	0,95	1	0,0543	6/13	87,3

## ANEXO 8: FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO

Número de conductores que llevan corriente	Factores de corrección por agrupamiento
1 a 3	1.00
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50
21 a 30	0.45
31 a 40	0.40
41 y más	0.35

## ANEXO 9: FACTORES DE CORRECCIÓN TEMPERATURA AMBIENTE

Temperatura ambiente °C	Para temperatura ambiente diferente de 30°C, multiplique las capacidades de corriente por el factor de corrección correspondiente en esta tabla		
	60°C <sup>(1)</sup>	75°C <sup>(1)</sup>	90°C <sup>(1)</sup>
21 - 25	1.08	1.05	1.04
26 - 30	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.91	0.94	0.96
36 - 40	0.82	0.88	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.76
56 - 60		0.58	0.71
61 - 70		0.33	0.58
71 - 80			0.41

## ANEXO 10: TIPOS DE CONDUCTOR

Calibre AWG/kCM	TW (60°C) 600 V				Vinanel 2000 <sup>®</sup> (THW-LS/THHW-LS) (90°C 600 V)					
	Corriente Amperes		Diámetro exterior nominal mm <sup>(1)</sup>	Peso kg/km <sup>(2)</sup>	Corriente Amperes				Diámetro exterior nominal mm <sup>(1)</sup>	Peso kg/km <sup>(2)</sup>
	Tubo conduit 1 a 3 conductores	Aire libre (charola) 1 conductor			Tubo conduit 1 a 3 conductores		Aire libre (charola) 1 conductor			
					75°C	90°C	75°C	90°C		
20	3	3	2.1	9	8	10	16	14	2.3	10
18	5	5	2.3	12	12	14	20	18	2.6	13
16	8	8	2.6	17	15	18	25	24	2.9	19
14	20	25	3.2	27	20	25	30	35	3.5	29
12	25	30	3.6	40	25	30	35	40	4.0	43
10	30	40	4.2	60	35	40	50	55	4.6	63
8	40	60	5.6	99	50	55	70	80	6.1	104
6	55	80	7.1	159	65	75	95	105	7.8	168
4	70	105	9.1	252	85	95	125	140	9.0	251
2	95	140	10.6	380	115	130	170	190	10.5	378

## ANEXO 11: TABLA DE FACTORES DE CAÍDA DE TENSIÓN UNITARIA

Calibre AWG/kCM	Sistema			
	Monofásico		Trifásico	
	Tubo conduit <sup>(1)</sup>		Tubo conduit <sup>(1)</sup>	
	Metálico	No metálico	Metálico	No metálico
14	21.54	21.54	18.65	18.65
12	13.56	13.56	11.74	11.74
10	8.52	8.52	7.38	7.38
8	5.36	5.36	4.64	4.64
6	3.37	3.37	2.92	2.92
4	2.12	2.12	1.84	1.84
2	1.35	1.33	1.18	1.16
1/0	0.86	0.84	0.74	0.73
2/0	0.68	0.67	0.59	0.59
3/0	0.55	0.53	0.48	0.47
4/0	0.44	0.42	0.38	0.36
250	0.38	0.36	0.33	0.31
300	0.32	0.30	0.28	0.26
350	0.27	0.26	0.24	0.23
400	0.24	0.22	0.21	0.19
500	0.20	0.18	0.17	0.16
600	0.17	0.15	0.16	0.14
750	0.14	0.12	0.12	0.10
1,000	0.12	0.09	0.10	0.09

(1) Valores válidos para todo tipo de canalización.

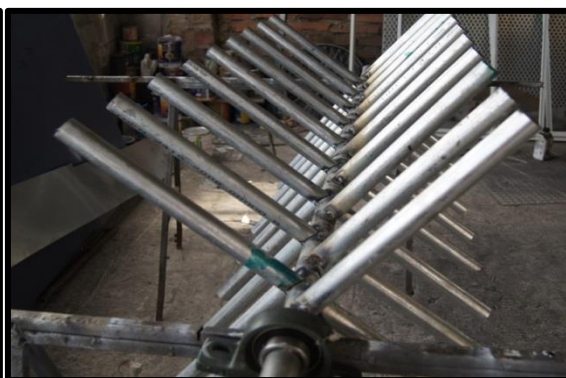
## ANEXO 12: PERIODO DE LUBRICACIÓN EN RODAMIENTOS

Temperatura Temperature	Condizioni d'impiego - Working conditions			Cuscinetto Bearing	Grasso Grease
	Ordinarie Normal	Polvere Dust	Polvere ed umidità Dust and damp		
50°C ➤ 70°C 70°C ➤ 100°C	360/720 giorni/days 360 giorni/days 180 giorni/days	360 giorni/days 120 giorni/days 60 giorni/days	120 giorni/days 30 giorni/days 15 giorni/days	Normale Normal	Litio Lithium
100°C ➤ 120°C 120°C ➤ 150°C	60 giorni/days 15 giorni/days	15 giorni/days 5 giorni/days	5 giorni/days 2 giorni/days	Termoresistente Heat-resistant	Calcio Calcium
150°C ➤ 180°C 180°C ➤ 200°C	7 giorni/days 3 giorni/days	2 giorni/days 1 giorno/days	1 giorno/days 1 giorno/days	Termoresistente Heat-resistant	Speciale Special

## ANEXOS 13: FOTOGRAFÍAS



**SOLDADO DEL EJE CENTRAL**



**EJE CENTRAL DE LAVADO**



**AMOLADO TANQUE DE LAVADO**



**TANQUE DE LAVADO**





**CORTE TANQUE DE LAVADO**



**SEMITOLVA DE ALIMENTACIÓN**



**TANQUE DE LAVADO, EJE CENTRAL, ESTRUCTURA**



**ORIFICIOS TANQUE DE LAVADO**



**RANFLA DE ABASTECIMIENTO Y  
ÁREA DE CORTE**



**CUCHILLA DE CORTE**



**CAJA DE AMANDO**



**SEGURIDADES MOTOR Y  
BANDAS LAVADORA**



**SEGURIDADES MOTOR Y  
BANDAS CORTADORA**

## ANEXO 14: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

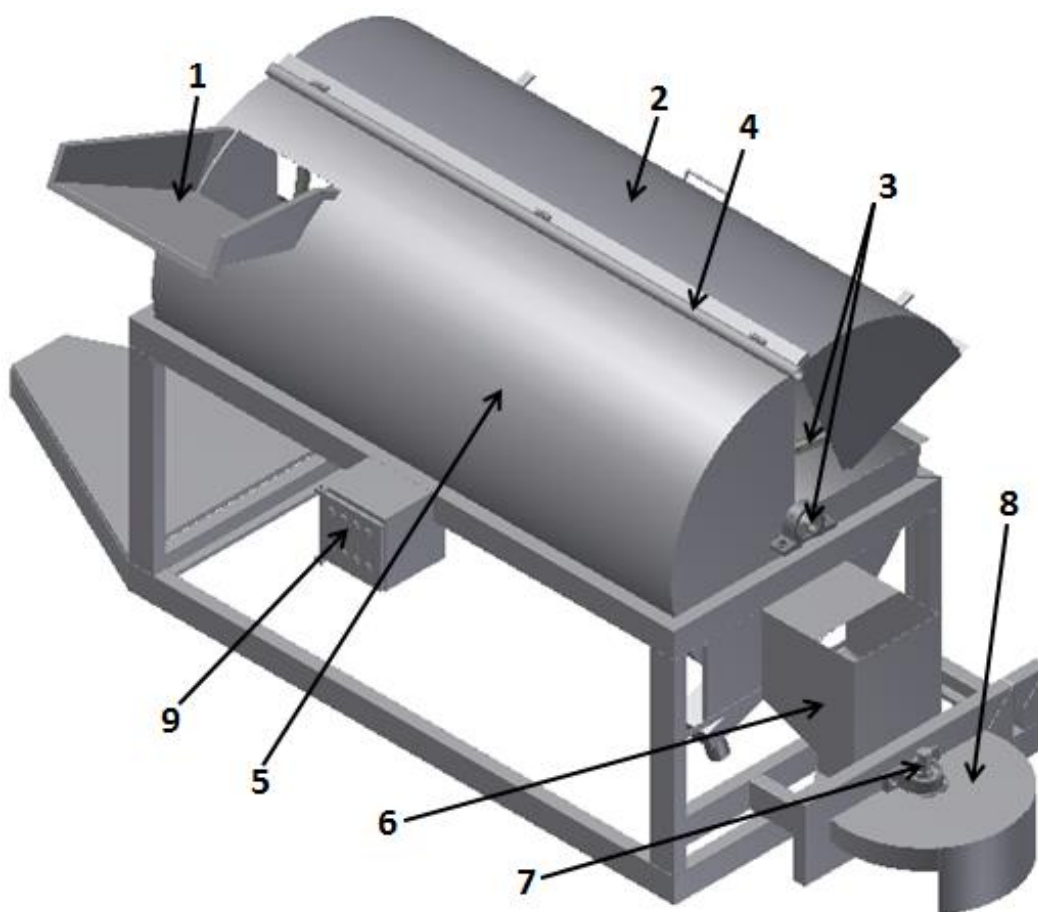
### “MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO DE ZANAHORIA PARA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN LECHERA”

#### MANUAL DE OPERACIÓN

El manual de operación permite conocer las partes constitutivas de la máquina de lavado y cortado de zanahoria, y su adecuado funcionamiento.

En las figuras 1 y 2 se presenta las partes y sus medidas principales de la máquina.

**Figura 1: Partes que Conforman la Máquina de Lavado y Cortado.**



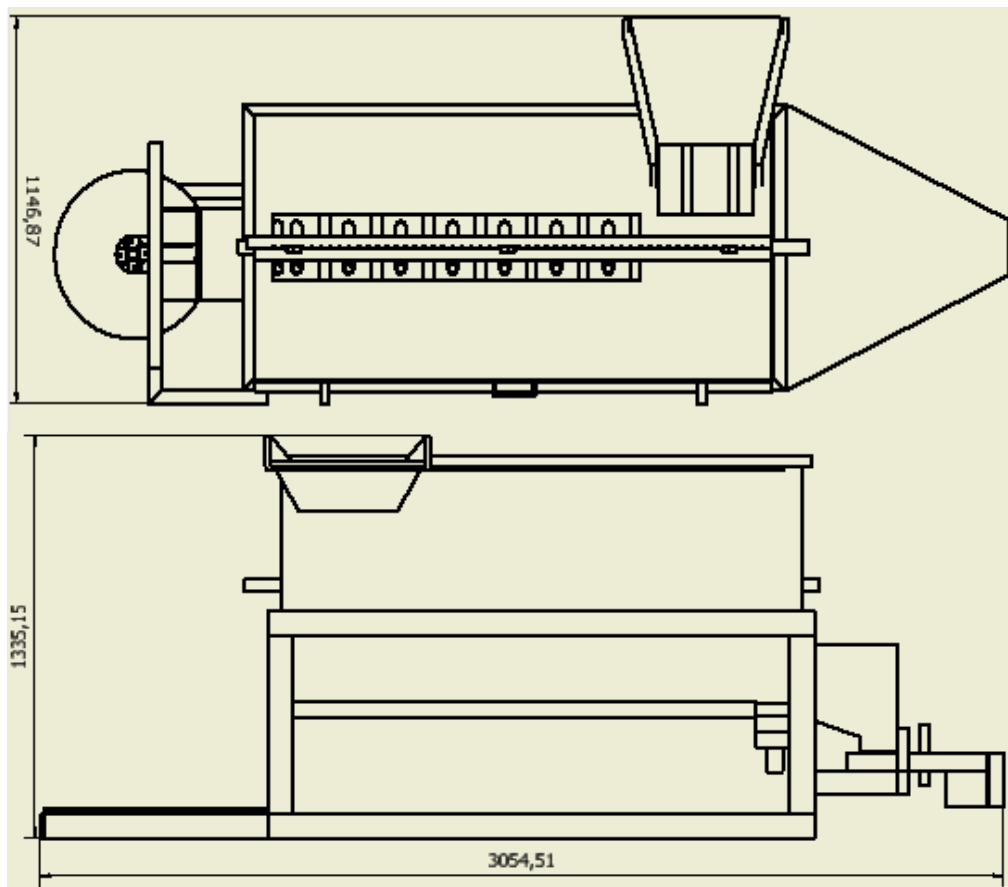
Elaborado: Yandún J.

Donde

- 1: *Semitolva de alimentación.*
- 2: *Tapa tanque de lavado.*
- 3: *Eje central de lavado.*
- 4: *Dotación de agua.*
- 5: *Tanque de lavado.*
- 6: *Ranfla de alimentación cortadora.*
- 7: *Eje cortadora.*
- 8: *Área de cortado.*
- 9: *Caja de mando.*

### Dimensiones de la Máquina

**Figura 2: Dimensiones de la Máquina de Lavado y Cortado.**



Elaborado: José Yandún.

## **Puesta en Marcha**

Para la puesta en marcha de la máquina de lavado y cortado se debe seguir los siguientes pasos:

- 1) Energizar el sistema eléctrico de la máquina, con el botón de llave.
- 2) Dotar de agua a la máquina.
- 3) Encender el motor de lavado y el motor de cortado pulsando el botón de encendido (**ON**) que se encuentra en la caja de mando.
- 4) Cerrar la puerta manual.
- 5) Alimentar a la máquina de lavado y cortado de zanahoria.

Antes de la puesta en marcha hay que verificar algunas condiciones iniciales tales como:

- Realizar el checklist.
- Verificar que el sistema eléctrico de mando este apagado.
- Verificar que la máquina de lavado y cortado no tenga objetos dentro.
- Verificar que todas las partes de la máquina se encuentren correctamente ubicadas y sujetas.

Después del uso de la máquina de lavado y cortado realizar las siguientes acciones:

- Verificar que la máquina se encuentre totalmente apagada con el botón de llave.

## **MANUAL DE MANTENIMIENTO**

Para realizar el mantenimiento de la máquina de lavado y cortado de zanahoria, se inicia con el desmonte de las piezas que la conforman, iniciando por:

### Remoción del Eje de Lavado.

Para el mantenimiento del eje de lavado se inicia con:

- Remoción de las bandas de unión motor - eje
- La apertura de la tapa del tanque de lavado
- Despernado de las chumaceras
- Extracción del eje de lavado

### Remoción del Eje de Cortado y Cuchillas de Corte.

Para el mantenimiento del eje de cortado y cuchillas de corte se inicia con:

- Remoción de las bandas de unión motor - eje
- Despernado de las chumaceras
- Extracción del eje de lavado y cuchillas de corte

Para garantizar la vida útil de los rodamientos, se recomienda realizar la lubricación cada 120 horas con grasa de litio. (Ver Anexo 12)

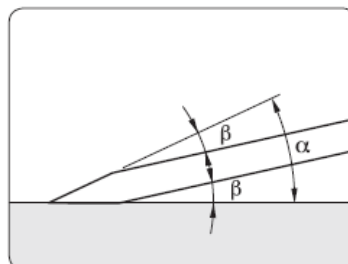
### Mantenimiento de la cuchilla de corte

Para determinar el desgaste en la cuchilla de corte, se considera: la irregularidad que se presenta en su filo y superficie, o por medio del sistema de monitorización del desgaste de la herramienta (SMDH).

Para realizar el afilado de las cuchillas se recomienda tomar en cuenta la siguiente figura, y con un máximo de ancho de 2.5 cm:

Donde

$\alpha = 25^\circ$  y  $\beta = 25^\circ$  (TORMEK AB, 2012)



## CHECKLIST

<b>“MÁQUINA DE LAVADO Y CORTADO DE ZANAHORIA PARA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN LECHERA”</b>		
Lugar:	Fecha:	Hora:
<input type="checkbox"/>	Maquina apagada (Botón con llave).	
<input type="checkbox"/>	Asegurado protector motor lavado.	
<input type="checkbox"/>	Asegurado protector motor cortadora.	
<input type="checkbox"/>	Asegurado tapa de lavado.	
<input type="checkbox"/>	Asegurado tapa de cortado.	

# PLANOS