

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE ZANAHORIA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**GUIDO FERNANDO TITUAÑA CHICAIZA**

**DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS TIPANTA**

**QUITO, JULIO DEL 2007**

## **DECLARACIÓN**

Yo, GUIDO FERNANDO TITUAÑA CHICAIZA declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

GUIDO FERNANDO TITUAÑA CHICAIZA

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que bajo nuestra supervisión, el presente proyecto de titulación fue realizado en su totalidad por el señor GUIDO FERNANDO TITUAÑA CHICAIZA.

---

Ing. JAIME VARGAS T.  
DIRECTOR DEL PROYECTO

---

Ing. JORGE ESCOBAR  
COLABORADOR

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Jaime Vargas por su muy acertada dirección, que a más de ser un profesor demostró ser un gran amigo.

Agradezco al personal docente de mi querida

Facultad, por las sabias enseñanzas que me han brindado así como también a todo su personal administrativo.

Este trabajo es mensajero de mis sinceros agradecimientos a todas las personas que ayudaron a que este proyecto se realice.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico con todo cariño y respeto a mis padres Rosalino Tituaña y Olga Chicaiza quienes depositaron en mí todo su apoyo y confianza. A mi querido hijo Anthony Fernando, quien con su ternura me ayudó a sobreponerme en los momentos difíciles y a toda mi familia por haber depositado en mi su confianza y amor.

## INDICE GENERAL

### CAPÍTULO 1.

#### GENERALIDADES

1.1	ESTUDIO AGRONÓMICO BÁSICO DE LA ZANAHORIA. ....	1
1.2	VARIEDADES CULTIVADAS Y DIMENSIONES TÍPICAS .....	3

### CAPÍTULO 2.

#### ESTUDIO DE CAMPO

2.1	ASPECTOS DEL LAVADO MANUAL .....	4
2.1.1	LAVADO MANUAL DE LA ZANAHORIA.....	4
2.1.2	VARIEDAD .....	8
2.1.3	DIMENSIONES TÍPICAS. ....	8

### CAPÍTULO 3.

#### ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y PROTOCOLO DE PRUEBAS

3.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
3.2	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	10
3.3	PARÁMETROS FUNCIONALES.....	11
3.4	FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	11
3.4.1	ALTERNATIVA 1: LAVADORA TIPO CILINDRO .....	12
3.4.1.1	Descripción de las partes de la lavadora tipo cilindro.....	12
3.4.2	ALTERNATIVA 2: LAVADORA DE CEPILLOS .....	14

3.4.2.1	Descripción de las partes de la lavadora de cepillos.....	15
3.5	SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA .....	16
3.6	PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	18
3.6.1	VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES.....	18
3.6.2	VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES .....	18
3.6.3	TRABAJO EN VACÍO DE LA LAVADORA DE ZANAHORIA. ....	19
3.6.4	TRABAJO CON CARGA DE LA LAVADORA DE ZANAHORIA.....	19

## **CAPÍTULO 4.**

### **DISEÑO DE LA LAVADORA**

4.1	ESTUDIO DE CAMPO PARA DETERMINAR EL TIPO DE CEPILLO.....	21
4.1.1	FORMA DE LOS CEPILLOS PARA EL LAVADO .....	21
4.1.2	MATERIAL DE LOS CEPILLOS DE LAVADO .....	22
4.1.3	ENSAYOS DE LAVABILIDAD Y FREGADO .....	24
4.1.3.1	Ensayos Cepillo “Spazzolone Legno Wooden Scrubber” .....	24
4.1.3.2	Ensayos Cepillo “Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush” .....	28
4.1.3.3	Ensayos Cepillo “Spazzola Bucato C. Manichetto Washing Brush”.....	31
4.1.3.4	Ensayos Cepillo “Spazzola Abiti Setola Bristle Clothes Brush” ....	33
4.2	ESTABLECIMIENTO DE LA FUERZA DE FREGADO .....	36
4.3	DISEÑO DEL TANQUE DE LAVADO .....	39
4.3.1	CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES QUE CONVERGEN A UN MISMO SEGMENTO .....	40
4.3.2	CALCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES PARALELAS.....	46
4.4	DISEÑO TOLVA.....	48
4.5	SELECCIÓN DE LA BANDA DOSIFICADORA .....	52

4.5.1	ESPECIFICACIONES Y DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS RECOLECTORES PARA LA BANDA DOSIFICADORA .....	53
4.5.2	PROCESO DE SELECCIÓN DE LA BANDA DOSIFICADORA .....	54
4.5.2.1	Elección del recorrido de la banda dosificadora .....	54
4.5.2.2	Elección del material adecuado.....	54
4.5.2.3	Selección del paso y método de tracción de la banda dosificadora .....	55
4.5.3	CÁLCULOS PARA LA BANDA DOSIFICADORA.....	55
4.5.3.1	Cálculo de la Resistencia de la banda seleccionada.....	55
4.5.3.2	Cálculo de la resistencia permitida de la banda. ....	60
4.5.3.3	Comparación y condiciones de ABP y ABS .....	61
4.5.4	SELECCIÓN DEL RODILLO .....	61
4.5.5	SELECCIÓN DEL EJE .....	61
4.5.5.1	Verificación de la resistencia del eje seleccionado.....	62
4.5.5.1.1	Cálculo de la deflexión del eje (D). ....	62
4.5.5.1.2	Cálculo del par motor del eje motriz. ....	63
4.5.6	CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ACCIONAMIENTO DE LA BANDA .....	64
4.5.6.1	Cálculo de la Potencia del motor.....	64
4.6	SELECCIÓN DEL TRANSPORTADOR DE EXTRACCION CONTINUA .....	65
4.7	CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR PARA EL SISTEMA DE CEPILLOS Y EL SISTEMA DE EXTRACCION CONTINUA .....	66
4.8	DISEÑO DEL EJE DE ACOUPLE .....	68
4.8.1	CÁLCULO DEL EJE DE ACOUPLE.....	69
4.8.2	CÁLCULO DE LA SOLDADURA.....	71
4.8.2.1	Momento Polar de Inercia de la soldadura .....	72
4.8.2.2	Esfuerzo Cortante de la Soldadura .....	73
4.8.2.3	Factor de seguridad de la soldadura .....	73
4.9	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	74
4.10	SELECCIÓN DE CHUMACERAS.....	76



4.11	SELECCIÓN DE LA CADENA .....	76
4.11.1	CÁLCULO DE LA POTENCIA DE DISEÑO.....	76
4.11.2	SELECCIÓN DEL PASO DE LA CADENA .....	77
4.11.3	CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA.....	77
4.12	CÁLCULO DEL ESPESOR DEL SOPORTE .....	79
4.12.1	CARGA TOTAL QUE AFECTA AL SOPORTE .....	79
4.12.2	ESPESOR DEL SOPORTE .....	80
4.13	SELECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE PERNOS .....	82
4.13.1	PERNOS PARA LA PLACA NIVELADORA.....	82
4.13.2	PERNOS DE ANCLAJE PARA EL SOPORTE.....	86
4.14	DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS.....	88
4.14.1	ESTRUCTURA PARA EL TANQUE DE LAVADO.....	88
4.14.1.1	Carga que soporta la estructura .....	88
4.14.2	ESTRUCTURA PARA LA TOLVA.....	90
4.14.3	ESTRUCTURA PARA LA BANDA DOSIFICADORA.....	91

## **CAPÍTULO 5**

### **CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE**

5.1	GENERALIDADES.....	93
5.2	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	93
5.2.1	REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	94
5.2.1.1	Máquinas y Equipos .....	94
5.2.1.2	Herramientas.....	94
5.2.1.3	Instrumentos de medición y verificación.....	95
5.2.1.4	Resumen de Materia prima .....	95
5.2.1.5	Listado de elementos a construir.....	95
5.3	HOJAS DE PROCESOS .....	95
5.3.1	ETAPAS DE CONTRUCCÓN DE LAS ESTRUCTURAS .....	107

**CAPÍTULO 6.****ANÁLISIS DE COSTOS**

6.1	INTRODUCCIÓN .....	108
6.2	ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS .....	109
6.2.1	COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS .....	109
6.2.2	COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS .....	109
6.2.3	COSTOS DE MAQUINADO .....	110
6.2.4	COSTOS DE MONTAJE .....	111
6.2.5	COSTO DIRECTO TOTAL .....	111
6.3	ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS .....	111
6.3.1	COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS .....	111
6.3.2	COSTOS DE INGENIERÍA .....	112
6.3.3	GASTOS IMPREVISTOS .....	112
6.3.4	COSTO TOTAL INDIRECTO .....	112
6.4	COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA .....	112

**CAPÍTULO 7.****CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1	CONCLUSIONES .....	114
7.2	RECOMENDACIONES .....	115

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>116</b>
---------------------------	------------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>118</b>
---------------------	------------

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1(a)</b>	La zanahoria recién cultivada.....	5
<b>Figura 2.1(b)</b>	Zanahoria ensacada para lavar.....	5
<b>Figura 2.2</b>	Zanahoria regala en un tendal .....	6
<b>Figura 2.3</b>	Rociado de agua .....	7
<b>Figura 2.4(a)</b>	Zanahoria Lavada.....	7
<b>Figura 2.4(b)</b>	Zanahoria empacada.....	7
<b>Figura 2.5</b>	Variedades de zanahorias producidas en el Ecuador .....	8
<b>Figura 2.6</b>	Variedad y dimensiones típicas de la zanahoria para lavar.....	9
<b>Figura 3.1</b>	Partes de la Lavadora tipo Cilindro.....	12
<b>Figura 3.2</b>	Partes de la Lavadora de Cepillos.....	14
<b>Figura 4.1</b>	Forma de los cepillos cilíndricos (FR).....	21
<b>Figura 4.2(a)</b>	Cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber .....	22
<b>Figura 4.2(b)</b>	Cepillo Spazzola Bucato Manichetto Washing Brush .....	23
<b>Figura 4.2(c)</b>	Cepillo Spazzola Abiti Setola Bristle Clothes Brush.....	23
<b>Figura 4.2(d)</b>	Cepillo Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush .....	23
<b>Figura 4.3(a)</b>	Zanahoria lavada luego de 6 horas de cosechada con el cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber .....	25
<b>Figura 4.3(b)</b>	Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada con el cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber .....	25
<b>Figura 4.3(c)</b>	Zanahoria lavada luego de 22 horas de cosechada con el cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber .....	25
<b>Figura 4.4</b>	Resultados a distintos tiempos de fregado con el cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber .....	27
<b>Figura 4.5(a)</b>	Zanahoria lavada luego de 6 horas de cosechada con el cepillo Cepillo Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush.....	28
<b>Figura 4.5(b)</b>	Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada con el cepillo Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush.....	28
<b>Figura 4.5(c)</b>	Zanahoria lavada luego de 22 horas de cosechada con el cepillo Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush.....	29
<b>Figura 4.6</b>	Resultados a distintos tiempos de fregado con el cepillo	

	Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush .....	30
<b>Figura 4.7(a)</b>	Zanahoria lavada luego de 6 horas de cosechada con el cepillo Spazzola Bucato Manichetto Washing Brush .....	31
<b>Figura 4.7(b)</b>	Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada con el cepillo Spazzola Bucato Manichetto Washing Brush .....	31
<b>Figura 4.7(c)</b>	Zanahoria lavada luego de 22 horas de cosechada con el cepillo Spazzola Bucato Manichetto Washing Brush .....	32
<b>Figura 4.8(a)</b>	Zanahoria lavada luego de 6 horas de cosechada con el cepillo Abiti Setola Bristle Clothes Brush.....	33
<b>Figura 4.8(b)</b>	Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada con el cepillo Abiti Setola Bristle Clothes Brush.....	33
<b>Figura 4.8(c)</b>	Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada con el cepillo Abiti Setola Bristle Clothes Brush.....	34
<b>Figura 4.9(a)</b>	Ubicación de los cepillos en la lavadora.....	35
<b>Figura 4.9(b)</b>	Movimiento de los cepillos .....	35
<b>Figura 4.10</b>	Cepillo con el dinamómetro .....	36
<b>Figura 4.11(a)</b>	Prueba para determinar la fuerza de fregado, primera pasada ...	37
<b>Figura 4.11(b)</b>	Prueba para determinar la fuerza de fregado, primera pasada ...	37
<b>Figura 4.11(c)</b>	Prueba para determinar la fuerza de fregado, primera pasada ...	37
<b>Figura 4.12</b>	Geometría del tanque de lavado.....	39
<b>Figura 4.13</b>	Medidas de las paredes triangulares paralelas.....	39
<b>Figura 4.14</b>	Geometría del tanque con los arriostramientos.....	40
<b>Figura 4.15(a)</b>	Distribución de carga sobre la pared y consideración de arriostramientos para las paredes triangulares.....	41
<b>Figura 4.15(b)</b>	Sustitución empotramiento y soportes.....	41
<b>Figura 4.16</b>	Carga que soporta la pared.....	43
<b>Figura 4.17</b>	Consideración de la viga de espesor unitario para el Sx-x.....	44
<b>Figura 4.18(a)</b>	Distribución de carga sobre la pared y consideración de arriostramientos para las paredes paralelas.....	46
<b>Figura 4.18(b)</b>	Sustitución empotramiento y soportes.....	47
<b>Figura 4.19</b>	Geometría de la Tolva: Paredes que la conforman.....	49
<b>Figura 4.20(a)</b>	Distribución de carga sobre la pared.....	49
<b>Figura 4.20(b)</b>	Sustitución empotramiento y soportes.....	50

<b>Figura 4.21</b>	Carga que soporta la pared.....	51
<b>Figura 4.22</b>	Banda transportadora con recogedores (Normalizada).....	52
<b>Figura 4.23</b>	Banda transportadora con recogedores (Diseño).....	53
<b>Figura 4.24</b>	Esquema CEPILLO - EJE DE ACOPLA.....	68
<b>Figura 4.25(a)</b>	Esfuerzos en la soldadura PLACA-EJE.....	71
<b>Figura 4.25(b)</b>	Esquema de la soldadura PLACA-EJE.....	72
<b>Figura 4.26</b>	Esquema del soporte.....	79

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b>	Criterio de comparación y códigos de equivalencia.....	17
<b>Tabla 3.2</b>	Evaluación de la mejor alternativa.....	17
<b>Tabla 3.3</b>	Verificación de las dimensiones principales.....	18
<b>Tabla 3.4</b>	Verificación de los componentes principales.....	19
<b>Tabla 3.5</b>	Trabajo en vacío de la lavadora de zanahoria.....	19
<b>Tabla 3.6</b>	Trabajo con carga de la máquina.....	20
<b>Tabla 4.1</b>	Resultados Spazzolone Legno Wooden Scrubber considerando el tiempo de fregado constante.....	26
<b>Tabla 4.2</b>	Resultados Spazzolone Legno Wooden Scrubber, considerando el tiempo de fregado variable.....	27
<b>Tabla 4.3</b>	Resultados Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush considerando el tiempo de fregado constante.....	29
<b>Tabla 4.4</b>	Resultados Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush considerando el tiempo de fregado variable.....	30
<b>Tabla 4.5</b>	Resultados Spazzola Bucato Manichetto Washing Brush considerando el tiempo de fregado constante.....	32
<b>Tabla 4.6</b>	Resultados Spazzola Abiti Setola Bristle Clothes Brush.....	34
<b>Tabla 4.7</b>	Valores de la Fuerza de Fregado.....	38
<b>Tabla 4.8</b>	Distancia entre centros en función del Paso de la cadena.....	78
<b>Tabla 6.1</b>	Costos de materiales directos.....	109
<b>Tabla 6.2</b>	Costos de elementos Normalizados.....	110
<b>Tabla 6.3</b>	Costos de maquinado.....	110
<b>Tabla 6.4</b>	Costos Directo Total.....	111
<b>Tabla 6.5</b>	Costos de materiales Indirectos.....	111
<b>Tabla 6.6</b>	Costos Total Indirecto.....	112
<b>Tabla 6.7</b>	Costo Total de la máquina.....	113

## INDICE DE ANEXOS

- ANEXO I** Características y especificaciones de los cepillos para las pruebas de campo
- ANEXO II** Cálculos en el programa SAP 2000 del Tanque y Tolva
- ANEXO III** Bandas Transportadoras
- ANEXO IV** Selección de Rodamientos y Chumaceras
- ANEXO V** Cadenas
- ANEXO VI** Cálculos en el programa SAP 2000 de las Estructuras
- ANEXO VII** Formato pruebas de campo
- ANEXO VIII** Planos de Taller y de Montaje

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación aborda el Diseño de una lavadora de zanahoria.

En la actualidad, la producción y comercialización de esta hortaliza se halla en aumento. Un punto crucial dentro de la cadena de poscosecha es el correspondiente proceso de lavado, dado que el producto cosechado se halla cubierto de tierras.

Las lavadoras de zanahoria existentes en el comercio son importadas y de elevado costo, debido a que son máquinas de alta capacidad para utilizarse en grandes zonas productivas, por lo que se hace necesario que las universidades elaboren una propuesta para resolver la necesidad del pequeño agricultor.

El presente Proyecto se encuentra desarrollado en siete capítulos que contienen:

**CAPITULO 1.** Estudio agronómico básico de la zanahoria. En este capítulo se estudian brevemente aspectos teóricos tales como: información general de la zanahoria, origen, tipos de zanahorias, requerimientos climáticos, variedades cultivadas y dimensiones típicas.

**CAPITULO 2.** Estudio de campo. En este capítulo se determinan los parámetros de diseño como: Capacidad de lavado, tipos de zanahorias que se lavan, tiempo entre cosecha y lavado, características del lavado manual.

**CAPITULO 3.** Análisis y selección de alternativas. Para el estudio de alternativas se establecen dos propuestas y a partir del análisis de las características de cada una de ellas, se escoge la mejor alternativa.

**CAPITULO IV.** Diseño de la lavadora. En este capítulo se desarrolla el diseño de la lavadora, utilizando fórmulas y recomendaciones de distintos autores.



Se desarrollan tres aspectos importantes en el diseño de la lavadora. El primer aspecto trata sobre las características de la lavadora. El segundo trata los distintos elementos mecánicos que conforman la lavadora. El tercer aspecto consiste en las estructuras soportantes para toda la lavadora.

**CAPITULO V.** Construcción y Montaje. En este capítulo se detallan procesos de fabricación de cada una de las partes que forman la máquina. También se presenta la secuencia de montaje de los elementos componentes del prototipo para su posterior construcción.

**CAPITULO VI.** Costos. En este capítulo se determina el costo final de la lavadora en el que intervienen: Costos Directos y Costos Indirectos

**CAPITULO VII.** Conclusiones y Recomendaciones. En este capítulo se extrae las observaciones principales del desarrollo del diseño sobre el trabajo realizado.

## PRESENTACIÓN

En la actualidad las frutas, hortalizas y tubérculos conforman una parte cada vez más importante de la producción agrícola nacional. La zanahoria es uno de los cultivos que se halla dentro de este crecimiento.

La limpieza para eliminar restos de tierra, insectos y otros elementos extraños, especialmente en tubérculos y raíces, se la realiza mediante el lavado con abundante agua, que remueve las sustancias adheridas a su corteza. El lavado actual en las fincas agrícolas es manual y solo las empresas comercializadoras grandes poseen lavado mecánico, por lo que el precio que pagan al producto sin lavar es bajo.

Por la anterior razón el presente Proyecto de Titulación enfoca el diseño de una lavadora de zanahoria, de alta calidad y costo asequible para pequeños productores agrícolas.

Para el desarrollo de este trabajo se realiza el correspondiente estudio agrícola de campo, así como pruebas físicas para determinar parámetros como fuerza de cepillado, tipo de cepillo, etc. A continuación se realiza el diseño de la alternativa seleccionada, aplicando todos los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica.

Una posterior construcción de la máquina no presenta mayores inconvenientes, ya que este proyecto proporciona la información necesaria para la fabricación de cada uno de los elementos constitutivos y su respectivo montaje.

# **CAPÍTULO 1.**

## **FUNDAMENTOS**

### **1.1 ESTUDIO AGRONÓMICO BÁSICO DE LA ZANAHORIA.**

La zanahoria es una hortaliza cultivada y consumida desde la antigüedad, cuyo origen se halla en el Asia Central y el mediterráneo. Pertenece a la familia de las Umbelliferae y cuyo nombre científico es *Daucus carota*.

Su color naranja se debe a las selecciones ocurridas a mediados de 1700 en Holanda, con un aporte de gran cantidad de caroteo, el pigmento causante del color y que es la base del material vegetal actual.

Es una planta bastante rústica, aunque tiene preferencia por los climas templados. La temperatura mínima de crecimiento está alrededor de los 9 °C y para un crecimiento óptimo, la temperatura puede estar entre los 16 y 18 °C.

Esta hortaliza prefiere los suelos arcillos-calizos, aireados, frescos y ricos en materia orgánica bien descompuesta. El pH puede estar comprendido entre 5,8 y 7. Los terrenos compactos y pesados originan raíces fibrosas, de menor peso y longitud, incrementando además el riesgo de podredumbre. Los suelos pedregosos originan raíces deformes o bifurcadas y los suelos con excesivos residuos orgánicos dan lugar a raíces acorchadas.

La recolección se efectúa antes de que la raíz alcance su completo desarrollo (hasta 50 mm. de diámetro según sean destinadas para conserva o para su consumo en fresco). Las operaciones de recolección son el arrancado, la limpieza, el corte del follaje si es preciso y la recogida. En estas condiciones la hortaliza se halla recubierta en gran parte por tierra y requiere de un lavado para su ulterior beneficio antes de llegar al consumidor final.

El período entre siembra y recolección cambia según las variedades, el uso final del producto y la época del año, siendo en general un intervalo de 6 a 7 meses.

El cultivo de la zanahoria ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años, tanto en superficie cultivada como en productividad, ya que se trata de una de las hortalizas más producidas en el mundo, siendo China el mayor productor seguido por Estados Unidos y Rusia.

En el Ecuador su siembra al "voleo" se realiza prácticamente durante todo el año y es un cultivo bastante exigente, sobretodo por los riegos necesarios en verano.

Por la variedad de climas que posee el Ecuador, la zanahoria se ha desarrollado en la parte Sierra, presentando esta región las condiciones más favorables para el crecimiento y desarrollo de esta planta, obteniendo zanahorias con excelente calidad.

En el 2004 se cosecharon en el país 28.136 toneladas. Las provincias de Pichincha, Cañar, Chimborazo y Cotopaxi son las mayores productoras, donde Chimborazo es la que más aportó al mercado nacional con 1350 hectáreas cosechadas.

Un estudio de campo a los campesinos de las zonas de Nar, La Posta, Chuichum y Quilloguac ubicadas en la provincia del Cañar y dedicados al cultivo de la zanahoria, determina que "el lavado manual es duro y que los comercializadores a pesar de ello no pagan un buen precio" y que requieren de ayuda tecnológica para realizar el lavado. De manera similar se pronuncian los agricultores de la zona del Cantón Mejía en la provincia de Pichincha.

## 1.2 VARIEDADES CULTIVADAS Y DIMENSIONES TÍPICAS

Las variedades que se cultivan más 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 bajío. (aproximadamente 2500 m 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:** Tiene buenas características en el bajío y en el alto pero mejor rendimiento en el alto. (pasado los 3000 m 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: <sup>(1)</sup>

- **Zanahorias grandes**, destinadas fundamentalmente para extraer su jugo, sus medidas son : diámetro de 7 - 8 cm y largo de 15 - 18 cm
- **Zanahorias finas**, lavadas y en manojos, para uso industrial. Empleándose para ello variedades de tamaño alargado, que permiten 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.

<sup>1</sup>Dimensiones establecidas por Ministerio de Agricultura y Ganadería

## **CAPÍTULO 2.**

### **ESTUDIO DE CAMPO.**

Para realizar el diseño de la lavadora de zanahoria, tema del presente proyecto, se deben establecer sus parámetros de diseño. Para ello es necesario primero, realizar un estudio agronómico de campo para conocer entre otros aspectos el proceso de lavado manual, el tipo de zanahoria mayormente cultivada en la región interandina y las dimensiones típicas de esta hortaliza.

Del estudio anterior se desprenden varios parámetros de diseño que se complementan con la capacidad solicitada para el presente prototipo.

### **1.3 ASPECTOS DEL LAVADO MANUAL**

#### **1.3.1 LAVADO MANUAL DE LA ZANAHORIA**

De acuerdo con una entrevista a un productor de zanahoria en el Cantón Mejía, específicamente en la zona de Romerillos, el mencionado productor asegura que la zanahoria una vez cultivada permanece de 5 a 6 horas hasta ser lavada. Se requiere este tiempo para poder reunir la cantidad de zanahoria que ellos necesitan para lavar. Las Figuras 2.1 (a) y 2.1 (b) ilustran respectivamente los estados del cultivo y del ensacado desde que se inicia la cosecha de la zanahoria hasta que se tiene la cantidad necesaria para lavar.



**Figura 2.1 (a) La zanahoria recién cultivada**



**Figura 2.1 (b) Zanahoria ensacada para lavar**

Según el mismo productor y de otras visitas de campo realizadas dentro del trabajo del presente Proyecto, la mayoría de agricultores cultivan la zanahoria un día y la lavan al día siguiente, es decir, la zanahoria permanece de 15 a 24 horas entre cosecha y lavado, tiempo en el que la dureza de la tierra e impurezas aumenta.

Una vez que se tiene la cantidad de zanahoria necesaria para lavar, se la agrupa en el tendal como muestra la Figura 2.2



**Figura 2.2 Zanahoria regada en el tendal**

Una vez que se agrupa la zanahoria los agricultores empiezan a moverla fuertemente con sus pies para crear un rozamiento entre ellas y así despojarlas de la tierra. En esta parte se requiere abundante agua (Ver Figura 2.3)



**Figura 2.3 Rociado de agua**



Transcurrida aproximadamente una hora del proceso de lavado manual, la zanahoria está lista para ser empacada. Las Figuras 2.4 (a) y 2.4 (b) ilustran respectivamente la zanahoria lavada y la zanahoria ensacada para la venta.



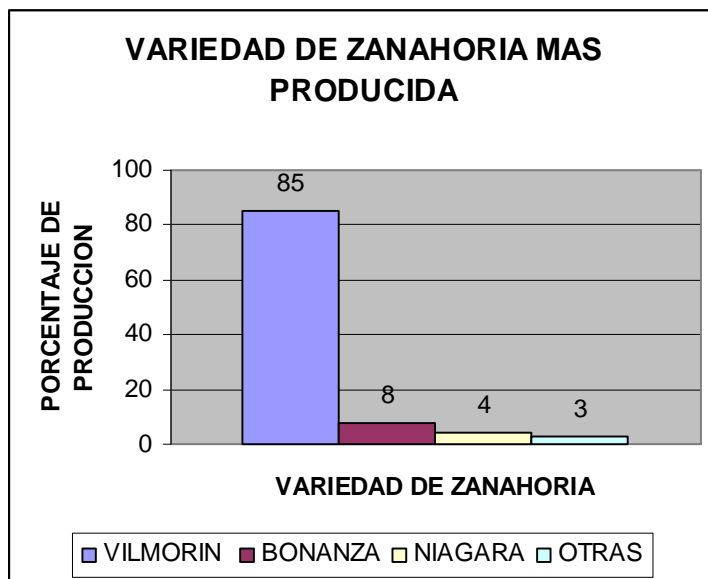
**Figura 2.4 (a) Zanahoria Lavada**



**Figura 2.4 (b) Zanahoria empacada**

### 1.3.2 VARIEDAD

Para determinar la variedad zanahoria que mayoritariamente se cultiva en el Ecuador se realiza un estudio de campo en las zonas de Cañar, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, ya que éstas son las provincias de mayor producción de zanahoria, los datos del estudio de campo se muestra en la Figura 2.5



**Figura 2.5 Variedades de zanahorias producidas en el Ecuador**

Del análisis de la Figura 2.5, se concluye que la variedad más cultivada (y por lo tanto a ser lavada) es la Vilmorín.

### 1.3.3 DIMENSIONES TÍPICAS.

Para determinar las dimensiones típicas se realizan varias visitas a fincas productoras de zanahoria y se confirma que sus dimensiones promedio son:

- Diámetro de la corona entre 4 y 6 cm.
- Largo entre 12 y 16 cm.

La Figura 2.6 muestra las dimensiones típicas de la zanahoria para lavar.

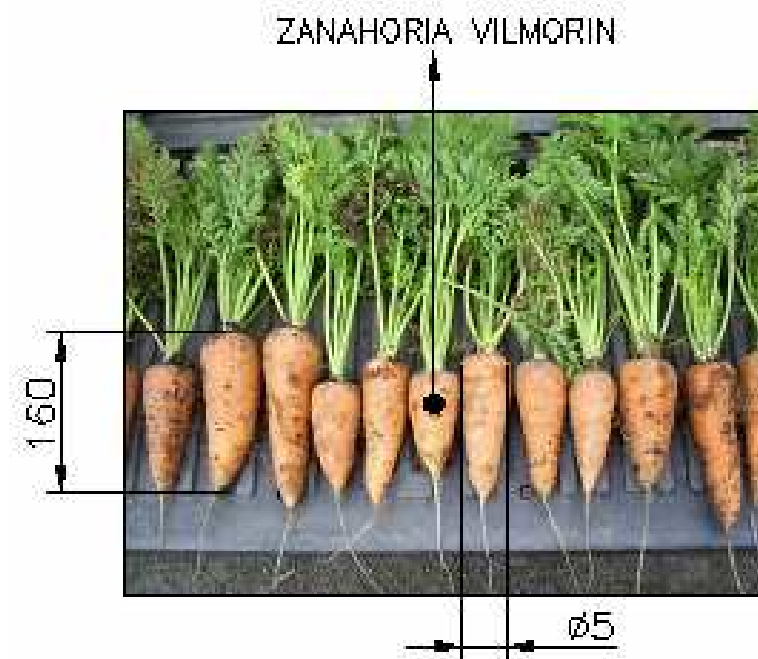


Figura 2.6. Variedad y dimensiones típicas de la zanahorias para lavar

## **CAPÍTULO 3.**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y PROTOCOLO DE PRUEBAS**

#### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad el lavado de zanahoria es un proceso netamente manual en el que se utiliza mucho tiempo, el mismo que al disminuirse utilizando un proceso mecánico, redonda en tiempo que pueden dedicarse en mejorar otra etapa del beneficio, tal como la clasificación.

El presente proyecto pretende solucionar el pedido del pequeño agricultor para dotarle de ayuda tecnológica para el duro lavado manual, mejorando la calidad del producto y disminuyendo los respectivos costos.

#### **1.5 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para determinar los parámetros de diseño se parte del pedido puntual de un pequeño productor de zanahoria, el mismo que requiere de una lavadora con una capacidad aproximada de 1360 kg/h. (30 quintales). Parámetros adicionales de diseño son la variedad y el tamaño de la hortaliza, los mismos que se obtienen del trabajo de campo realizado, quedando por lo tanto definidos los siguientes parámetros:

- Capacidad de la lavadora de zanahoria: 1360 kg/h.
- Variedad: Vilmorin
- El largo y diámetro de la corona de la zanahoria son 14 mm y 6 mm respectivamente en promedio

Adicionalmente, como se anota en el capítulo anterior, el tiempo entre cosecha y lavado varia desde 7 hasta 24 horas. Este dato es importante por cuanto las impurezas a remover se vuelven mas compactas, característica que no debe perderse de vista para realizar el correspondiente diseño

## **1.6 PARÁMETROS FUNCIONALES**

Un adecuado diseño debe satisfacer los requerimientos funcionales, es decir, la máquina lavadora de zanahoria debe cumplir la función para la cual es diseñada.

Entre los principales requerimientos funcionales se tiene:

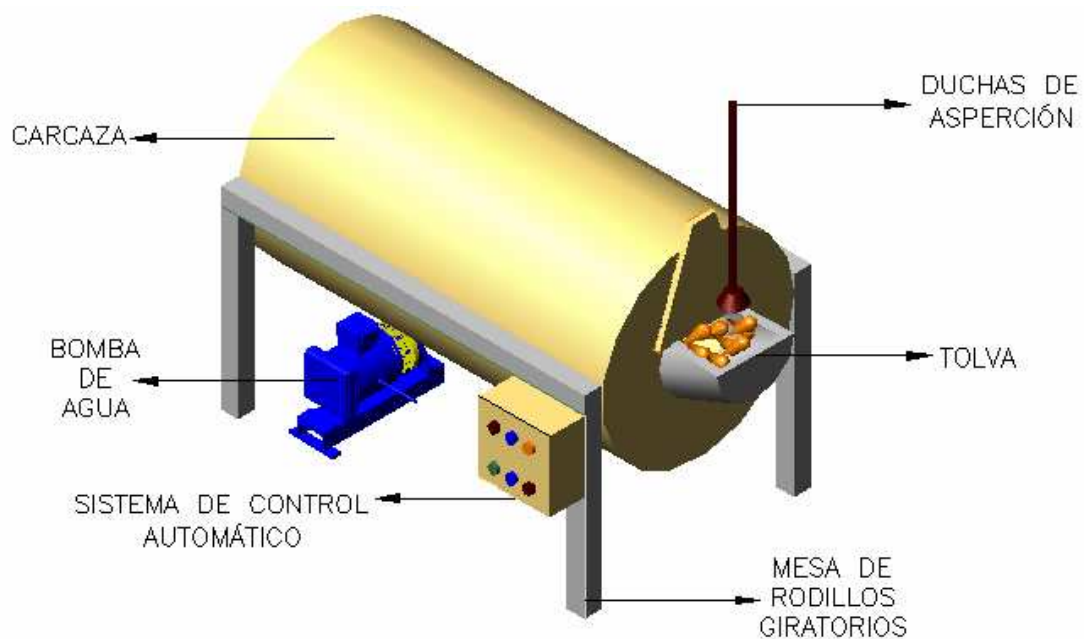
- La máquina debe lavar zanahoria de forma continua.
- Dado que la zanahoria es un alimento, los materiales que se escojan deben cumplir con las normas establecidas para alimentos.
- La máquina lavadora de zanahoria debe ser de fácil operación, montaje, desmontaje y que el mantenimiento de las partes pueda realizarse con comodidad y rapidez.
- Las dimensiones de la máquina no deben superar los 8000 mm de largo, los 1500 mm de ancho y la altura 5000 mm, por pedido expreso del productor de zanahoria.

## **1.7 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Las alternativas que se plantean a continuación son el resultado de algunas ideas originadas en el estudio de campo y se hallan determinadas en base a los parámetros de diseño y funcionales antes anotados.

### 1.7.1 ALTERNATIVA 1: LAVADORA TIPO CILINDRO

La Lavadora de zanahoria tipo Cilindro dispone de un cilindro horizontal, el mismo que al girar produce el lavado por un fuerte rozamiento entre las hortalizas. En la figura 3.1 se presenta un esquema con las partes que conforman la lavadora tipo cilindro. Esta máquina trabaja en paradas.



**Figura 3.1 Partes de la Lavadora tipo Cilindro**

#### 1.7.1.1 Descripción de las partes de la lavadora tipo cilindro

- **Tolva:** La zanahoria se descarga en una tolva, la misma que realiza la recepción de productos.
- **Duchas de aspersión:** Consiste en duchas de agua para ablandar la tierra y otros elementos adheridos en el producto, esto facilitará el posterior lavado del producto.

- **Cañerías y Picos Aspersores:** Esta lavadora dispone de una cañería y picos aspersores generando un profundo lavado se encuentran en el interior del tanque.
- **Mesa de Rodillos Giratorios:** Esta lavadora consta de una mesa de rodillos giratorios, que le posibilita lograr una mejor inspección y distribución del producto; al tiempo que permite una alimentación continua y homogénea. Esta también sirve como estructura
- **Bomba de Agua:** Este tipo de lavadora incluye una bomba de agua para el sistema de aspersión, esta bomba sirve para lavar el producto
- **Carcaza:** Es la estructura del cilindro en sí, en esta se acoplan los distintos elementos que se colocan en el interior del tanque.
- **Sistema de Control Automático:** Esta lavadora dispone de un tablero eléctrico con variador de velocidad.

### **Ventajas**

- El lavado de la zanahoria es de buena calidad.
- Permite trabajar con rapidez.
- El equipo por tener dispositivos electrónicos tiene una buena eficiencia.
- No existen tiempos muertos en el proceso de lavado.

### **Desventajas.**

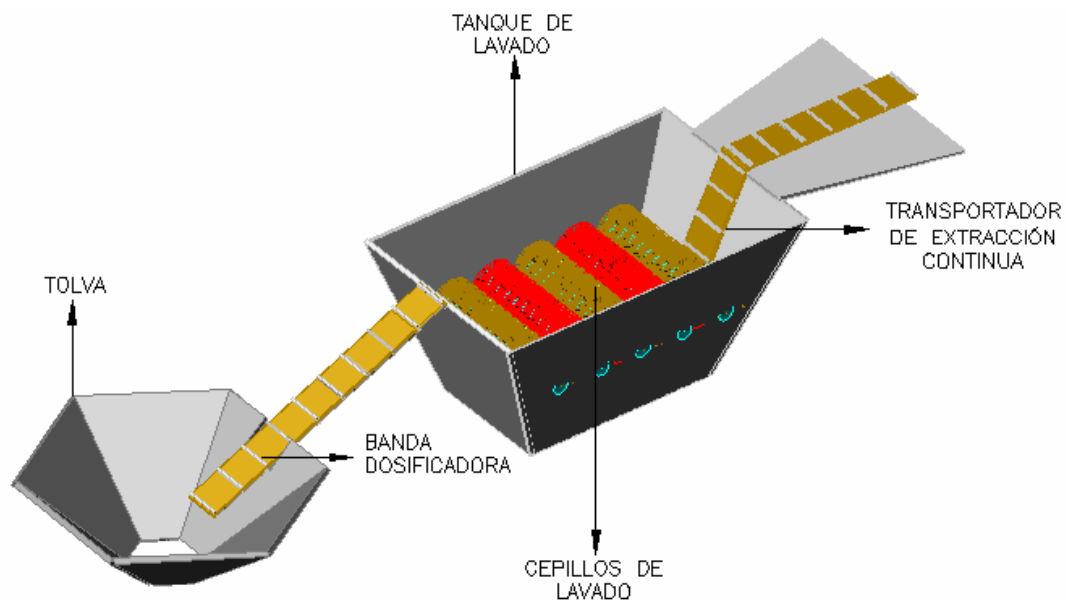
- No trabaja en forma continua
- Si el tiempo de lavado es mayor que el necesario la fricción origina daños en la corteza, reduciendo la calidad del producto. Por lo que este tipo de maquinas deben tener un buen sistema de control automático.

- La tierra que se desprende al momento del lavado y al no ser evacuada oportunamente actúa como elemento abrasivo disminuyendo la calidad de la zanahoria.
- Por tener superficies cerradas la construcción presenta dificultades.
- Su costo es alto por los elementos que posee.
- Presenta dificultades al momento de realizar la limpieza.

### 1.7.2 ALTERNATIVA 2: LAVADORA DE CEPILLOS

La lavadora de Cepillos posee una tolva para la recepción del producto, de donde se dosifica el producto a lavarse al tanque de lavado mediante una banda dosificadora con recogedores, en el tanque se tienen cepillos distribuidos, los mismos que hacen la operación de fregado. Cuando el producto está lavado sale del tanque mediante una banda de extracción continua, quedando lista para la comercialización.

La lavadora de cepillos está conformada por algunas partes tal como se muestran en la Figura N° 3.2



**Figura 3.2 Partes de la Lavadora de Cepillos**



### 1.7.2.1 Descripción de las partes de la lavadora de cepillos

- **Tolva:** La tolva es el primer recipiente en el que se deposita la zanahoria. Aquí esta se acumula en proporciones iguales y en tiempos iguales para su posterior distribución al tanque de lavado
- **Estructura:** La misma que sirve para soportar el tanque, también hay otra estructura que soporta la tolva y la banda dosificadora.
- **Banda dosificadora:** La banda transportadora dosificadora, se encarga de llevar la zanahoria hacia el tanque de lavado, en la banda transportadora se tiene divisiones (recogedores) que sirven para que la zanahoria no resbale. La banda transportadora empieza desde la parte inferior de la tolva esto garantiza una alimentación continua.
- **Cepillos:** Consisten en cilindros delgados provistos de cerdas en su periferia. Los cepillos se diseñan especialmente para responder a las condiciones específicas de cada producto, de cada planta y de cada suelo.
- **Tanque de lavado:** En este tanque se realiza la operación de lavado, este está lleno permanentemente casi en su totalidad. Este tanque tiene un desagüe en su parte inferior para realizar la limpieza cuando se termine el lavado.
- **Motores:** La máquina usa un motor con sistema de transmisión para hacer girar la banda transportadora y otro para girar los cepillos
- **Banda transportadora de extracción continua:** Esta banda sirve para sacar las zanahorias del tanque de lavado, está ubicada en una forma diferente respecto a la banda ubicada en la tolva.

## **Ventajas**

- Lavado de excelente calidad ya que los cepillos al ser flexibles entran en todas las cavidades que conforman la hortaliza.
- No requieren de mucha agua.
- Puede ser directamente empacado.
- El fruto no es maltratado por abrasión, dado que las impurezas se decantan por gravedad.
- Es de fácil operación y limpieza.
- Fácil construcción y mantenimiento

## **Desventajas:**

- Necesita de un espacio físico mayor.
- Requiere de sistemas de transmisión lo que redundaría en pérdida de potencia.
- Es necesario de un cambio periódico de cepillos.
- Se debe tener cuidado en la alineación de los sistemas de transmisión.

## **1.8 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA**

Para seleccionar la alternativa adecuada, se analizan las ventajas y desventajas de cada una de ellas comparándolas y clasificándolas de acuerdo a su importancia. Este análisis se realiza utilizando diferentes criterios de comparación y considerando cuál es la máquina que cumple con los requerimientos para satisfacer las necesidades y exigencias de este diseño.

Los criterios de comparación más importantes con los cuales se valoran a las dos alternativas planteadas anteriormente, se indican en la Tabla 3.1

**Tabla 3.1 Criterios de comparación y códigos de equivalencia**

CRITERIO DE COMPARACIÓN	DESIGNACIÓN	CODIGO DE EQUIVALENCIA		
		10	5	1
Facilidad de mantenimiento.	A	Fácil	Normal	Difícil
Rapidez de lavado.	B	Rápido	Normal	Lento
Calidad del lavado.	C	Bien lavado	-----	Mal lavado
Facilidad de construcción.	D	Fácil	Normal	Difícil
Facilidad de montaje y desmontaje.	E	Fácil	Normal	Difícil
Tamaño.	F	Pequeña	Normal	Grande
Peso.	G	Pesada	Normal	Liviana
Costo.	H	Económica	Normal	Costosa

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

El sistema de valoración en la Tabla 3.2 se basa en el peso de cada criterio de comparación multiplicado por un factor de ponderación que dependiendo de la importancia y factibilidad se le asigna un valor de 1 a 5, éste aumenta dependiendo la importancia de cada criterio.

**Tabla 3.2 Evaluación de la mejor alternativa**

CRITERIO DE COMPARACIÓN	CALIFICACIÓN		FACTOR DE PONDERACIÓN	RESULTADO	
	ALTER. 1	ALTER. 2		ALTER. 1	ALTER. 2
A	5	10	3	15	30
B	5	10	3	15	30
C	10	10	2	20	20
D	1	10	4	4	40
E	5	5	2	10	10
F	10	5	1	10	5
G	5	10	1	5	10
H	1	10	5	5	50
<b>TOTAL</b>				84	195
<b>ORDEN DE PREFERENCIA</b>				<b>2º</b>	<b>1º</b>

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 3.2, la alternativa a diseñar que más se ajusta a las necesidades y a los requerimientos del presente proyecto es la ALTERNATIVA 2: Lavadora de cepillos.

## 1.9 PROTOCOLO DE PRUEBAS.

Una vez que se construya la máquina lavadora de zanahoria se debe realizar una serie de pruebas que verifiquen su funcionamiento. Estas pruebas se detallan en un protocolo de pruebas que verifica los siguientes aspectos:

- Control de dimensiones
- Pruebas de funcionamiento en Vacío
- Prueba de funcionamiento con carga
- Capacidad
- Velocidad de lavado
- Inspección visual de juntas empernadas

### 1.9.1 VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

Realizar las mediciones necesarias en la lavadora de zanahoria construida para comparar con las dimensiones de la lavadora diseñada.

**Tabla 3.3 Verificación de las dimensiones principales**

DIMENSIONES PRINCIPALES				
DIMENSION	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			SI	NO
Largo Total [mm]				
Ancho Total[mm]				
Altura Total[mm]				

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

### 1.9.2 VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

Se debe verificar varios componentes que por su importancia en el funcionamiento, requieren ser probados antes de iniciar el trabajo.

**Tabla 3.4 Verificación de los componentes principales**

VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES			
ELEMENTO	FUNCIONAMIENTO		
	Bueno	Regular	Malo
Motoreductor			
Banda Dosificadora			
Transportador de Extracción Continua			
Rodillos			

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

### 1.9.3 TRABAJO EN VACÍO DE LA LAVADORA DE ZANAHORIA.

En esta prueba se verifica el normal funcionamiento de la lavadora de zanahoria sin carga es decir sin zanahorias.

**Tabla 3.5 Trabajo en vacío de la lavadora de zanahoria**

SISTEMA O ELEMENTO										
TIEMPO [min]	Banda Dosificadora		Transportador de extracción continua		Motoreductor 1		Motoreductor 2		Sistema de Cepillos	
	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla
5										
10										
15										
20										
25										

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

### 1.9.4 TRABAJO CON CARGA DE LA LAVADORA DE ZANAHORIA

En esta prueba se verifica la capacidad y calidad de lavado de la máquina

### 3.6 Trabajo con carga de la lavadora

LAVADO DE ZANAHORIA			
Tiempo [min]	Calidad de Lavado		Capacidad de lavado [kg/min]
	Buena	Mala	
5			
10			
15			
20			
25			

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

El protocolo de pruebas para este prototipo se muestra en el Anexo VII

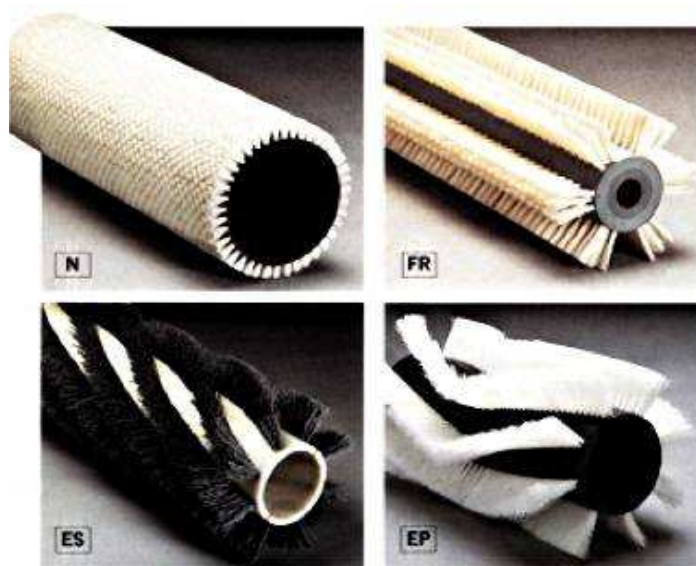
## CAPÍTULO 4.

### DISEÑO DE LA LAVADORA

#### 1.10 ESTUDIO DE CAMPO PARA DETERMINAR EL TIPO DE CEPILLO.

##### 1.10.1 FORMA DE LOS CEPILLOS PARA EL LAVADO

Tomando referencias de WYMA FRESH THINKING<sup>2</sup> y haciendo comparaciones para el lavado mecánico se decide que los cepillos tiene cualquiera de las geometrías que se muestran en la Figura 4.1



**Figura 4.1 Formas cepillos cilíndricos (FR)**

Para este tipo de cepillos la fibra puede ir montada, por mechones, sobre bases cilíndricas de madera, plástico o metal.

Uno de los aspectos de mayor importancia en este tipo de cepillos es el espesor normal de la fibra. Los cepillos cilíndricos se seleccionan en distintos tipos de espesores dependiendo la aplicación.

---

<sup>2</sup>WYMA FRESH TINKING: Empresa que fabrica maquinaria de lavado.

Los cepillos cilíndricos tipo FR con franjas rectas presentan buenas características (Ver Figura 4.1), porque levantan las partículas y el cepillo no se obstruye.

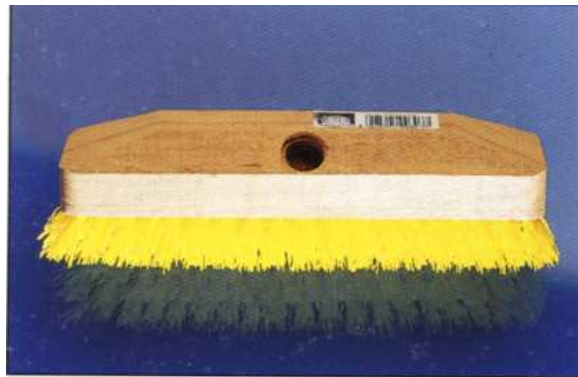
### **1.10.2 MATERIAL DE LOS CEPILLOS DE LAVADO**

Algunos aspectos importantes que se tiene en cuenta para la selección del material de la fibra del cepillo son:

- Las fibras largas son suaves y flexibles
- Las fibras cortas son duras y agresivas.
- La presión correcta la determina con la experiencia.

Estos tres aspectos son de mucha importancia ya que no se dispone de información del tipo, tamaño y aplicación de la fibra.

Para encontrar por experimentación manual la fibra que se ajusta más a las necesidades de la máquina se realiza una serie de pruebas con los cepillos que se muestran en las Figuras: 4.2(a), 4.2 (b), 4.2 (c) y 4.2 (d).



**Figura 4.2 (a) Cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber**





**Figura 4.2 (b) Cepillo Spazzola Bucato Manichetto Washing Brush**



**Figura 4.2 (c) Cepillo Spazzola Abiti Setola Bristle Clothes Brush**



**Figura 4.2 (d) Cepillo Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush**

Estos cepillos se seleccionan verificando su dureza, diámetro y largo de la fibra (Ver Anexo I Características y Especificaciones de los cepillos).

Es necesario seleccionar bien el tipo de cepillo para que responda correctamente a las condiciones específicas de cada producto, de cada planta y de cada suelo.

### **1.10.3 ENSAYOS DE LAVABILIDAD Y FREGADO**

Existe una relación muy delicada entre la dureza, grosor y la longitud de la fibra con el tamaño, espaciamiento y flexibilidad del mechón. Los cepillos tienen que garantizar la dureza ideal para lavar y lustrar el producto sin dañarlo. Al mismo tiempo, tienen que ser suficientemente flexibles para entrar en las hendiduras y en las cavidades de los productos ligeramente curvados y eliminar la suciedad alrededor de la corona.

Uno de los aspectos más importantes para evaluar la capacidad de lavado y fregado que tiene cada cepillo es la rapidez y la calidad de lavado que se obtiene de éste. Otros aspectos que se puede tomar en cuenta para la selección de los cepillos son los siguientes:

- Tiempo necesario para que la zanahoria esté bien lavada
- Facilidad que tiene la fibra del cepillo para ingresar a la hendidura y la corona de la zanahoria.
- Calidad de la zanahoria, que no tenga raspaduras, el producto tiene que estar íntegro y limpio.

#### **1.10.3.1 Ensayos Cepillo “Spazzolone Legno Wooden Scrubber”**

Este ensayo considera el mismo tiempo de fregado para zanahorias que permanecen distintos tiempos expuestas al ambiente, las Figuras 4.3 (a), 4.3 (b) y 4.3 (c), muestran las apariencias de la zanahoria finalizada las pruebas de lavado.



**Figura 4.3 (a) Zanahoria lavada luego de 6 horas de cosechada.**



**Figura 4.3 (b) Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada.**



**Figura 4.3 (c) Zanahoria lavada luego de 22 horas de cosechada.**

Haciendo un análisis de la apariencia de la zanahoria al final del lavado, los resultados se presentan en la Tabla 4.1

**Tabla 4.1 Resultados Cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber**

<b>ENSAYOS CEPILLO SPAZZOLONE LEGNO WOODEN SCRUBBER</b>		
<b>Tiempo entre Cosecha y lavado [h]</b>	<b>Tiempo de Fregado Constante [seg.]</b>	<b>Apariencia de la zanahoria</b>
5	10	Limpia e integra
6	10	Limpia e integra
7	10	Limpia e integra
16	10	Restos de tierra en la corona y hendiduras
17	10	Mayor cantidad de tierra en la corona y hendiduras
18	10	Mayor cantidad de tierra en la corona y hendiduras
19	10	Mayor cantidad de tierra en corona
20	10	Tierra en la corteza y en las hendiduras
21	10	Tierra en la corteza y en las hendiduras
22	10	Tierra en la corteza y en las hendiduras
23	10	Tierra en la corteza, en las hendiduras y corona
24	10	Tierra en la corteza, en las hendiduras y corona

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

De acuerdo los resultados obtenidos en la Tabla 4.1 para un tiempo mínimo de fregado de 10 minutos, este cepillo funciona de manera adecuada con zanahoria que están de 5 a 7 horas en el ambiente, para tiempos mayores este cepillo no es el adecuado.

También se realizan pruebas de campo para determinar los tiempos necesarios para lavar las zanahorias que están a diferentes tiempos de cosecha y lavado

La Figura 4.4 muestra las apariencias de la zanahoria cuando se considera todo el tiempo necesario de fregado para que la zanahoria este lo más limpia posible.



**Figura 4.4 Resultados a distintos tiempos de fregado**

La Tabla 4.2 muestra los resultados obtenidos cuando se aplican los tiempos de fregado necesarios para el lavado de la zanahoria.

**Tabla 4.2 Resultados Cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber.**

<b>ENSAYOS CEPILLO SPAZZOLONE LEGNO WOODEN SCRUBBER</b>		
<b>Tiempo entre Cosecha y lavado [h]</b>	<b>Tiempo de Fregado Variable [seg.]</b>	<b>Apariencia de la zanahoria</b>
5	10	Limpia e integra
6	10	Limpia e integra
7	12	Limpia e integra
16	13	Limpia e integra
17	13	Limpia e integra
18	13	Limpia e integra
19	14	Limpia e integra
21	14	Limpia e integra
20	15	Limpia e integra
23	15	Restos de tierra en la corona
24	15	Restos de tierra en la corona y hendiduras

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

De acuerdo los resultados obtenidos en la Tabla 4.2 este cepillo funciona adecuadamente con zanahoria que están de 5 a 20 horas en el ambiente, para tiempos mayores este cepillo no es el adecuado.

### 1.10.3.2 Ensayos Cepillo “Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush”

Este ensayo considera el mismo tiempo de fregado para zanahorias que permanecen distintos tiempos expuestos al ambiente, las Figuras 4.5 (a), 4.5 (b), 4.5 (c), muestran las apariencias de la zanahoria finalizada las pruebas



**Figura 4.5 (a) Zanahoria lavada luego de 6 horas de cosechada.**



**Figura 4.5 (b) Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada.**



**Figura 4.5 (c) Zanahoria lavada luego de 22 horas de cosechada.**

Haciendo un análisis de la apariencia de la zanahoria al final del lavado, los resultados se presentan en la Tabla 4.3

**Tabla 4.3 Resultados Cepillo Spazzola Violino Bucato Plastic Washing Brush**

<b>ENSAYOS CEPILLO SPAZZOLA VIOLINO BUCATO PLASTIC WASHING BRUSH</b>		
<b>Tiempo entre Cosecha y lavado T[h]</b>	<b>Tiempo de Fregado Constante [seg.]</b>	<b>Apariencia de la zanahoria</b>
5	10	Restos de tierra en la corona
6	10	Restos de tierra en la corona y hendiduras
7	10	Mayor cantidad de tierra en la corona y hendiduras
16	10	Mayor cantidad de tierra en la corona y hendiduras
17	10	Mayor cantidad de tierra en la corona y hendiduras
18	10	Mayor cantidad de tierra en la corona y hendiduras
19	10	Mayor cantidad de tierra en las hendiduras
20	10	Tierra en la corteza y en las hendiduras
21	10	Tierra en la corteza y en las hendiduras
22	10	Tierra en la corteza y en las hendiduras
23	10	Tierra en la corteza, hendiduras y corona
24	10	Mayor tierra en la corteza, hendiduras y corona

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 4.3 para un tiempo mínimo de fregado de 10 minutos, este cepillo no es lo suficientemente duro para sacar todos los residuos de tierra que están en la zanahoria.

Las Figuras 4.6 muestran las apariencias de la zanahoria cuando se considera el tiempo máximo de fregado para lavar zanahoria.



**Figura 4.6 Resultados a distintos tiempos de fregado**

La Tabla 4.4 muestra los resultados obtenidos cuando se aplican los tiempos necesarios de fregado para el lavado de la zanahoria.

**Tabla 4.4 Resultados Cepillo Spazzolone Legno Wooden Scrubber**

<b>ENSAYOS CEPILLO SPAZZOLONE LEGNO WOODEN SCRUBBER</b>		
<b>Tiempo entre Cosecha y lavado T[h]</b>	<b>Tiempo de Fregado Variable [seg.]</b>	<b>Apariencia de la zanahoria</b>
5	14	Tierra en la corona y producto integro
6	14	Tierra en la corona y producto integro
7	15	Tierra en la corona y producto integro
16	16	Tierra en la corona y producto integro
17	16	Tierra en la corona y producto integro

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.



De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 4.4 este cepillo es demasiado suave para esta aplicación por tal razón este cepillo queda descartado para la aplicación propuesta.

### 1.10.3.3 Ensayos Cepillo “Spazzola Bucato C Manichetto Washing Brush”

Este ensayo considera el mismo tiempo de fregado para zanahorias que permanecen distintos tiempos expuestos al ambiente, las Figuras 4.7 (a), 4.7 (b), 4.7 (c), muestran las apariencias de la zanahoria finalizada las pruebas



**Figura 4.7 (a) Zanahoria lavada luego de 6 horas de cosechada.**



**Figura 4.7 (b) Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada.**



**Figura 4.7 (c) Zanahoria lavada luego de 22 horas de cosechada.**

Haciendo un análisis de la apariencia de la zanahoria al final del lavado, los resultados se presentan en la Tabla 4.5

**Tabla 4.5 Resultados Cepillo Spazzola Bucato C Manichetto Washing Brush**

<b>ENSAYOS CEPILLO SPAZZOLA BUCATO C MANICHETTO WASHING BRUSH</b>		
<b>Tiempo entre Cosecha y lavado T[h]</b>	<b>Tiempo de Fregado Constante [seg.]</b>	<b>Apariencia de la zanahoria</b>
5	10	Restos de tierra en la corona, superficie rasgada
6	10	Restos de tierra en la corona, superficie rasgada
7	10	Tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada
16	10	Tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada
17	10	Tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada
18	10	Tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada
19	10	Más tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada
20	10	Más tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada
21	10	Más tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada
22	10	Más tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada
23	10	Más tierra en la corona y hendiduras, superficie rasgada

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.5 se puede ver que este cepillo es demasiado duro para la aplicación.

#### 1.10.3.4 Ensayos Cepillo “Spazzola Abiti Setola Bristle Clothes Brush”

Este ensayo considera el mismo tiempo de fregado para zanahorias que permanecen distintos tiempos expuestos al ambiente, las Figuras 4.8 (a), 4.8 (b), 4.8 (c), muestran las apariencias de la zanahoria finalizada las pruebas



**Figura 4.8 (a) Zanahoria lavada luego de 6 horas de cosechada.**



**Figura 4.8 (b) Zanahoria lavada luego de 15 horas de cosechada.**



**Figura 4.8 (c) Zanahoria lavada luego de 22 horas de cosechada.**

Haciendo un análisis de la apariencia de la zanahoria al final del lavado, los resultados se presentan en la Tabla 4.6

**Tabla 4.6 Resultados Cepillo Spazzola Abiti Setola Bristle Clothes Brush**

<b>ENSAYOS CEPILLO SPAZZOLA ABITI SETOLA BRISTLE CLOTHES BRUSH</b>		
<b>Tiempo entre Cosecha y lavado T[h]</b>	<b>Tiempo de Fregado Constante [seg.]</b>	<b>Apariencia de la zanahoria</b>
5	10	Limpia e integra
6	10	Limpia e integra
7	10	Limpia e integra
16	10	Limpia e integra
17	10	Limpia e integra
18	10	Limpia e integra
19	10	Limpia e integra
20	10	Limpia e integra
21	10	Limpia e integra
22	10	Limpia e integra
23	10	Limpia e integra
24	10	Limpia e integra

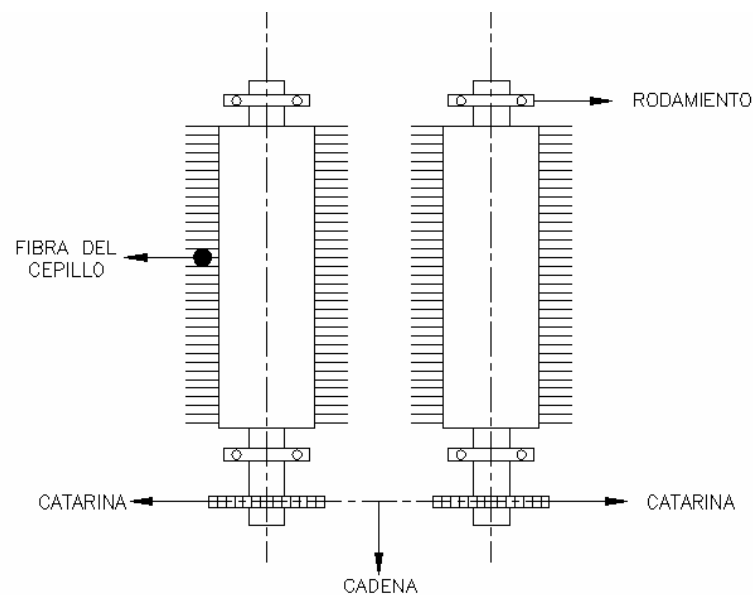
**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

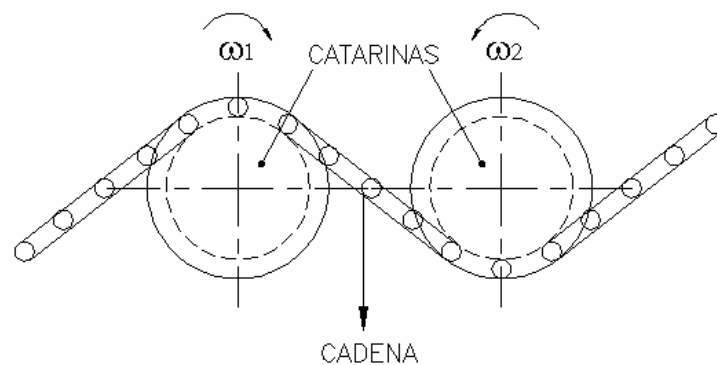
Este cepillo es lo suficientemente duro para sacar todos los residuos de tierra y no provocar rasgaduras en la corteza de la zanahoria.

Como conclusión de este estudio de campo se tiene que el cepillo que se utiliza en la máquina es Spazzola Abiti Setola Bristle Clothes Brush (ver Anexo I Características y Especificaciones de los Cepillos).

Una vez que se conoce la geometría del cepillo y el material de su fibra, las Figuras 4.9 (a) y 4.9 (b) muestran la disposición de los cepillos en la lavadora y sus respectivos giros.



**Figura 4.9 (a) Ubicación de los cepillos en la lavadora**



**Figura 4.9 (b) Movimiento de los cepillos**

Como en las pruebas realizadas se aprecia que a la séptima cepillada, la zanahoria adquiere las mejores condiciones de lavado, entonces se determina que sean 7 cepillos distribuidos en el tanque de lavado, estos son fabricados en secciones, intercambiables, acoplados a ejes de acero, apoyados sobre chumaceras.

Los cepillos tienen las siguientes dimensiones:

- Las fibras tienen una longitud de 70 mm desde la periferia del eje.
- Las fibras están sobre un eje macizo de madera de 80 mm de diámetro

### **1.11 ESTABLECIMIENTO DE LA FUERZA DE FREGADO**

La fuerza de fregado se la establece experimentalmente, para ello se realizan experimentos con un dinamómetro. La Figura 4.10 muestra como se une el cepillo al dinamómetro.



**Figura 4.10 Cepillo con el dinamómetro**

Para dicho experimento se utiliza el cepillo seleccionado en el estudio de campo anterior.

Las Figuras 4.11 (a), 4.11 (b) y 4.11 (c) muestran las pruebas realizadas con el dinamómetro mecánico para determinar la fuerza de fregado.



**Figura 4.11 (a) Prueba primera pasada**



**Figura 4.11 (b) Prueba segunda pasada**



**Figura 4.11 (c) Prueba tercera pasada**

La Tabla 4.7 muestra los valores que se obtienen en las pruebas para determinar la Fuerza de Fregado.

**Tabla 4.7 Valores de la Fuerza de Fregado**

<b>PASADA</b>	<b>MEDICION [kg.]</b>
1	4,8
2	4,7
3	4,5
4	4,9
5	4,8
6	4,5
7	4,3
8	4,6
9	4,8
10	4,7
<b>PROMEDIO</b>	4.66

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

El valor promedio de las fuerzas es 4.66 kg. Para el diseño y con la consideración que la zanahoria está en contacto al cepillo en dos puntos se duplica este valor, entonces la fuerza de fregado es 9.32 kg.

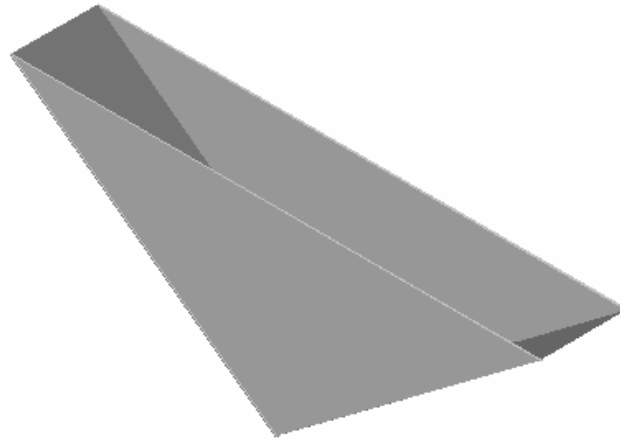
Determinada la fuerza necesaria para lavar la zanahoria se comienza con el diseño del tanque de lavado ya que éste da los parámetros geométricos necesarios para ubicar los demás elementos que conforman la máquina lavadora de zanahoria.

La ubicación y distribución de los elementos constitutivos de la máquina lavadora de zanahoria dependen de la geometría del tanque de lavado.



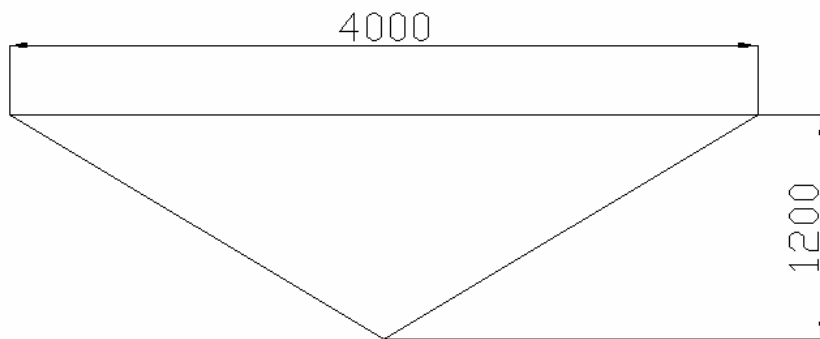
## 1.12 DISEÑO DEL TANQUE DE LAVADO

El tanque se lo diseña considerando un aspecto muy importante como es el de la limpieza, debido que al terminar el lavado se tiene tierra que se acumula en el fondo del tanque, con esta consideración se toma la decisión que el tanque tenga la geometría mostrada en la Figura 4.12



**Figura 4.12 Geometría del tanque de lavado**

**Medidas:** Para dimensionar el tanque de lavado se debe tener en cuenta los parámetros técnicos y humanos, ya que estos están relacionados con el espacio físico donde va a ser instalada el tanque. Por lo tanto se establecen las medidas que se muestra en la figura 4.13



**Figura 4.13 Medidas paredes triangulares paralelas**

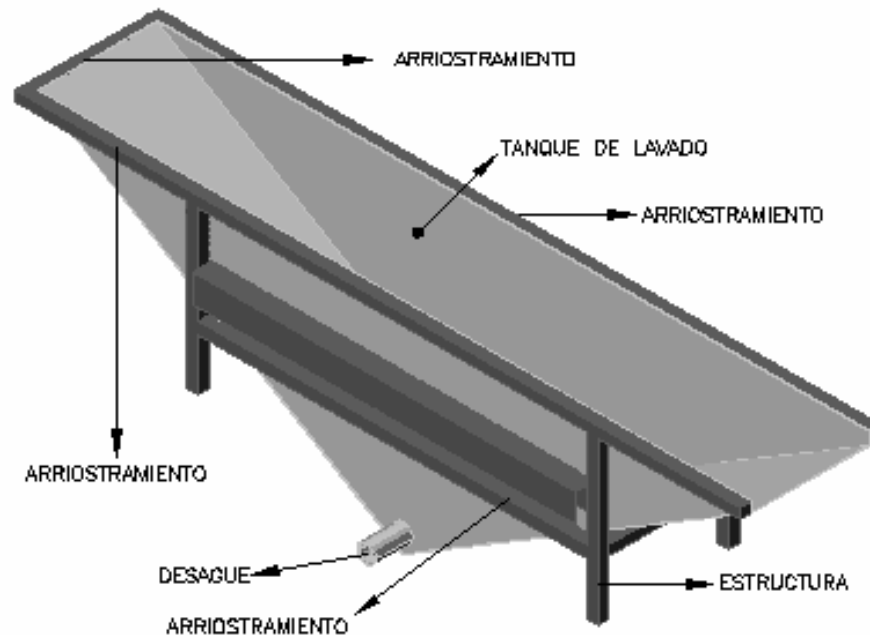
Las otras dos paredes convergen a un mismo segmento de ancho  $a = 650 \text{ mm}$

### 1.12.1 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES QUE CONVERGEN A UN MISMO SEGMENTO

Para el diseño de estas paredes se realiza una analogía de la placa con una viga de ancho unitario y se considera que las partes de la unión del tanque son empotramientos.

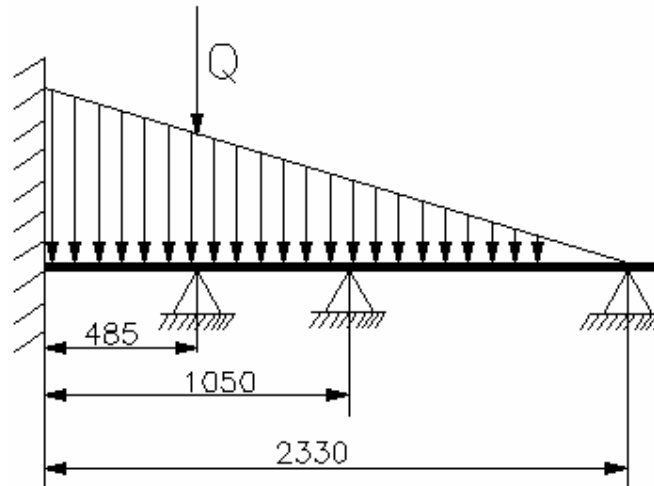
Ahora, para este tipo de tanques se coloca en el extremo de la placa un arriostramiento que da rigidez a la pared del tanque, para mayor seguridad se coloca otro cerca de la mitad de la longitud de la placa y otro que esta en contacto con el piso. Estos arriostramientos funcionan como apoyos simples.

Debido a la ubicación de los arriostramientos, éstos se los utiliza para en esas posiciones colocar la estructura para la fijación del tanque. La Figura 4.14 muestra la ubicación de estructura soportante.

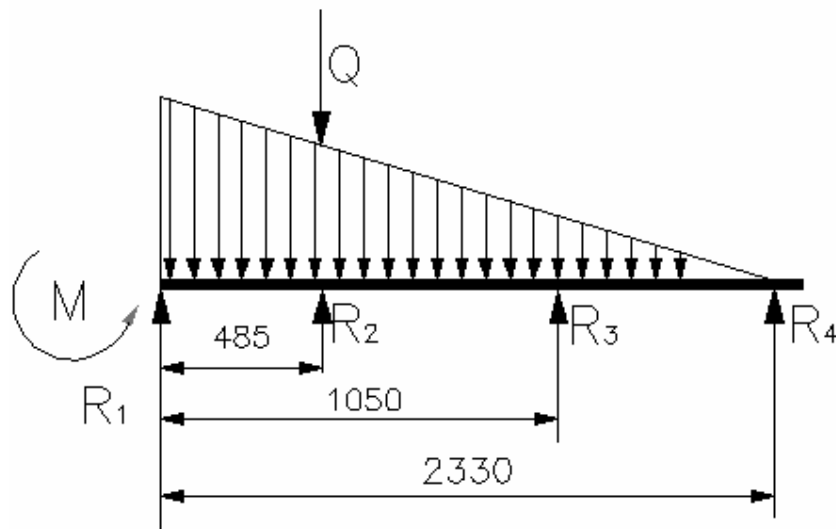


**Figura 4.14 Geometría del tanque con los arriostramientos**

La figura 4.15 (a) y 4.15 (b) muestra la distribución de carga y apoyos que existen sobre la pared



**Figura 4.15 (a) Distribución de carga sobre la pared y consideración de Arriostramientos**



**Figura 4.15 (b) Sustitución empotramiento y soportes**

Para realizar el cálculo de las reacciones y momentos máximos que actúan sobre la placa se debe obtener los siguientes datos:

$$V_{Tanque} = \frac{b * h}{2} * a \quad [4-1]$$

$$\rho_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{V_{H_2O}} \quad [4-2]$$

**Donde:**

$\rho_{H_2O}$  → Densidad del Agua

$m_{H_2O}$  → Masa de Agua

$V_{H_2O}$  → Volumen de agua

Se considera que el volumen óptimo para el lavado de zanahoria en el que se puede verificar posibles atascamientos es:

$$V_{Optimo} = \frac{3}{4} V_{Tanque} \quad [4-3]$$

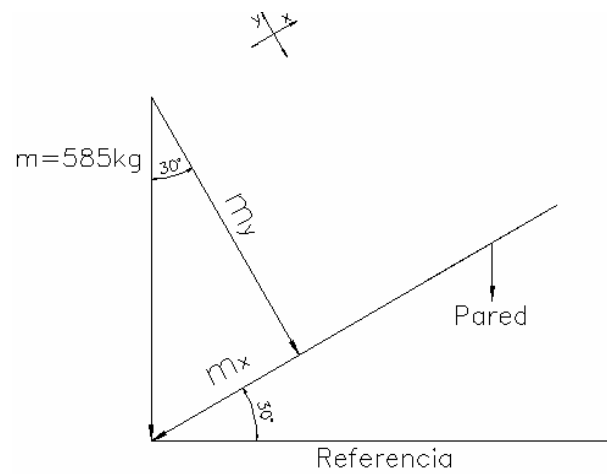
$$V_{Optimo} = \frac{3}{4} * 1.56 = 1.17 m^3$$

Como este volumen óptimo está ocupado por agua, se utiliza la ecuación [4-2] y se tiene:

$$m_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 1.17 m^3 = 1170 kg$$

Como los **1170 kg** es el peso total, para el análisis de una pared se toma la mitad del peso, entonces **m = 585 kg**

La componente que afecta a la pared es la que se muestra en la Figura 4.16



**Figura 4.16 Carga que soporta la pared**

$$m_y = m * \cos 30^\circ = 585 \text{ kg} * \cos 30^\circ = 506.625 \text{ kg}$$

Ahora se tiene:

$$Q = \frac{q_{\max} * l}{2} \quad [4-5]$$

$$q_{\max} = P * L \quad [4-6]$$

Donde:

$P \rightarrow$  Presión que afecta la pared del tanque.

$L \rightarrow$  Longitud de incidencia

$Q \rightarrow$  Carga puntual que afecta a la pared

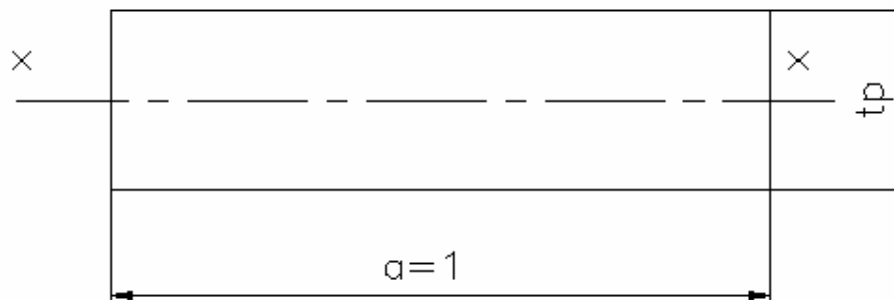
$q_{\max} \rightarrow$  Carga máxima por unidad de longitud

$$P = \frac{m_y}{A} = \frac{506.625}{2.33 * 0.65} = 337.75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q_{max} = 337.75 * 0.325 = 109.769 \frac{kg}{m}$$

$$\sigma_{Placa} = \frac{M}{S_{x-x}} \quad [4-7]$$

Como se considera la viga de espesor unitario, el  $I_{x-x}$  para determinar el  $S_{x-x}$  lo calcula con la Figura 4.17



**Figura 4.17 Consideración de la viga de espesor unitario para el  $S_{x-x}$**

$$S_{x-x} = \frac{I_{x-x}}{C} \quad [4-8]$$

Donde:

$I_{x-x}$  → Momento de inercia

$C$  → Distancia de fibra neutra a la fibra externa

$t_p$  → Espesor de la placa

$$I_{x-x} = 1 * \frac{t_p^3}{12} \quad [4-9]$$

Pero como:

$$C = \frac{t_p}{2} \quad [4-10]$$

Reemplazando las ecuaciones [4-9] y [4-10] en [4-8] se tiene:

$$S_{x-x} = \frac{1 * \frac{t_p^3}{12}}{\frac{t_p}{2}} = \frac{t_p^2}{6}$$

Ahora se considera un factor de seguridad de 2.5 para que el tanque resista lo suficiente, entonces se tiene:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_m} = 2.5 \quad [4-11]$$

Donde:

$\eta \rightarrow$  Factor de Seguridad

$\sigma_m \rightarrow$  Esfuerzo Permisible

$S_y \rightarrow$  Resistencia última a la tracción, Para este tanque se utiliza Acero A-36, entonces se tiene:

$$S_y = 36000 \frac{lb}{pulg^2} = 2537 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_m = 0.4 * 36000$$

$$\sigma_m = 14400 \frac{lb}{pulg^2} = 1522 \frac{kg}{cm^2} * \frac{10000cm^2}{1m^2} = 10145500 \frac{kg}{m^2}$$

Ahora se toma la mínima condición de la  $\sigma_{placa}$  con respecto de la  $\sigma_m$  se tiene:

$$\frac{M}{\frac{t_p^2}{6}} \leq 10145500 \quad [4-12]$$

Para encontrar el valor mínimo de  $t_p$  se utiliza la igualdad y se tiene:

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M}{10145500}} \quad [4-13]$$

Ahora con la ayuda del Programa SAP 2000 se tiene el momento máximo que debe resistir esta pared (Ver Anexo II Cálculos en el Programa SAP 2000 Pared Rectangular). El momento máximo que soporta esta pared es  $M_{máx} = 11.38 \text{kg} - \text{m}$ .

Reemplazando el valor del momento máximo en la ecuación [4-13] se tiene:

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * 11.38}{10145500}}$$

$$t_p = 0.0025 \text{m} \rightarrow 2.5 \text{mm}$$

### 1.12.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES PARALELAS.

Haciendo un análisis similar al anterior, a Figura 4.18 (a) y 4.18 (b) muestra los diagramas de distribución de carga y apoyos

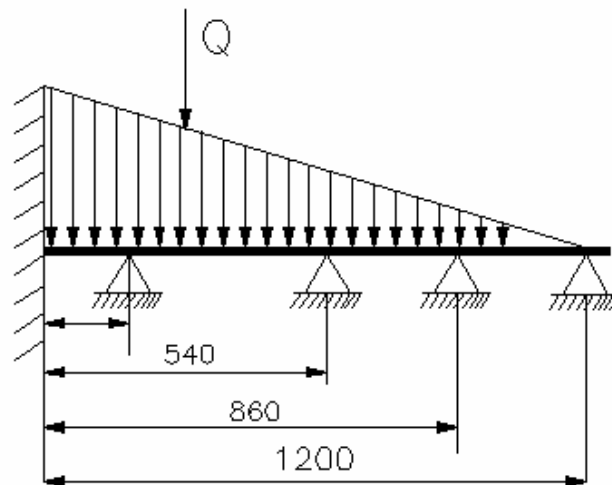
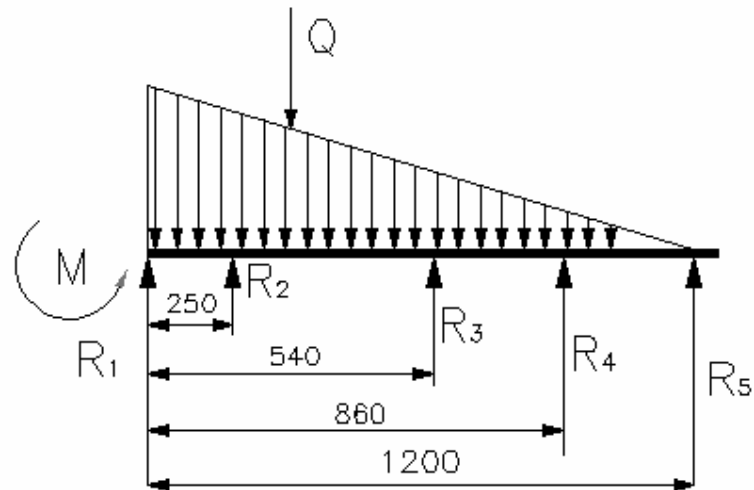


Figura 4.18 (a). Distribución de carga sobre la pared y consideración de arriostramientos





**Figura 4.18 (b). Sustitución empotramiento y arriostramientos**

Como los **1170 kg** es el peso total, para el análisis de una pared se toma la mitad, entonces  **$m = 585 \text{ kg}$** , como en este caso no se tiene inclinación no existe componente, por lo que todo el peso afecta a la pared.

Se utiliza la ecuación [4-6] y se tiene:

$$P = \frac{m}{A} = \frac{585}{\frac{4 * 1.2}{2}} = 243.75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q_{max} = 243.75 * 2 = 487.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Igualmente con la ayuda el Programa SAP 2000 se obtiene el momento máximo que debe resistir esta pared (Ver Anexo II Cálculos en el Programa SAP 2000, Pared Triangular). El momento máximo que soporta esta pared es  $M_{máx} = 2.24 \text{kg} - \text{m}$ .

Con la ecuación **[4-13]** y el  $q_{max}$  conocido se tiene:

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * 2.24}{10145500}}$$

$$t_p = 0.0012m \rightarrow 1.2mm$$

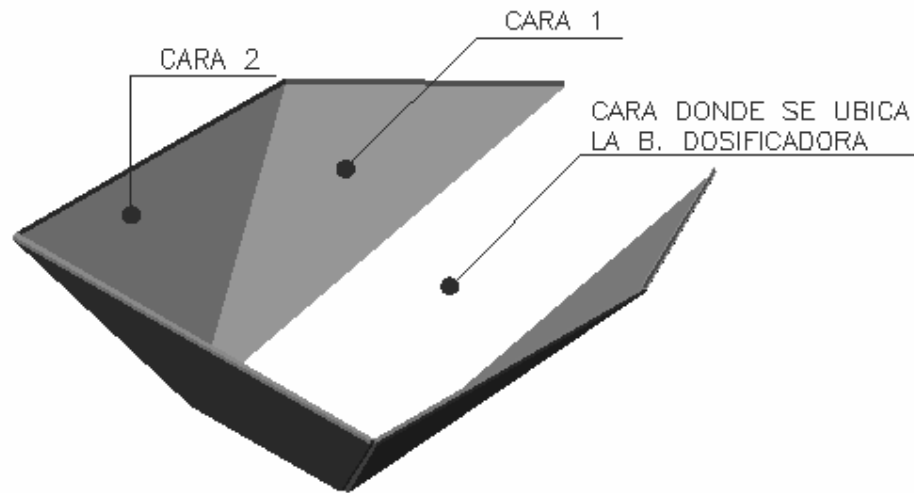
De este análisis se puede concluir que el material para el tanque de lavado es Acero ASTM A-36, las paredes triangulares del tanque son de 1.2 mm de espesor, mientras que las paredes que convergen a un mismo segmento son de 2.5 mm de espesor.

### **1.13 DISEÑO TOLVA**

Para este diseño se considera los requerimientos y necesidades que debe cumplir y satisfacer la tolva. El diseño de ésta se lo hace tomando como base un diseño geométrico similar al realizado para el tanque de lavado; este análisis sólo se lo realiza en las partes más propensas a fallar

Consideraciones para el diseño geométrico:

- El volumen de la tolva debe ser aproximadamente igual a 0.1 m<sup>3</sup> que equivale a 135 kg de zanahoria que es la cantidad necesaria para una obtención una alimentación continua al tanque de lavado
- Las paredes de la tolva tienen la geometría que muestra la Figura 4.19

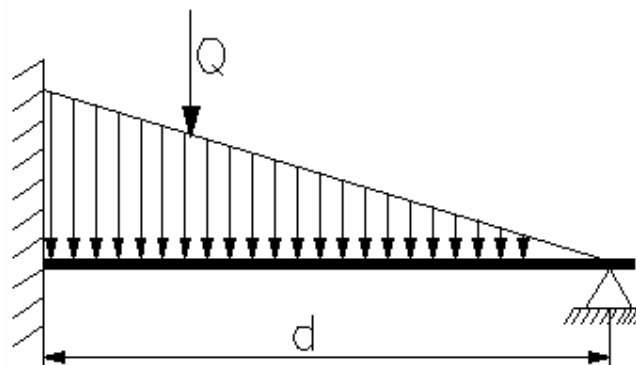


**Figura 4.19 Geometría de la Tolva: Paredes que la conforman**

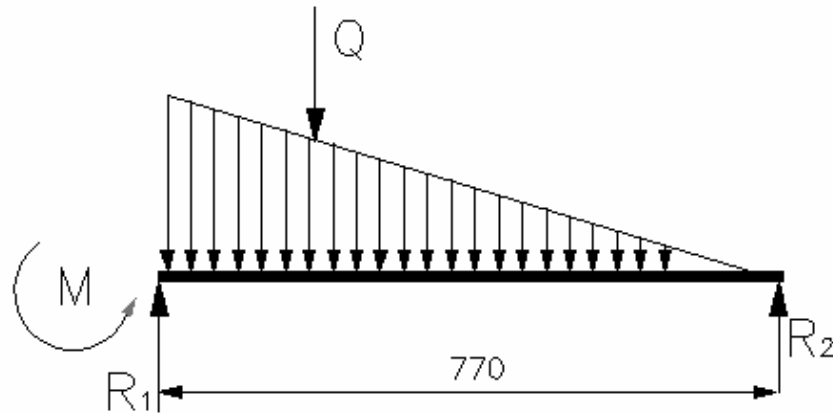
- De datos obtenidos en el AUTOCAD 3D el volumen de esta tolva es  $0.17\text{m}^3$ ; lo que muestra que esta tolva tiene la capacidad requerida en las consideraciones de diseño geométrico.
- Este direccionamiento tiene la finalidad de dar una alimentación continua a la banda transportadora

Las caras 3 o 4 son las más propensas a fallar, por lo que el siguiente análisis determina el espesor necesario para que esta tolva trabaje con seguridad.

La distribución de carga se muestra en las Figuras 4.20 (a) y 4.20 (b)



**Figura 4.20 (a) Distribución de carga sobre la pared**



**Figura 4.20 (b) Sustitución empotramiento y soportes**

Ahora el volumen que soporta es  $0.1 \text{ m}^3$ , entonces se tiene:

$$V_{Tolva} = 0.1 \text{ m}^3 = V_{Zanahoria}$$

Para determinar el peso que equivale a este volumen de zanahoria, se utiliza la densidad de la zanahoria<sup>3</sup> que es:

$$\rho_{zanahoria} = [0.63 - 0.95] \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

Entonces para encontrar el valor de la densidad de la zanahoria se utiliza el promedio del rango de densidades, entonces se tiene:

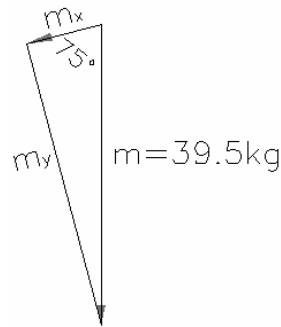
$$\rho_{zanahoria} = 0.79 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \rightarrow \rho_{zanahoria} = 790 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{Zanahoria} = 790 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.1 \text{ m}^3 = 79 \text{ kg}$$

Como los 79 kg es el peso total que soporta la tolva y por la geometría irregular que tiene este diseño, se toma la mitad del peso para el diseño de esta pared, entonces  $m = 39.5 \text{ kg}$

<sup>3</sup>Tomado del Manual de DISMET Ltda.

Ahora esta pared esta a una inclinación de  $75^\circ$  entonces la componente que afecta a la pared es la que se muestra en la Figura 4.21.



**Figura 4.21 Carga que soporta la pared**

$$m_y = m * \text{sen}75^\circ = 39.5\text{kg} * \text{sen}75^\circ = 38.15\text{kg}$$

Se utiliza la ecuación [4-6] y se tiene:

$$P = \frac{m_y}{A} = \frac{38.15}{\frac{0.28 * 1}{2}} = 272.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{max}} = 272.5 * 0.25 = 68.125 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Utilizando la ecuación [4-13] y con los resultados obtenidos en el Programa SAP 2000 se tiene que el momento máximo en ésta pared es de 4.58 kg-m (Ver Anexo II. Cálculos en el Programa SAP 2000 para la Tolva), entonces se tiene lo siguiente:

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * 4.58}{10145500}}$$

$$t_p = 0.0016\text{m} \rightarrow 1.6\text{mm}$$

Este espesor garantiza que la tolva trabaje con seguridad, por lo tanto el material para Tolva es Acero A-36 de 1.6 mm de espesor.

## 1.14 SELECCIÓN DE LA BANDA DOSIFICADORA

Una forma de desplazar productos alimenticios o industriales es mediante el uso de bandas transportadoras.

Se selecciona la banda teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La banda dispone de elementos recolectores.
- La banda se ubica con una inclinación de  $15^\circ$  desde la tolva hasta el tanque de lavado.
- El Figura 4.22 muestra la disposición de los elementos recolectores

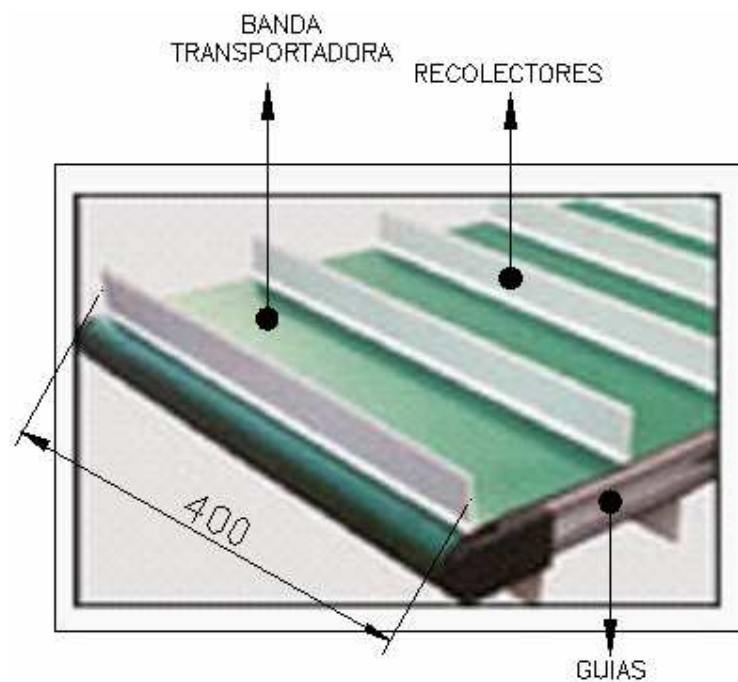
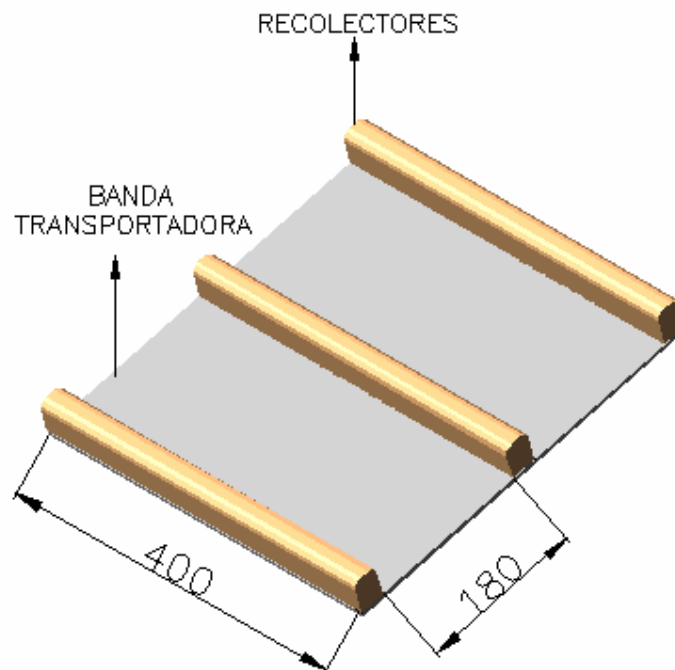


Figura 4.22 Banda transportadora con recolectores

### 1.14.1 ESPECIFICACIONES Y DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS RECOLECTORES.

Con el fin de reducir costos y el peso sobre la banda dosificadora, estos elementos recolectores son de madera, tienen la siguiente geometría y disposición sobre la banda. La Figura 4.23 muestra la disposición de los recolectores en la banda transportadora



**Figura 4.23 Banda transportadora con recolectores (lavadora de cepillos)**

Las dimensiones de los elementos recolectores son:

Largo: 400 mm

Ancho: 30 mm (Ancho de la banda transportadora)

Alto: 40 mm

Numero de elementos recogedores: 23

La disposición de cada recolector, es a una distancia de 180 mm uno con respecto al otro. Estas medidas se las determina haciendo una relación de

espacio y cantidad de zanahorias que pueden ingresar en el área disponible entre recolector.

Esta distribución geométrica de los recolectores debe garantizar que las zanahorias alcancen en el espacio disponible entre ellos.

Las zanahorias que se ubican en estos espacios tienen las siguientes medidas:

- Diámetro: de 4 a 5 cm.
- Largo: de 12 a 14 cm. (*Dimensiones de la zanahoria para la comercialización*).

#### **1.14.2 PROCESO DE SELECCIÓN DE LA BANDA**

Para la selección de la banda se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

##### **1.14.2.1 Elección del recorrido de la banda dosificadora**

De acuerdo a la necesidad y aplicación, esta banda tiene recorrido recto, y se ubica a una inclinación de 15°, esta banda no presenta la necesidad de flexiones laterales. (Ver Anexo III “Bandas transportadoras elevadoras”)

##### **1.14.2.2 Elección del material adecuado**

Debido a las condiciones de servicio de la banda, y al ambiente en que va a desenvolverse, el material adecuado para esta aplicación es el POLIPROPILENO, pero debido a que este tipo de bandas no existe en el medio local y por recomendaciones de especialistas en la transportación de alimentos se puede utilizar bandas de PVC.



La banda que se utiliza es textil de PVC con grapas, 2 lonas, espesor 3.17mm, con textil sintético antideslizante, para operación deslizante directamente sobre lámina metálica.

#### 1.14.2.3 Selección del paso y método de tracción de la banda transportadora

Considerado que el sistema de transportación es una banda de polipropileno SERIE 800 PERFORATED FLAT TOP (Ver Anexo III “Selección de la banda”). El paso disponible para este tipo de banda es 2 pulg (50 mm). Finalmente el método de tracción es mediante rodillos.

### 1.14.3 CÁLCULOS PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

Las ecuaciones y recomendaciones que se utilizan a continuación, son tomadas del Manual de ingeniería de las bandas transportadoras de INTRALOX

#### 1.14.3.1 Cálculo de la Resistencia de la banda seleccionada.

Es necesario determinar si la banda seleccionada satisface los requerimientos de la aplicación. Para esto se utiliza la siguiente ecuación.

$$BP = [(M + 2W) * F_w] * L + (M * H)^2 \quad [4-14]$$

Donde:

$BP$  → Resistencia de la Banda

$M$  → Carga del producto ( $\text{kg/m}^2$ )

$W$  → Peso de la banda ( $\text{kg/m}^2$ )

$L$  → Longitud de la banda (m)

$H$  → Cambio de elevación del transportador.

$F_w$  → Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor motriz.

$F_p$  → : Factor de carga debida a la acumulación del producto

$$M_p = M * F_p \quad [4-15]$$

Los valores  $F_w$  y  $F_p$  se los obtiene del Catálogo de Ingeniería de las bandas transportadoras de INTRALOX.

El  $BP$  (Resistencia de la Banda) se lo calcula obteniendo los siguientes datos:

a) *Peso del producto aplicado sobre la banda*

$$P_T = P_Z + P_{ER}$$

Donde:

$P_Z$  → Peso de la zanahoria

$P_{ER}$  → Peso de los elementos recolectores

$P_Z = 45.33kg$  (Peso que debe transportar la banda cada 1.5 minutos para cumplir con la capacidad de lavado).

Para determinar el  $P_{ER}$  (Peso de los elementos recolectores), se parte de su volumen:

$$V_{E.R} = 4 * 3 * 40 = 480 \text{ cm}^3$$

Considerando que son 23 elementos recolectores entonces el peso total es:

$$V_{E.R} = 480 * 23 = 11040 \text{ cm}^3 = 0.011 \text{ m}^3$$

A partir de la densidad de la madera y con el volumen total de los recolectores se tiene:

$$P_{ER} = \rho_{madera} * V_{E.R} \quad [4-16]$$

Donde:

$\rho_{madera}$  → Densidad de la Madera

$V_{E.R}$  → Volumen de los elementos recolectores.

$$P_{ER} = 460 \frac{kg}{m^3} * 0.011 m^3 = 5.06 kg$$

$$P_T = 45.33 + 5.06 = 50.4 kg$$

Entonces el Peso del producto aplicado sobre la banda es 50.4 kg

- *Longitud de la banda (L)*

La longitud desarrollada de la banda transportadora es 5 m, ésta es la distancia necesaria para obtener una alimentación de acuerdo con la capacidad de la máquina.

En esta distancia también se considera la distribución de los elementos recolectores y el número de zanahorias que se ubica entre ellos.

- *Área de trabajo ( $A_T$ )*

El área de trabajo es la superficie en la que se encuentra el producto al momento de la alimentación.

$$A_T = 5 * 0.4 = 2 m^2$$

Por lo tanto el  $M$  (Carga del producto) es:

$$M = \frac{50.4 kg}{2 m^2} = 25.2 \frac{kg}{m^2}$$

- *Tiempo de permanencia del producto en la banda.*

Es el tiempo desde que la zanahoria sale de la tolva hasta que llega al tanque de lavado, para determinar este tiempo se considera la capacidad de lavado. Este tiempo es de 1.5 minutos y garantiza obtener la capacidad requerida para la máquina.

- *Velocidad máxima de la banda*

De acuerdo con los datos de longitud y tiempo de permanencia del producto en la banda se tiene:

$$V = 1.66 \frac{m}{\text{min}}$$

- *Cambio de elevación en el sistema transportador:*

$$H = 1.200 \text{ m}$$

- *Funciones de servicio.*

Las funciones de servicio son arranques con carga y sin carga.

- *Peso de la banda*

Para una banda con las características definidas y un espesor de 3.17 mm su peso es:

$$W = 7.23 \frac{kg}{m^2} .$$

- *Coefficiente de fricción entre la banda y el rodillo motriz.*

El valor de  $F_w$  se lo obtiene con la condición mojada entre banda y rodillo (Ver Anexo III “Coeficientes de Rozamiento entre Banda y Tambor Motriz”, tomado del Manual de Kauman <sup>S/A</sup>), entonces se tiene:

$$F_w = 0.10$$

- *Factor de carga*

El valor  $F_p$  se lo toma como el factor de carga debida a la acumulación del producto, (Ver Anexo III, “Factor de carga debida a la acumulación del producto”, tomado del Manual de ROTRANS), entonces se tiene:

$$F_p = 0.56$$

A continuación para determinar el  $M_p$  (Carga del producto corregida) se utiliza la ecuación [4-15] y se tiene:

$$M_p = 25.2 * 0.56 = 14.23 \frac{kg}{m^2}$$

Por lo tanto para calcular el valor de BP (Tensión de la banda) se utiliza la ecuación [4-14], entonces se tiene:

$$BP = [(25.2 + 2 * 7.23) * 0.10 + 14.23] * 5 + (25.2 * 1.2) = 117.38 \frac{kg}{m}$$

Considerando que este valor se debe ajustarse a las condiciones de servicio, se tiene:

$$ABP = BP * SF$$

**[4-17]**

Donde:

$ABP$  → Tracción Ajustada a la Banda

$SF$  → Factor de Servicio

$SF = 1,4$  (Ver Anexo III, Tabla 6 (SF) “Factor de Servicio”)

$$ABP = 117.38 * 1.4 = 164.332 \frac{kg}{m} \cong 165 \frac{kg}{m}$$

Por lo tanto el valor de BP ajustado a las condiciones de servicio de la máquina es 165 kg/m.

#### 1.14.3.2 Cálculo de la resistencia permitida de la banda.

Para determinar la resistencia permitida de la banda se utiliza la siguiente ecuación:

$$ABS = BS * T * S \quad [4-18]$$

Donde:

$ABS$  → Resistencia Permitida de la Banda

$BS$  → Resistencia nominal de la banda

$T$  → Factor de Temperatura

$S$  → Factor de Resistencia

Los valores de BS, S, T se los obtiene de tablas y son:

$BS = 1490$  kg/m (Ver Anexo III, Tabla 4 “Resistencia de la Banda”).

$S = 0.92$  (Ver Anexo III, Tabla 7 (T) “Factor de Temperatura”)

$T = 0.98$  (Ver Anexo III, Tabla 7 (T) “Factor de Temperatura”)

Por lo tanto para determinar el valor de  $ABS$  (Resistencia Permitida de la Banda) se utiliza la ecuación [4-18] y se tiene:

$$ABS = 1490 * 0.92 * 0.98 = 1343.38 \text{ kg/m}$$

### 1.14.3.3 Comparación y condiciones de ABP y ABS

Se debe verificar que se cumpla la siguiente condición:

$$ABS > ABP \quad [4-19]$$

Cuando esta condición se cumple la banda es adecuada para la aplicación propuesta.

Por lo tanto de los datos calculados se tiene  $ABS > ABP$ , entonces se concluye que la banda con las características descritas anteriormente es lo suficientemente fuerte para la aplicación propuesta.

### 1.14.4 SELECCIÓN DEL RODILLO

Utilizando el ítem 4.5.2.3 y por recomendaciones del Manual de ingeniería de las bandas transportadoras, para transportadores elevadores de paso 2 pulg. (50.8 mm), el radio del rodillo recomendado es 5 pulg. (127 mm). (Ver Anexo III, "Bandas transportadoras elevadoras")

### 1.14.5 SELECCIÓN DEL EJE

De acuerdo a los datos que constan en el Anexo III, Tabla 8 "Datos del Eje", se considera el eje que tiene un área igual a  $1.5 \text{ pulg}^2$ , con esta área se determina el diámetro, entonces se tiene:

$$1.5 = \pi * \frac{d^2}{4} \rightarrow d = 1.3823 \text{ pulg} \rightarrow 35.11 \text{ mm}$$

Por lo tanto el diámetro del eje es 35 mm. Utilizando el Manual de Rotrans y el diámetro del eje se determina las dimensiones del rodillo (Ver Anexo III, “Dimensiones Rodillos Lisos”)

#### 1.14.5.1 Verificación de la resistencia del eje seleccionado.

Se deben analizar dos importantes funciones del eje motriz antes de determinar sus posibilidades de funcionar adecuadamente:

- Su capacidad para absorber la fuerza de flexión de la tracción de la banda con una deflexión aceptable del eje.
- Su capacidad para transmitir el par de torsión necesario desde el motor, sin falla alguna, para esto se realiza los siguientes cálculos:

##### 1.14.5.1.1 Cálculo de la deflexión del eje ( $D$ ).

Para calcular la deflexión del eje se utiliza la siguiente ecuación:

$$D = \frac{5}{384} * \frac{w * L_s^3}{E * I} \quad [4-20]$$

Donde:

$L_s$  → Longitud entre ejes y apoyos (mm)

$E$  → Modulo de elasticidad

$I$  → Momento de inercia

$w$  → Carga total del eje

$Q$  → Peso de eje (kg/m)

La carga total del eje se calcula con la siguiente ecuación:

$$w = (ABP + Q) * B \quad [4-21]$$



Los valores de E, I, Q se obtienen del Anexo III Tabla 8 “Datos del Eje y son:

$$E = 19700 \text{ kg/mm}^2$$

$$I = 0,42 \text{ mm}^4$$

$$Q = 11.4 \text{ kg/m.}$$

Por lo tanto para determinar la carga total del eje se utiliza la ecuación [4-21] y se tiene:

$$w = (164.332 + 11.4) * 0.4$$

$$w = 70.29 \text{ kg}$$

Entonces la deflexión del eje es:

$$D = \frac{5}{384} * \frac{70.29 * 400^3}{19700 * 213300}$$

$$D = 0.01394 \text{ mm}$$

Por lo tanto se tiene que esta deflexión es menor que el límite recomendado de 2.54 mm, entonces es aceptable apoyarla en dos chumaceras.

#### 1.14.5.1.2 Cálculo del par motor del eje motriz.

$$T_o = ABP * B * \frac{P.D.}{2} \quad [4-22]$$

Donde:

$T_o \rightarrow$  Par motor.

$P.D \rightarrow$  Diámetro del paso del engrane = 155 mm (Para un engrane de 19 dientes),

$$T_o = 164.332 * 0.4 * \frac{155}{2}$$

$$T_o = 5094.29 \text{ kg} - \text{mm}$$

Entonces el par motor de este eje es 5094.29 kg-mm

#### 1.14.6 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ACCIONAMIENTO DE LA BANDA

La potencia de accionamiento de la banda se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$VATIOS = \frac{ABP * B * V}{6.12} \quad [4-23]$$

$$VATIOS = \frac{164.332 * 0.4 * 1.66}{6.12}$$

$$VATIOS = 53.48W$$

##### 1.14.6.1 Cálculo de la Potencia del motor

Este transportador es puesto en funcionamiento por medio de un motoreductor. Además los ejes están apoyados en rodamientos de bolas. Con estas consideraciones suman un total de 30% en pérdidas de eficiencia mecánica y considerando que va a trabajar en contacto con agua se tiene un 45% de perdidas. (Ver Anexo III, "Directrices del Diseño").

$$VATIOS = \frac{17.82}{100 - 75} * 100$$

$$VATIOS = 71.28W * \frac{1hp}{745W} = 0.09HP \cong 0.1HP$$

Por lo tanto la potencia del motoreductor de acuerdo al resultado anterior y a lo que se encuentra en el mercado es de 1/8 HP

### 1.15 SELECCIÓN DEL TRANSPORTADOR DE EXTRACCIÓN CONTINUA

El transportador de extracción continua es similar a la banda dosificadora, éste se utiliza para sacar el producto lavado del tanque. Este se selecciona de manera similar a la banda dosificadora, pero se consideran algunas diferencias que son:

- Dispone de elementos recogedores iguales a los de la banda dosificadora pero para este transportador son 18.
- Se ubica a una inclinación de 30°.
- Considerando un proceso continuo la velocidad de esta banda debe ser igual a la velocidad de la banda dosificadora.
- Datos de este transportador: Largo: 5000 mm, ancho: 400 mm, Área de trabajo: 1.6 m<sup>2</sup>

$$M = \frac{50.4kg}{1.6m^2} = 31.5 \frac{kg}{m^2}$$

- Cambio de elevación en el sistema transportador

$$H = 1000 \text{ mm.}$$

$$M_p = 21.5 * 0.56 = 17.64 \frac{kg}{m^2}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación [4-14] se tiene

$$BP = [(17.64 + 2 * 7.23) * 0.10 + 17.64] * 4 + (31.5 * 1.0) = 114.9 \frac{kg}{m}$$

$$ABP = 114.9 * 1.4 = 160.86 \frac{kg}{m}$$

$$ABS = 1490 * 0.92 * 0.98 = 1343.38 \frac{kg}{m}$$

De acuerdo con el ítem 4.5.3.1.3 y los datos obtenidos se tiene:

$$ABS > ABP$$

Por lo tanto se determina que el transportador con las características descritas anteriormente resiste la aplicación propuesta.

Para éste transportador de extracción continua por recomendaciones de especialistas en transportación de alimentos en medios líquidos, se aumenta en un 100% la potencia del motor.

$$P = 0.1 + (1 * 0.1) = 0.2HP$$

Por lo tanto la potencia del motor que da movimiento al sistema de extracción continua es de 0.2 HP

## 1.16 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR PARA EL SISTEMA DE CEPILLOS Y EL SISTEMA DE EXTRACCION CONTINUA

Este motor debe dar movimiento a 7 cepillos y al sistema de extracción continua, como para el sistema ya se conoce su potencia, entonces para el cálculo de la potencia de este motor se tiene:

$$P_T = P_{T.S.C} + P_{T.E.C}$$

[4-24]

Donde:

$P_T$  → Potencia del Motor.

$P_{T.S.C}$  → Potencia del Sistema de cepillos.

$P_{T.E.C}$  → Potencia del Transportador de extracción continua.

El sistema de cepillos se mueve mediante un motoreductor que gira a 60 r.p.m a la salida, entonces para determinar la potencia de este motoreductor se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$P = \frac{T * n}{63000} \quad [4-25]$$

$$T = F_f * r \quad [4-26]$$

Donde:

$T$  → Torque generado

$F_f$  → Fuerza de fregado

$r$  → Radio del cepillo

Del estudio de campo de tiene:

$$F_f = 9.32kg \rightarrow 20.5lb$$

$$T = 20.5 * 4.33 = 88.79lb - pulg$$

$$P = \frac{88.79 * 60}{63000} = 0.084hp$$

Ahora se considera que esta potencia es para lavar una zanahoria, en el proceso de lavado se tiene en contacto de 3 a 5 zanahorias con el cepillo en cada vuelta, lo que hace incrementar la potencia en un mínimo de tres veces, entonces se tiene:

$$P = 0.084 * 3HP = 0.25HP$$

Ahora la potencia total del sistema de cepillos es:

$$P_{T.S.C} = 0.25 * 7 = 1.75HP$$

Por lo tanto utilizando la ecuación [4-24] la potencia total del motoreductor es:

$$P_T = 1.75 + 0.2 = 1.95HP \cong 2HP$$

Entonces la potencia necesaria para mover todo el sistema de cepillos y el transportador de extracción continua es 2 HP.

### 1.17 DISEÑO DEL EJE DE ACOPLA

El eje que va acoplado al cepillo se muestra en la Figura 4.24



**Figura 4.24 Esquema CEPILLO – EJE DE ACOPLA**

### 1.17.1 CÁLCULO DEL EJE DE ACOPLE

Por diseño geométrico el eje tiene una longitud de 80 mm y para determinar el diámetro se realizan los siguientes cálculos:

Para determinar el torque que se aplica a este se utiliza la ecuación **[4-25]** entonces se tiene:

$$T = \frac{63000 * 0.25}{60} = 262.5 \text{ lb-pulg}$$

Para determinar el esfuerzo cortante que produce el torque aplicado al eje se utiliza la siguiente ecuación:

$$\tau_{xy} = \frac{T * r}{J} \quad \text{[4-27]}$$

Donde:

$\tau_{xy}$  → Esfuerzo Cortante.

$T$  → Torque aplicado al eje

$r$  → Radio del eje  $\left(\frac{d}{2}\right)$

$J$  → Momento polar de Inercia  $\left(\frac{\pi}{32} * d^4\right)$

Reemplazando los valores de  $r$  y  $J$  en la ecuación **[4-27]** se tiene:

$$\tau_{xy} = \frac{T * \frac{d}{2}}{\frac{\pi}{32} * d^4} = \frac{16 * T}{d^3 * \pi}$$

Por lo tanto reemplazando los valores conocidos se tiene:

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 262.5}{d^3 * 3.14} = \frac{1337.6}{d^3} \quad [4-28]$$

A partir del esfuerzo de Von – Miss se tiene la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \tau_{xy} \sqrt{3} \quad [4-29]$$

Donde:

$\sigma'$  → Esfuerzo de Von – Miss

Reemplazando la ecuación [4-28] en la ecuación [4-29] se tiene:

$$\sigma' = \frac{1337.6}{d^3} \sqrt{3} = \frac{2316.79}{d^3} \quad [4-30]$$

Para determinar el diámetro del eje se utiliza la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} \quad [4-31]$$

Donde:

$S_y$  → Resistencia a la fluencia del material.

$\eta$  → Factor de seguridad.

Para continuar los cálculos se considera un factor de seguridad de 2.5 y un material ASTM A-36 ( $S_y=36$  Kpsi) entonces se tiene:

$$2.5 = \frac{36000}{\sigma'} \quad [4-32]$$



Reemplazando la ecuación [4-30] en la ecuación [4-32] se tiene:

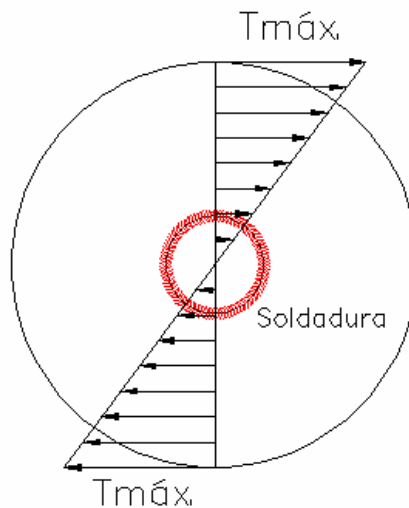
$$2.5 = \frac{36000}{\frac{2316.79}{d^3}} \rightarrow d = 0.544 \text{ pulg} \cong 14 \text{ mm}$$

Por lo tanto las dimensiones del eje son:  $l = 80 \text{ mm}$  y  $\phi = 14 \text{ mm}$  de Acero ASTM A-36

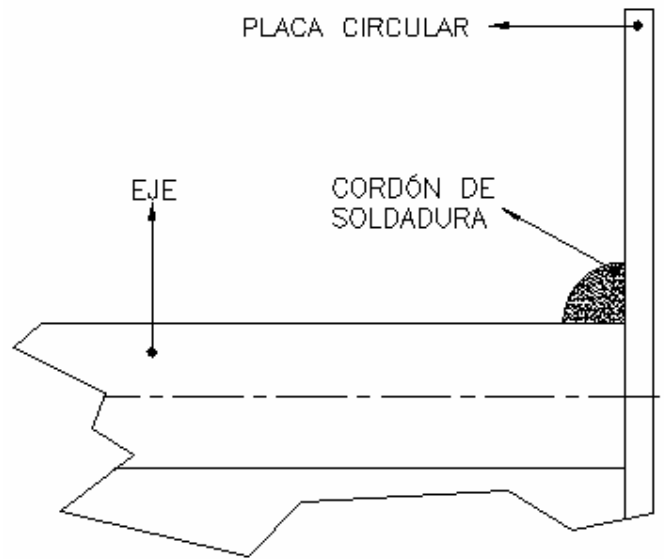
### 1.17.2 CÁLCULO DE LA SOLDADURA

Debido a que el eje de acople se suelda a una placa circular, se debe verificar si la soldadura resiste el torque aplicado.

La soldadura trabaja con un torque de 262.5 lb-pulg (3060.68 kg-mm), ésta se realiza como se muestra en la Figura 4.25 (a), 4.25 (b).



**Figura 4.25 (a) Esfuerzos en la soldadura PLACA-EJE**



**Figura 4.25 (b) Esquema de la soldadura PLACA-EJE**

Para determinar la resistencia de la soldadura se realizan los siguientes cálculos:

#### 1.17.2.1 Momento Polar de Inercia de la soldadura

Para determinar el momento polar de inercia de la soldadura se utiliza la siguiente ecuación:

$$J_{sol.} = \frac{\pi}{32} (d_{ext.}^4 - d_{int.}^4) \quad [4-33]$$

Donde:

$J_{sol.}$  → Momento Polar de Inercia de la soldadura

$d_{ext.}$  → Diámetro externo

$d_{int.}$  → Diámetro Interno (Diámetro del eje)

$g$  → Garganta de la soldadura = 3.5 mm

Para determinar el valor del  $d_{ext.}$  se realiza el siguiente cálculo:

$$d_{ext.} = d_{int.} + 2 * g = 14 + 2 * 3.5 = 21mm$$

Por lo tanto el valor del  $J_{sol.}$  (Momento Polar de Inercia de la soldadura) es:

$$J_{sol.} = \frac{\pi}{32} (20.81^4 - 12.82^4) = 15751.6mm^4$$

### 1.17.2.2 Esfuerzo Cortante de la Soldadura

Para determinar el esfuerzo cortante de la soldadura se utiliza la ecuación [4-27], entonces se tiene:

$$\tau_{m\acute{a}x.sol.} = \frac{6667.5lb - mm * 9.81mm}{15751.6mm^4}$$

$$\tau_{m\acute{a}x.sol.} = 4.15 \frac{lb}{mm^2} * \frac{(25.4mm)^2}{(1pulg)^2}$$

$$\tau_{m\acute{a}x.sol.} = 2679.01 \frac{lb}{pulg^2}$$

### 1.17.2.3 Factor de seguridad de la soldadura

Para determinar el factor de seguridad con el que trabaja la soldadura se utiliza la siguiente ecuación:

$$(\eta)_{E7018} = \frac{S_{y\ corte}}{\tau_{m\acute{a}x.sol.}} \quad [4-34]$$

Donde:

$(\eta)_{E7018} \rightarrow$  Factor de seguridad de la soldadura

$Sy_{corte}$  → Resistencia al corte del electrodo.

Para obtener el  $Sy_{corte}$  se utiliza de las especificaciones del electrodo E7018, que es el electrodo con el que se va a soldar la placa circular y el eje.

A partir de las especificaciones del electrodo E7018 se tiene:

$$Sut = 70Kpsi \quad (\text{Resistencia a la Tensión del Electrodo})$$

$$Syt = 0.75 * Sut = 0.75 * 70 = 52.5Kpsi \quad (\text{Resistencia a la Fluencia})$$

$$Sy_{Corte} = 0.6 * 52.55 = 31.5Kpsi \quad (\text{Resistencia al Corte})$$

Por lo tanto:

$$(\eta)_{E7018} = \frac{31500}{2679.01} = 11.75$$

Lo que quiere decir que la soldadura es lo suficientemente resistente para esta aplicación.

## 1.18 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para seleccionar el rodamiento adecuado, se obtiene la carga que actúa sobre el eje que está acoplado al cepillo y se la compara con el valor de carga estática del rodamiento; además de esto, se considera el número de revoluciones al que va a girar el eje.

Para determinar la carga que actúa sobre el eje se utiliza la siguiente ecuación:

$$W' = \frac{33000 * P}{V} \quad [4-35]$$

Donde:

$W'$  → Carga tangencial que actúa sobre el eje (lb)

$P$  → Potencia (HP)

$V$  → Velocidad lineal (pies/min.)

Para determinar la velocidad lineal

$$V = \frac{\pi * d * n}{12} \quad [4-36]$$

Donde:

$d$  → Diámetro del eje

$n$  → Revoluciones a las gira el eje (r.p.m)

A partir de los datos ya definidos se tiene:

$$V = \frac{\pi * 0.544 * 60}{12}$$

$$V = 8.54 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

Por lo tanto la  $W'$  (Carga tangencial que actúa sobre el eje) es:

$$W' = \frac{33000 * 0.25}{8.54}$$

$$W' = 966.042 \text{lb} \rightarrow 439.11 \text{kg} \rightarrow 4.303 \text{N}$$

En función del diámetro del eje y la carga obtenida, basados en el catálogo de rodamientos FAG se selecciona el rodamiento 16203/15 (Ver Anexo IV Selección de Rodamientos).

## 1.19 SELECCIÓN DE CHUMACERAS

Para la selección de las chumaceras se considera el rodamiento del caso anterior y con este se obtiene la chumacera 16203/15 (Ver Anexo IV Selección de Chumacera)

## 1.20 SELECCIÓN DE LA CADENA

### 1.20.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE DISEÑO

La potencia de diseño se la calcula utilizando el catálogo “Renold, Transmisión Chains”, ésta se la calcula con la siguiente fórmula

$$P_D = P * C_1 \quad [4-37]$$

Donde:

$P_D$  → Potencia de Diseño

$P$  → Potencia del Motoreductor

$C_1$  → Factor de servicio para las Cadenas

$C_1 = 1$  (Ver anexo V Factor de Servicio para cadenas).

Por lo tanto para este caso la potencia de diseño es igual a la potencia del motoreductor.

### 1.20.2 SELECCIÓN DEL PASO DE LA CADENA

Con la potencia de diseño 0.25 Hp (0.186 KW) y un piñón girando a 60 rpm, se recomienda usar una cadena simple (una sola hilera) de  $P = 1/2"$ . (Ver Anexo V Diagrama para determinar el Paso de la cadena).

### 1.20.3 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA

El largo de una cadena se expresa en cantidad de pasos (Nº de eslabones) y la fórmula para el cálculo es:

$$L = \frac{(Z_p + Z_c)}{2} + A + \frac{X}{A} + Y \quad [4-38]$$

Donde:

$L \rightarrow$  Número de Pasos o Número de Eslabones

$Z_p \rightarrow$  Cantidad de dientes del piñón.

$Z_c \rightarrow$  Cantidad de dientes de la corona.

$A = (2 * C) / P$

$P \rightarrow$  Paso de la cadena.

$C \rightarrow$  Distancia entre centros. (Se determina utilizando la Tabla 4.8)

$X \rightarrow$  factor obtenido de la tabla siguiente en función de  $(Z_c - Z_p)$ .

$Y \rightarrow$  Valor a agregar para que "L" sea una cifra entera y par.

La Tabla 4.8 muestra la distancia entre centros en función del Paso de la cadena.

**Tabla 4.8 Distancia entre centros en función del Paso**

<b>Paso</b>	[inch]	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2
	[mm]	9,525	12,70	15,875	19,05	25,40	31,75	38,10	44,45	50,80
<b>C</b>	[mm]	450	600	750	900	1000	1200	1350	1500	1700

**Fuente:** Catálogo Renold, Transmission Chains.

Entonces el largo de la cadena es:

$$L = \frac{(23+19)}{2} + \frac{2*600}{12.70} + \frac{082*12.70}{2*600} + 0.511$$

$$L = 116 \text{ Pasos o Eslabones de } \frac{1}{2}''$$

Las especificaciones y la nomenclatura de la cadena que se selecciona se rigen según la Referencia AISI 41 (Ver Anexo V “Especificaciones y nomenclatura de la cadena”)

Ahora con los datos recomendados se procede a determinar las dimensiones del piñón que para este caso son:

A=83, B=62, C=27. (Ver Anexo V “Tablas de dimensiones de piñones y discos normales”).



## 1.21 CÁLCULO DEL ESPESOR DEL SOPORTE

La geometría del soporte se muestra en la Figura 4.26

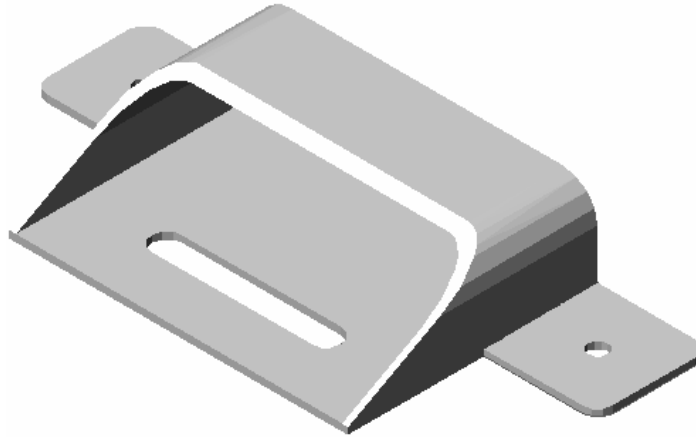


Figura 4.26 Esquema del soporte

### 1.21.1 CARGA TOTAL QUE AFECTA AL SOPORTE

Para determinar la carga total que afecta al soporte se utiliza la siguiente ecuación:

$$\omega_{T.S} = \omega_{P.N} + \omega_Z + \omega_{H2O} \quad [4-39]$$

Donde:

$\omega_{T.S}$  → Peso total que afecta al soporte

$\omega_{P.N}$  → Peso propio de la Placa Niveladora

$\omega_Z$  → Peso de la zanahoria: Se considera que en la placa se distribuye un peso de 30 kg de zanahoria.

$\omega_{H2O}$  → Peso del agua: Se considera que sobre la placa se distribuye un peso de 30 kg de agua

La placa niveladora es de acero A-36 y sus medidas son 600\*1500\*3 mm, para determinar el peso de esta placa se empieza con el cálculo del volumen y se tiene:

$$V_{Placa} = 600 * 1500 * 3$$

$$V_{Placa} = 0.0027m^3$$

A partir del peso específico del acero se tiene:

$$\gamma_{Acero} = 7.85 \frac{kg}{dm^3}$$

$$\omega_{P.N} = V_{Placa} * \gamma_{Acero} \quad \mathbf{[4-40]}$$

Por lo tanto el peso de la placa niveladora es:

$$\omega_{P.N} = 0.0027m^3 * 7.85 \frac{kg}{dm^3} * \frac{1000dm^3}{1m^3} = 21.95kg$$

Entonces la carga total que afecta al soporte es:

$$\omega_{T.S} = 21.95 + 30 + 30 = 81.95kg$$

Con la finalidad de trabajar con valores exactos se tiene  $\omega_{T.S} = 80kg$ , pero como son dos soportes entonces la carga que afecta a cada uno es 40 kg.

### 1.21.2 ESPESOR DEL SOPORTE

Para determinar el espesor de soporte se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_x = \frac{M * c}{I} \quad [4-41]$$

Donde:

$c \rightarrow$  Distancia a la fibra neutra

$I \rightarrow$  Momento de inercia

Los valores de M, c y I se los calcula con las siguientes ecuaciones:

$$M = F * l \quad [4-42]$$

$$c = \frac{t_p}{2} \quad [4-43]$$

$$I = \frac{b * t_p^3}{12} \quad [4-44]$$

Reemplazando las ecuaciones [4-42], [4-43] y [4-44] en la ecuación [4-41] se tiene:

$$\sigma_x = \frac{F * l * \frac{t_p}{2}}{\frac{b * t_p^3}{12}} = \frac{6 * F * l}{b * t_p^2} \quad [4-45]$$

Por lo tanto se reemplaza los valores definidos anteriormente en la ecuación [4-45] y se tiene:

$$\sigma_x = \frac{6 * 40 * 0.075}{0.1 * t_p^2} = \frac{180}{t_p^2} \quad [4-46]$$

A partir de la ecuación [4- 29], [4-31] y la consideración que el soporte es de acero A-36 el mismo que trabaja con un factor de seguridad de 2, se tiene:

$$2 = \frac{2.53 * 10^7 \frac{kg}{m^2}}{180 \frac{t_p^2}} \rightarrow t_p = 0.0037m \rightarrow 3.7mm \text{ (Espesor del soporte)}$$

Por lo tanto el soporte es de Acero A-36 y 3.7 mm de espesor

## 1.22 SELECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE PERNOS

### 1.22.1 PERNOS PARA LA PLACA NIVELADORA

Para desarrollar esta parte se selecciona un perno M 12 X 1.75 Grado 1.5, el mismo que debe verificarse si soporta la carga aplicada. Se utiliza la Tabla 8-5 de Joseph Shigley y se obtiene los siguientes datos:

Grado SAE 1

Sp=33kpsi (Resistencia a la Prueba)

Sut=60kpsi (Resistencia a la Tensión)

Sy=36kpsi (Resistencia a la Fluencia)

d=0.5" (Diámetro mayor nominal)

At=0.1419 (Área del esfuerzo de Tensión)

Para empezar los cálculos se utiliza la relación:

$$Aa = 2Ap \quad [4-47]$$

Donde:

$Aa \rightarrow$  Área de la arandela.

$Ap \rightarrow$  Área del perno.

Entonces se procede a calcular el factor "c" con la siguiente ecuación:

$$c = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad [4-48]$$

Donde:

$k_b \rightarrow$  Constante de rigidez del perno.

$k_m \rightarrow$  Constante de rigidez de los elementos empernados.

$$k_b = \frac{A * E}{l} \quad [4-49]$$

$$k_m = \frac{2 * A * E}{l}$$

Donde:

$A \rightarrow$  Área transversal basada en el diámetro mayor

$l \rightarrow$  Agarre.

$E \rightarrow$  Módulo de elasticidad.

A partir de la consideración de la ecuación [4-47] se tiene:

$$c = \frac{\frac{A * E}{l}}{\frac{A * E}{l} + \frac{2 * A * E}{l}} = \frac{1}{1 + 2} = \frac{1}{3} = 0.33$$

Se considera que este perno va a trabajar a fatiga y mediante el criterio de Soderberg se tiene:

$$F_i = A_t * S_y - \frac{c * \eta * P}{2} \left( \frac{S_y}{S_e} + 1 \right) \quad [4-50]$$

Donde:

$F_i \rightarrow$  Precarga

$S_y \rightarrow$  Resistencia a la fluencia

$S_e \rightarrow$  Resistencia a la fatiga.

$P \rightarrow$  Carga externa total.

$\eta \rightarrow$  Factor de seguridad.

Para determinar la precarga  $F_i$  se utiliza el siguiente rango:

$$0.6 * F_p < F_i < 0.9 * F_p \quad [4-51]$$

Donde:

$F_p \rightarrow$  Carga a la prueba.

$$F_p = A_t * S_p \quad [4-52]$$

$$F_p = 0.149 * 33000 = 4682.7 \text{ psi}$$

Se considera el límite superior del intervalo recomendado, entonces se tiene:

$$F_i = 0.9 * 4682.7 = 4214.43 \text{ psi}$$

Por lo tanto el valor de  $F_i$  es 4214.43 psi

Para determinar  $S_e$  (Resistencia a la fatiga.) se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e' \quad [4-53]$$

$$S_e' = 19.2 + 0.314 * S_{uc} \quad [4-54]$$

Para materiales dúctiles se tiene  $S_{uc} = S_{ut}$

$$S_e' = 19.2 + 0.314 * 60$$

$$Se' = 38.04 \text{ kpsi}$$

Donde:

$ka \rightarrow$  Se considera maquinado.

$$ka = 0.78$$

$$kb = 1$$

$kc = 0.897$  Dando una confiabilidad del 90%

$$ke = \frac{1}{Kf} = \frac{1}{2.2} = 0.45$$

$$ke = \frac{1}{Kf} = \frac{1}{2.2} = 0.45$$

$$Se = 0.78 * 1 * 0.897 * 0.45 * 0.45 * 38.04$$

$$Se = 11.97 \text{ kpsi}$$

De la ecuación [4-50] se tiene:

$$\eta = \frac{2 * (A_t * S_y - F_i)}{c * P * \left( \frac{S_y}{S_e} + 1 \right)} \quad [4-55]$$

Por lo tanto de los datos anteriormente definidos y la ecuación [4-55] se tiene:

$$\eta = \frac{2 * (0.1419 * 36000 - 4214.43)}{0.33 * 40 * 2.2 * \left( \frac{36}{11.97} + 1 \right)}$$

$$\eta = 15$$

Con este resultado se verifica que el perno seleccionado resiste a la aplicación propuesta.

### 1.22.2 PERNOS DE ANCLAJE PARA EL SOPORTE.

Para obtener mayor seguridad estos pernos trabajan con un 50% más de la carga que soporta los pernos de la placa reguladora.

Entonces los pernos de anclaje del soporte trabajan con una carga de 60 kg

Se selecciona un perno M 6 X 1 Grado 1.5, el mismo que se debe verificar si soporta la carga aplicada. Se utiliza la Tabla 8-5 de Joseph Shigley y se obtiene los siguientes datos:

Grado 1.5  
 $S_p=33\text{kpsi}$   
 $S_{ut}=60\text{kpsi}$   
 $S_y=36\text{kpsi}$   
 $d=0.25''$   
 $A_t=0.0318$

Entonces para verificar la resistencia de este perno se realizan cálculos similares a los del perno anterior y se tiene:

$$c = \frac{k_b}{k_b + k_m}$$

$$k_b = \frac{3.14 * 0.25^2 * 30 * 10^6}{1.96 * 4}, \text{ considerando un agarre de } 1.96$$

$$k_b = 0.75 * 10^6$$



$$k_m = \frac{\pi * d * E}{2 * \ln \left[ 5 * \left( \frac{l + 0.5 * d}{l + 2.5 * d} \right) \right]} \quad [4-56]$$

Donde:

$d \rightarrow$  Diámetro del perno

$E \rightarrow$  Módulo de elasticidad

$$k_m = \frac{3.14 * 0.25 * 30}{2 * \ln \left[ 5 * \left( \frac{1.96 + 0.5 * 0.25}{1.96 + 2.5 * 0.25} \right) \right]}$$

$$k_m = 8.1 * 10^6$$

$$c = \frac{0.75 * 10^6}{0.75 * 10^6 + 8.4 * 10^6}$$

$$c = 0.085 \approx 0.1$$

Se considera que este perno va a trabajar a carga estática, entonces se tiene:

$$F_i = A_t * S_y - c * \eta * P \quad [4-57]$$

Para determinar la precarga  $F_p$ :

$$F_p = A_t * S_p$$

$$F_p = 0.0318 * 33000 = 1049.4 \text{ psi}$$

Se considera el límite superior del intervalo recomendado y se tiene:

$$F_i = 0.9 * 1049.4 = 944.46 \text{ psi}$$

De la ecuación [4-57] se tiene:

$$\eta = \frac{A_t * S_y - F_i}{c * P} \quad [4-58]$$

De los valores definidos anteriormente y con la ecuación [4-58] se tiene:

$$\eta = \frac{0.0318 * 36000 - 944.46}{132 * 0.1}$$

$$\eta = 15.1$$

Este resultado indica que el perno resiste la aplicación propuesta.

## 1.23 DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS

### 1.23.1 ESTRUCTURA PARA EL TANQUE DE LAVADO.

La estructura que soporta el tanque de lavado está formada por perfiles, los mismos que se calculan con ayuda del Programa SAP 2000, para ello se procede a determinar las diferentes cargas que intervienen para su diseño:

#### 1.23.1.1 Carga que soporta la estructura

Para determinar la carga que soporta la estructura se debe considerar el peso propio del tanque, el peso del agua, el peso del transportador de extracción continua y todos los elementos que están dentro del tanque.

Entonces se tiene:

$$\omega_T = \omega_t + \omega_E + \omega_{H_2O} \quad [4-59]$$

Donde:

$\omega_T$  → Peso total que soporta la estructura.

$\omega_t$  → Peso propio del tanque

$\omega_E$  → Peso de los elementos que se encuentran dentro del tanque

$\omega_{H_2O}$  → Peso del agua.

Ahora:

$$\omega_E = \omega_{T.E.C} + \omega_C + \omega_V \quad [4-60]$$

Donde:

$\omega_{T.E.C}$  → Peso del transportador de extracción continua

$\omega_C$  → Peso de los cepillos

$\omega_V$  → Peso de varios elementos

El peso de los cepillos se midió en Campo y aproximadamente cada cepillo pesa 1.4 kg. Por lo tanto se tiene un total de 10 kg. por los 7 cepillos

El peso de varios elementos  $\omega_V$  se considera un valor de 15 kg, aquí se considera el peso de piñones, chumaceras, cadenas, pernos.

Entonces el peso  $\omega_E$  (Peso de los elementos que se encuentran dentro del tanque) es:

$$\omega_E = 70.29 + 10 + 15 = 95.29 \text{ kg}$$

El Peso del tanque  $\omega_t$  se determina calculando el volumen de las paredes que conforman el tanque de lavado:

$$V_{P-T} = 2 * \frac{4 * 1.2}{2} * 0.003 + 2 * 2.33 * 0.65 * 0.003 = 0.023487 \text{ m}^3$$

A partir de la Densidad del Acero se tiene:

$$\omega_t = 0.023487m^3 * 7.85 \frac{kg}{dm^3} * 1000 \frac{dm^3}{1m^3} = 184.373kg$$

Entonces el peso del tanque  $\omega_t$  es 184.37 kg.

Por lo tanto el peso total que soporta la estructura es:

$$\omega_T = 184.373 + 95.29 + 1170 = 1449.66kg$$

Considerando que la carga se distribuye de forma igual en la parte superior de la estructura entonces se tiene:

$$q = \frac{1449.66kg}{9.3m} = 155.878 \frac{kg}{m}$$

Con este valor de  $q$  y la ayuda del Programa SAP 2000 se realizan algunas iteraciones hasta obtener el perfil más adecuado para esta aplicación.

De acuerdo con los datos obtenidos en el Programa SAP 2000 (Ver Anexo VI Cálculos Programa SAP 2000, Estructura del tanque de lavado) el perfil que se utiliza es: TS 2x2x3/16

### 1.23.2 ESTRUCTURA PARA LA TOLVA

De manera similar al cálculo anterior se procede a determinar la carga que soporta la estructura de la tolva.

$$\omega_T = \omega_t + \omega_{Producto} \quad [4-61]$$

Para determinar el peso de la tolva se calcula el volumen de las paredes que conforman la Tolva y se tiene:

$$V_{P-t} = 0.003 * \left( 2 * \frac{0.73 * 0.45}{2} + 2 * \frac{1 * 0.3}{2} + \frac{0.96 * 0.4}{2} * 0.4 \right)$$

$$V_{P-t} = 0.00023m^3$$

De igual forma que en el tanque de lavado, con el peso específico se tiene:

$$\omega_t = 0.00301m^3 * \frac{1000dm^3}{m^3} * 7.85 \frac{kg}{dm^3} = 23.62kg$$

$$\omega_{Producto} = 45.45kg$$

$$\omega_T = 23.62 + 45.45 = 69.07kg$$

Considerando que la carga se distribuye de forma igual en la parte superior de la estructura y se tiene:

$$q = \frac{69.07kg}{3.6m} = 19.18 \frac{kg}{m}$$

Con este valor de  $q$  y la ayuda del Programa SAP 2000 (Ver Anexo VI Cálculos Programa SAP 2000 Estructura de la Tolva) se obtiene que el perfil apropiado para esta estructura es el TS 2x2x3/16

### 1.23.3 ESTRUCTURA PARA LA BANDA DOSIFICADORA

Para determinar la carga que soporta la estructura de la banda dosificadora se considera el peso total de la banda.

$$\omega_{B.D} = 70.29kg$$

Se asume que la carga se distribuye de forma uniforme en la parte superior de la estructura y se tiene:

$$q = \frac{70.29kg}{2m} = 35.145 \frac{kg}{m}$$

Ahora como el peso del motor, es aproximadamente el 10% de “q” se considera que carga distribuida total es:

$$q = 37 \frac{kg}{m}$$

Con este valor de  $q$  y la ayuda del Programa SAP 2000 (Ver Anexo VII Cálculos Programa SAP 2000, Estructura banda Dosificadora) se obtiene que el perfil apropiado para esta estructura es el TS 2x2x3/16

Todas las estructuras de la máquina se construyen con el mismo perfil, con los datos del perfil calculado y de acuerdo a lo que se encuentra en el mercado local se tiene el Tubo estructural cuadrado de 50x3 mm.

Finalizado el diseño se elaboran los planos de taller y de montaje. Estos planos contienen la respectiva ingeniería de detalle que permiten una simple construcción y montaje de la máquina. Estos planos se muestran en el Anexo VIII

## **CAPÍTULO 5**

### **CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE**

#### **1.24 GENERALIDADES**

La construcción de la máquina lavadora de la zanahoria se la debe realizar en un taller mecánico industrial, donde existan todos los equipos necesarios para la construcción de cada uno de los elementos que conforman la máquina.

Los elementos que conforman la máquina lavadora de zanahoria se los construye de acuerdo con los planos de taller

Un factor importante que se debe tomar en cuenta es el de obtener en el mercado local la materia prima y los elementos que conforman la lavadora de zanahoria.

#### **1.25 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA**

Para la construcción de la máquina se requiere determinar:

- Requerimientos para la construcción
- Máquinas y equipos
- Herramientas
- Instrumentos de medición y verificación
- Materia prima
- Elementos normalizados
- Elementos seleccionados
- Elementos a construir.
- Hojas de proceso

Los motoredutores que se utilizan para dar movimiento a las bandas transportadoras, sistema de cepillos y sistema de extracción continua, se los adquiere en el mercado local.

Los procesos de construcción son tales que la construcción de la máquina puede realizarse en cualquier taller que tenga los equipos básicos, ya que no es necesario contar con equipos de alta tecnología o mano de obra calificada, la construcción para esta máquina básicamente incluyen procesos de corte, soldadura y doblado.

### **1.25.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN**

Para realizar la construcción de cada uno de los elementos que conforman la máquina lavadora de zanahoria se requiere: máquinas, equipos, herramientas, materiales, instrumentos, etc. Los que se detallan a continuación:

#### **1.25.1.1 Máquinas y Equipos**

- Dobladora
- Cizalla
- Fresadora
- Esmeril
- Torno
- Soldadora Eléctrica
- Equipo de Pintura

#### **1.25.1.2 Herramientas**

- Brocas
- Útiles para torneear.
- Escuadras
- Limas
- Martillo



- Llaves
- Rayador
- Sierra de arco

#### **1.25.1.3 Instrumentos de medición y verificación**

- Calibrador pie de rey
- Compás
- Nivel
- Flexómetro
- Escuadra

#### **1.25.1.4 Resumen de Materia prima**

- Tubo cuadrado de 50 X 3 mm
- Plancha de Acero A-36, diversas espesores.
- Eje de acero AISI 1018 de diámetro 35mm.

#### **1.25.1.5 Listado de elementos a construir.**

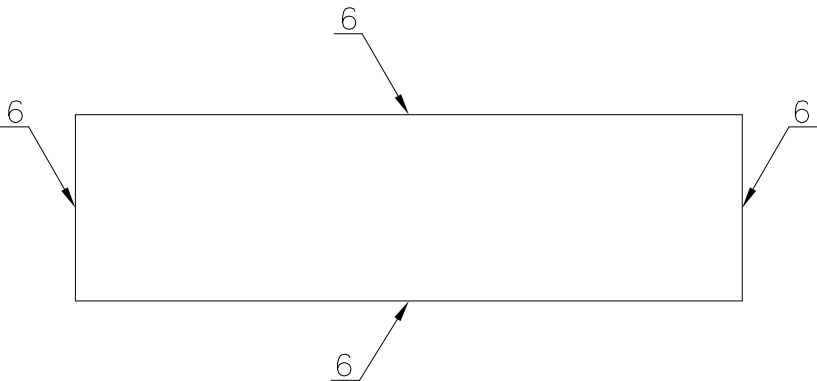
- Soportes: Plano 1.2456.104
- Guías de salida: Plano 1.2456.105
- Tanque de lavado: Plano 1.2456.101
- Tolva: Plano 1.2456.102
- Eje de acople: Plano 1.2456.110

## **1.26 HOJAS DE PROCESOS**

Para la construcción de la lavadora de zanahoria, es necesario disponer de los procedimientos de fabricación de los diferentes elementos a construirse. A continuación se presentan las hojas de procesos para la construcción de los elementos que conforman la máquina.

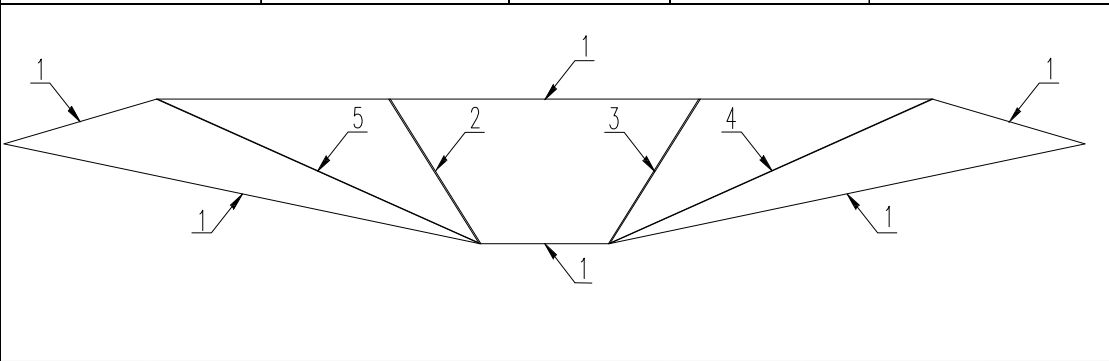
LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: TANQUE DE LAVADO, PARED TRIANGULAR	Nº DE PLANO: 1.2263.101	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO ASTM A36	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min.)
1	Trazado		1		30
1	Corte de la plancha		1	3	30
2	Medir y Trazado de centros				30
2	Agujeros Pasantes	400	5	3	20
3	Medir y Trazado de centros				5
3	Agujeros pasantes	400	5	3	5
4	Doblado a 90º respecto 1				15

LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: TANQUE DE LAVADO, PARED TRIANGULAR	Nº DE PLANO: 1.2263.101	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO ASTM A36	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado		1		30
1	Corte de la plancha		1	3	30
2	Medir y Trazado de centros				30
2	Agujeros Pasantes	400	5	3	20
3	Medir y Trazado de centros				5
3	Agujeros pasantes	400	5	3	5
4	Medir y Trazado de centros				10
4	Agujeros pasantes	400	5	3	10
5	Doblado a 90º respecto 1				15

LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: TANQUE DE LAVADO, PARED RECTANGULAR	Nº DE PLANO: 1.2263.101	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: ACERO ASTM A36
				
Superficie	Operación	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
6	Trazado			15
6	Corte de la plancha	1	3	20

Proceso de ensamblaje del tanque de lavado.

TANQUE DE LAVADO	
<b>NUMERO:</b>	1
<b>ELEMENTOS:</b>	2 Paredes rectangulares
	1 Pared triangular sin desagüe
	1 Pared triangular con desagüe
<b>MATERIAL DE APORTE:</b>	Electrodo E6011
PROCESO DE ENSAMBLAJE	
1.-Soldadura superficie 1(Pared Rectangular) con superficie 5 (Pared triangular sin desagüe)	
2.-Soldadura superficie 1(Pared Rectangular) con superficie 5 (Pared triangular con desagüe)	
3.-Colocación del desagüe	

LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: TOLVA	Nº DE PLANO: 1.2263.102	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO ASTM A36
				
Superficie	Operación	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min.)
1	Trazado	1		60
1	Corte de la plancha	1	3	30
2	Doblar 90° respecto 1			30
3	Doblar 90° respecto 1			30
4	Doblar 30° respecto 2			30
5	Doblar 30° respecto 2			30

LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: PLACA NIVELADORA	Nº DE PLANO: 1.2263.103	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO ASTM A36	
<p>The drawing shows a rectangular leveling plate with a grid of 20 holes (4 rows by 5 columns). A vertical section line 'A-A' is drawn through the center. A detail view 'CORTE A-A' shows the thickness of the plate with dimensions 3 and 4. Callouts 1, 2, 3, and 4 point to specific features: 1 points to the top edge, 2 to a hole, 3 to the top thickness, and 4 to the bottom thickness.</p>					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la plancha		1	3	30
2,3	Medir y Trazado de centros		1		30
2,3	Agujeros Pasantes	400	3	3	60
4	Medir y Trazado de centros		1		5
4	Agujeros Pasantes	400	3	3	5

LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: BASE DEL SOPORTE DEL NIVELADOR	Nº DE PLANO: 1.2263.104	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: ACERO ASTM A36	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la plancha		1	3	10
2	Medir y Trazado de centros		1		5
2	Agujeros Pasantes	400	5	3	5
3	Medir y Trazado de centros		1		5
3	Agujeros Pasantes	400	5	3	30

LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: PARTE SUPERIOR DEL SOPORTE	Nº DE PLANO: 1.2263.104	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: ACERO ASTM A36
Superficie	Operación	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min.)
4	Trazado	1		10
4	Corte de la plancha	1	3	10
5	Doblar 90º, respecto 4			5

Proceso de ensamblaje del soporte del nivelador

GUIA DE SALIDA	
<b>NUMERO:</b>	2
<b>ELEMENTOS:</b>	4 Bases del soporte
	2 Partes superiores
<b>MATERIAL DE APORTE:</b>	Electrodo E6011
PROCESO DE ENSAMBLAJE	
1.-Soldadura superficie 1(Primera Base del Soporte) con superficie 4 (Parte superior del soporte)	
2.-Soldadura superficie 1(Segunda Base del Soporte) con superficie 4 (Parte superior del soporte)	

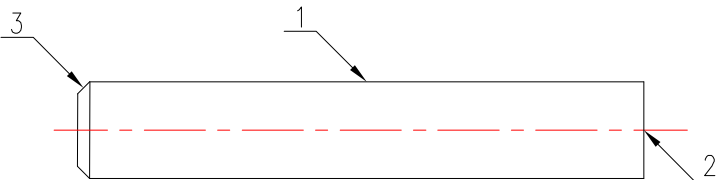


LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: SOPORTES DE LA GUIA DE SALIDA	Nº DE PLANO: 1.2263.105	CANTIDAD DE PIEZAS: 2	MATERIAL: ACERO SAE C1045	
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado		1		5
1	Corte de la plancha		1	3	10
2	Medir y Trazado de centros		1		10
2	Agujeros Pasantes	400	5	3	10
3	Medir y Trazado de centros		1		10
3	Agujeros Pasantes	400	5	3	5
4	Doblado a 90º respecto 1				5

LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: PLACA DE LA GUIA DE SALIDA	Nº DE PLANO: 1.2263.102	CANTIDAD DE PIEZAS: 1	MATERIAL: ACERO SAE C1045
Superficie	Operación	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
5	Trazado	1		15
5	Corte de la plancha	1	3	15
6	Doblado a 90º respecto 5			5
7	Doblado a 90º respecto 5			5

Proceso de ensamblaje de la guía de salida de la zanahoria

<b>GUIA DE SALIDA</b>	
<b>NUMERO:</b>	1
<b>ELEMENTOS:</b>	2 Soportes de la guía de salida 1 placa de la guía de salida
<b>MATERIAL DE APORTE:</b>	Electrodo E6011
<b>PROCESO DE ENSAMBLAJE</b>	
1.-Soldadura superficie 1(Primer Soporte de la guía) con superficie 5 inclinada (placa de la guía)	
2.-Soldadura superficie 1(Segundo Soporte de la guía) con superficie 5 de la guía)	

LAVADORA DE ZANAHORIA	ELEMENTO: EJE ACOPLA	Nº DE PLANO: 1.2263.109	CANTIDAD DE PIEZAS: 14	MATERIAL: ACERO ASTM A36	
					
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Medir y cortar		1	10	10
2	Refrentar	400	2	1	15
3	Chaflanar	400	2	1x45°	15

LAVADORA DE ZANAHORIA		ELEMENTO: ACOPLE AL CEPILLO	Nº DE PLANO: 1.2263.109	CANTIDAD DE PIEZAS: 14	MATERIAL: ACERO ASTM A36
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado		1		5
1	Corte de la plancha		1	3	10
2	Medir y Trazado de centros		1		5
2	Agujeros Pasantes	400	5	3	10
3	Medir y Trazado de centros		1		5
3	Agujeros Pasantes	400	5	3	10

Proceso de ensamblaje de la guía de salida de la zanahoria

ACOPLE AL CEPILLO DE LAVADO	
<b>NUMERO:</b>	14
<b>ELEMENTOS:</b>	14 Acoples al cepillo
	14 Ejes
<b>MATERIAL DE APORTE:</b>	Electrodo E6011
<b>PROCESO DE ENSAMBLAJE</b>	
1.-Soldadura superficie 2(Eje) con superficie 1 (acople al cepillo)	

### **1.26.1 ETAPAS DE CONTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS**

La construcción de cualquiera de las tres estructuras que conforman la lavadora se la efectúa en el siguiente orden:

- a. Pedido de materia prima.
- b. Trazado sobre perfiles. Utilizar planos: 1.2263.106, 1.2263.107, 1.2263.108, dependiendo la estructura a construirse.
- c. Corte a dimensiones establecidas.
- d. Armado de la estructura (Puntos de suelda)
- e. Verificación de dimensiones, perpendicularidad, paralelismo y estabilidad.
- f. Cordón definitivo de soldadura
- g. Eliminación de defectos los defectos de soldadura.

## **CAPÍTULO 6.**

### **COSTOS**

#### **1.27 INTRODUCCIÓN**

El análisis de costos, tiene por objetivo determinar el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto. El análisis de costos se lo realiza tomando en cuenta los costos directos y los costos indirectos.

Para determinar el Costo Total Directo se considera los costos parciales de:

- Materiales directos
- Elementos Normalizados
- Costos de Maquinado
- Costos de Montaje

De manera similar para determinar el Costo Total Indirecto se considera los costos parciales de:

- Materiales Indirectos
- Costos de Ingeniería
- Gastos Imprevistos

Para determinar el Costo total de la máquina lavadora de zanahoria se suma el total de los Costos Directos con los Costos Indirectos.

## 1.28 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

### 1.28.1 COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS.

Se denominan Materiales Directos a la materia prima que se utiliza para construir los elementos que conforman la maquina. Los costos de materiales directos se presentan en la Tabla 6.1

**Tabla 6.1 Costos de materiales directos**

Material	Cantidad	Peso [kg]	Valor unitario [usd]	Valor total [usd]
Ele cilíndrico de acero A-36 ϕ1/2",l=100mm	14	1,39	2,05/kg	2,84
Plancha de acero A-36, e=3mm, 1500x630	1	21,95	1,05/kg	23,04
Plancha de acero A-36, e=2,5mm, 650x2330	2	59,44	1,05/kg	62,41
Plancha de acero A-36, e=1,2mm, 4000x2330	2	175,5 8	1,05/kg	184,36
Plancha de acero A-36, e=1,6mm, 3350x400	1	2,278	1,05/kg	2,4
Plancha de acero A-36, e=3mm, 1000x1000	1	3	1,05/kg	3,15
Tubo estructural cuadrado 50x50x3,(Disponible en 6m)	6		26,86	161,16
Perfil estructural Canal "U" 150x50x3(Disponible 6m)	1		28,67	28,67
<b>Subtotal</b>				<b>468,03</b>

**Fuente:** Comercializadoras de Quito

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

### 1.28.2 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

Son aquellos que son de libre comercialización en el mercado y no necesitan ser alterados para su uso. Los costos de los elementos directos se muestran en la siguiente Tabla 6.2

**Tabla 6.2 Costos de elementos Normalizados**

<b>Material</b>	<b>Canti dad</b>	<b>Valor unitario [usd]</b>	<b>Valor total [usd]</b>
Soporte de pared UCF 203-10 1/8	21	4,83	101,43
Soporte de pared UCF 207-22 1 1/8	8	7,75	62
Moto reductor , ortogonal, 1/8 HP 220V	1	300	300
Moto reductor , ortogonal, 2 HP 220V	1	415	415
Banda, textil de PVC con grapas ,2 lonas, espesor 2 1mm,L=5,5m	1	213,92	213,92
Banda, textil de PVC con grapas ,2 lonas, espesor 2 1mm,L=5m	1	194,48	194,48
Piñones 19 dientes	7	7,96	55,72
Cadena Marca Trans Ind , Caja de 3m	2	23,34	46,68
Cepillo, L=550, $\phi$ =80mm	7	150	1050
Rodillo, L=800, $\phi$ =80mm (Acabado en Negro)	4	40	160
<b>Subtotal</b>			<b>2599,23</b>

**Fuente:** Comercializadoras de Quito

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

### 1.28.3 COSTOS DE MAQUINADO

Este costo tiene que ver con el valor respecto a la mano de obra directa empleada en las máquinas herramientas y equipamiento eléctrico. Estos valores se presentan en la Tabla 6.3

**Tabla 6.3 Costos de maquinado**

<b>Máquina</b>	<b>Costo por máquina incluido mano de obra [usd/h]</b>	<b>Tiempo total [h]</b>	<b>Costo total por máquina [usd]</b>
Torno	6	1	6
Fresadora	12	1	12
Soldadura	6	12	72
Taladradora	4,5	3,5	15,75
Cizalla	4,5	4	18
Dobladora	3	3	9
<b>Subtotal</b>			<b>132,75</b>

**Fuente:** Taller Máquinas Herramientas

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.



#### 1.28.4 COSTOS DE MONTAJE

Estos costos están relacionados con la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de cada una de las partes y la máquina. Para el montaje, se considera el trabajo de 2 personas durante 2 días a un costo de \$15 diarios/trabajador, resultando un costo total de \$60.

#### 1.28.5 COSTO DIRECTO TOTAL

En la Tabla 6.4 se indica la cantidad total del costo directo.

**Tabla 6.4 Costos Directo Total**

Componente del costo	Valor [usd]
Materiales Directos	468,03
Elementos Directos	2599,23
Costo de maquinado	132,75
Costo de Montaje	60
<b>Subtotal</b>	<b>3260,01</b>

### 1.29 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

#### 1.29.1 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS

Los costos de materiales indirectos se muestran e la Tabla 6.5

**Tabla 6.5 Costos de materiales Indirectos**

Material	Cantidad	Valor unitario [usd]	Valor total [usd]
Electrodos 6011-1/8"(lb)	7	1,5	10,5
Lija para Hierro	4	0,5	2
Pintura anticorrosiva	1L	3	2
Thiñer	1L	1,5	1,5
Guaype	5	0,2	1
Varios		5	5
<b>Subtotal</b>			<b>22</b>

**Fuente:** Comercializadoras de Quito

**Elaborado:** Guido Tituaña Ch.

### 1.29.2 COSTOS DE INGENIERÍA

Corresponde al costo debido al tiempo que los ingenieros han dedicado para el diseño de la máquina. Aproximadamente se emplean 60 horas

Este costo constituye el valor económico debido al valor conocimiento del ingeniero para diseñar y seleccionar los elementos de la máquina.

Un ingeniero con experiencia en diseño de Maquinaria Alimenticia debe percibir un mínimo de 20 dólares por hora. El tiempo necesario para el diseño es aproximadamente 60 horas, por lo tanto el costo por diseño es: 1200 dólares

### 1.29.3 GASTOS IMPREVISTOS

Se relacionan principalmente con los costos de movilización de las personas y transporte de materiales. Se estima estos costos aproximadamente en 20 USD

### 1.29.4 COSTO TOTAL INDIRECTO

En la Tabla 6.6 se indica la cantidad total del costo indirecto.

**Tabla 6.6 Costos Total Indirecto**

<b>Componente del costo</b>	<b>Valor [usd]</b>
Materiales Indirectos	22
Costo de ingeniería	1200
Gastos Indirectos	20
<b>Subtotal</b>	<b>1242</b>

## 1.30 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.

Resulta de la adición de los costos directos con los costos indirectos, esto se indica en la Tabla 6.7

**Tabla 6.7 Costo Total de la máquina**

<b>COMPONENTE DEL COSTO</b>	<b>VALOR[USD]</b>
Costo Directo	<b>3260,01</b>
Costo Indirecto	<b>1242</b>
<b>Total</b>	<b>4502.01</b>

Como se puede ver en la Tabla 6.7; el costo total obtenido para la lavadora de zanahoria, resulta accesible para los pequeños y medianos productores agrícolas.

En comparación con las máquinas importadas y las que se producen a nivel nacional, el costo de la máquina diseñada disminuye en un 60% lo que se hace atractivo para los productores agrícolas.

## **CAPÍTULO 7.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **1.31 CONCLUSIONES**

Al finalizar el desarrollo del diseño de una máquina lavadora de zanahoria, se presentan los siguientes juicios valorativos que se detallan de la siguiente manera:

- En nuestro país específicamente en el área agroindustrial, no hay la preocupación ni el interés para diseñar y construir maquinaria para el lavado de productos agrícolas.
- De acuerdo a la información obtenida de los cultivadores de productos agrícolas; un 50% de éstos se lavan antes de comercializarlos y de éstos un 90% se los lava de forma manual necesitando la mitad de tiempo para cosecharlos y la otra mitad para lavarlos.
- El objetivo principal se ha cumplido al diseñar la máquina lavadora de zanahoria, que satisface con los parámetros funcionales y requerimientos operacionales planteados al inicio de este trabajo.
- Los planos para la posterior construcción se presentan de forma clara y cumpliendo con las normas de dibujo, con todas las indicaciones necesarias para la construcción de la máquina lavadora de zanahoria.
- El funcionamiento puede ser controlado por cualquier persona, no se requiere de personal calificado.

- El diseño de la Máquina lavadora de zanahoria permite que esta pueda ser desmontada si se requiere transportarla a otro lugar.

### **1.32 RECOMENDACIONES**

- El lavado de zanahoria debe realizarse preferentemente antes de transcurridas 6 horas luego de la cosecha.
- Se recomienda poner énfasis en la precisión de las dimensiones en la construcción de los elementos de acople, de tal forma que al ensamblar la máquina no exista problemas.
- Las bandas dosificadora y de extracción continua deben estar tensadas lo suficiente para que no permitir deslizamiento entre la banda y el rodillo.
- Como se manipula alimentos se recomienda utilizar pintura exterior, fondo anticorrosivo, con acabado en sintético; en el interior utilizar epóxica apta para inmersión permanente en agua.
- Se recomienda utilizar duchas de aspersion en la tolva para ablandar la tierra y otros elementos adheridos en el producto.
- Se sugiere continuar con este tipo de proyectos orientados a mejorar el agroindustria, facilitando el trabajo y mejorando la producción agraria.
- Se deben seguir todas las recomendaciones de seguridad industrial para realizar los distintos trabajos en las máquinas herramientas utilizadas cuando se construya la lavadora.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Catastro del Cantón Mejía. 1995
2. INTRALOX; Manual de ingeniería de las bandas transportadoras.
3. SHIGLEY-MISCHKE; Diseño en Ingeniería Mecánica; 5ª Ed; Editorial Mc Graw-Hill; México ,1989.
4. MARKS; Manual del Ingeniero Mecánico 9ª Ed; Editorial McGraw-Hill; México.
5. ROTRANS, Catálogo de rodillos.
6. KAUMAN S/A, Manual de bandas
7. AISC, Manual of Steel Construction, Eighth edition, 1980
8. S.K.F; Catalogo General; Editorial S.K.F; Italia 1989.
9. McCORMAC; Diseño de Estructuras Metálicas; editorial Ingramex; México;1982
10. ESTRONEO Y CONSORTI; El Dibujo Mecánico; 2ª Ed; Editorial Montaner y Simon S.A; Barcelona, 1975.
11. VARGAS, J; Guía de los fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2006.
12. INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.
13. VARGAS, J; Producción por Virutaje; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2006.

14. [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

15. [www.wymaengineering.co.nz](http://www.wymaengineering.co.nz).

## **ANEXOS**

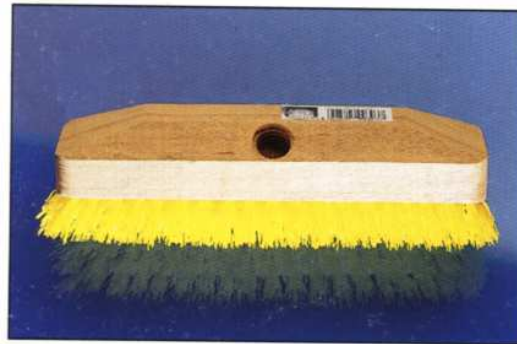


# ANEXO I

1. Características y especificaciones de los cepillos para las pruebas de Campo
  - 1.1. Cepillo spazzolone legno wooden scrubber
  - 1.2. Cepillo spazzola abiti nailon bristle clothes brush
  - 1.3. Cepillo spazzola bucato manichetto washing brush
  - 1.4. Cepillo spazzola violino bucato plastic washing brush

## CARATTERISTICHE E SPECIFICAZIONI DEI CEBILLO







### 1.1. CEBILLO SPAZZOLONE LEGNO WOODEN SCRUBBER





 <b>ART.303 SPAZZOLONE LEGNO WOODEN SCRUBBER</b> <i>Supporto: Legno naturale mm.240x67. Fibra: PPN ondulato similtrebbia sporgenza mm.25 gr.60. Board: Natural wood mm.240x67. Fibre: Wavy PPN similtrebbia length mm.25 gr.60.</i>			 pcs.24
 0,0263	 kg.8,5	 1 Mc <sup>3</sup> = 912	 8 008805 009037

### 1.2. CEBILLO SPAZZOLA ABITI NAILON BRISTLE CLOTHES BRUSH










 <b>ART.903 SPAZZOLA ABITI NAILON CLOTHES BRUSH</b> <i>Supporto: In polipropilene espanso verniciato. Fibra: In nailon sporgenza mm.25. Board: In foamed polypropylene varnished. Fibre: In nylon length mm.25.</i>			 pcs.24
 0,0171	 kg.4,2	 1 Mc <sup>3</sup> = 1.400	 8 008805 009039

### 1.3. CEPILLO SPAZZOLA BUCATO MANICHETTO WASHING BRUSH

	 <b>ART.405 SPAZZOLA BUCATO C/MANICHETTO WASHING BRUSH</b> <i>Supporto: Polipropilene.</i> <i>Fibra: PPN liscio bianco sporgenza mm.30. gr.30.</i> <i>Board: Polypropylene.</i> <i>Fibre: White smooth PPN length mm.30. gr.30.</i>		  <i>pcs.24</i>
	 <i>0,0142</i>	 <i>kg.3,7</i>	 <i>1 Mc³ = 1.680</i>

### 1.4. CEPILLO SPAZZOLA VIOLINO BUCATO PLASTIC WASHING BRUSH

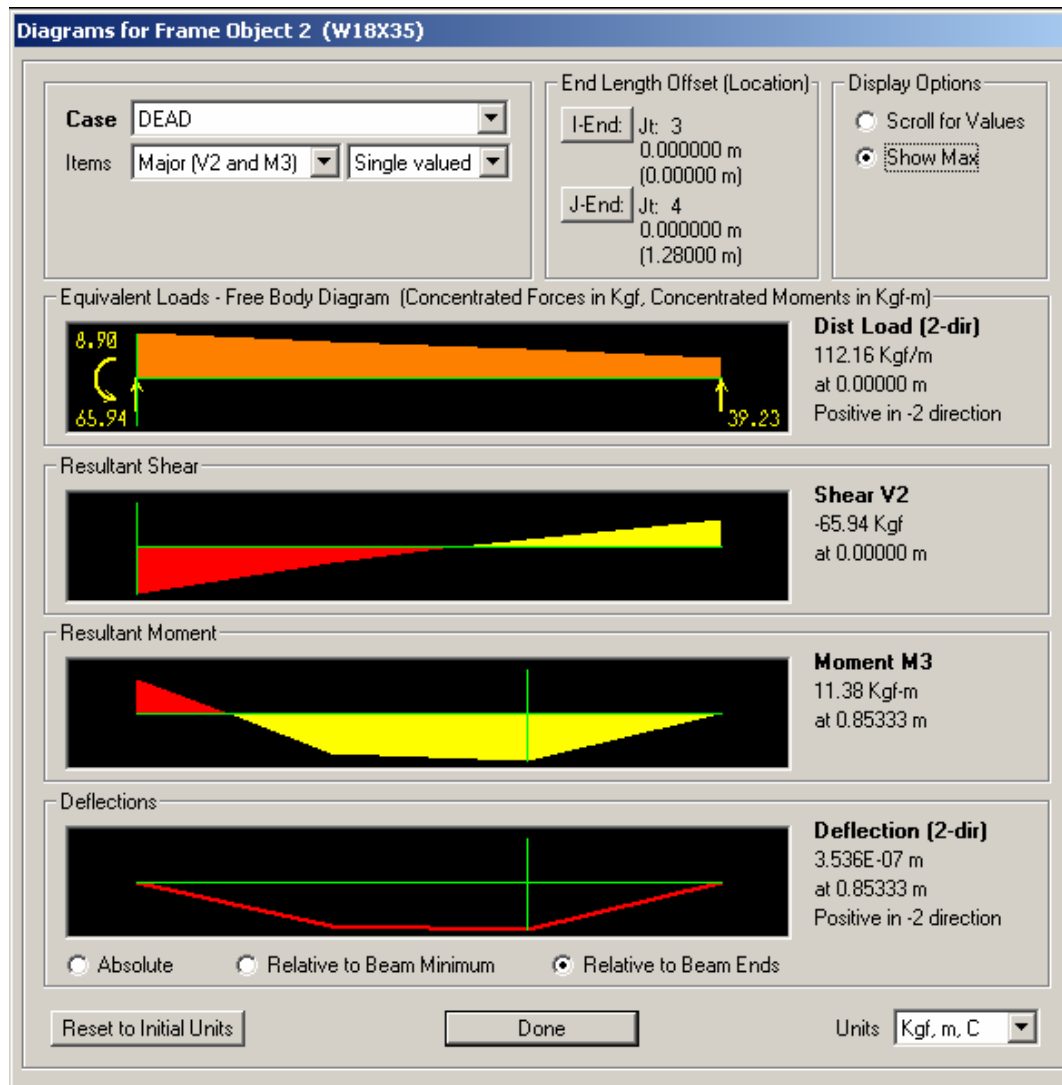
	 <b>ART.806 SPAZZOLA VIOLINO BUCATO PLASTIC WASHING BRUSH</b> <i>In politene. Dimensioni mm.155x60.</i> <i>In polythene. Dimensions mm.155x60.</i>		  <i>pcs.360</i>
	 <i>0,1000</i>	 <i>kg.16,5</i>	 <i>1 Mc³ = 3.600</i>

## **ANEXO II**

1. Cálculos Programa SAP 2000, Pared rectangular
2. Cálculos Programa SAP 2000, Caras triangulares
3. Cálculos Programa SAP 2000, Tolva

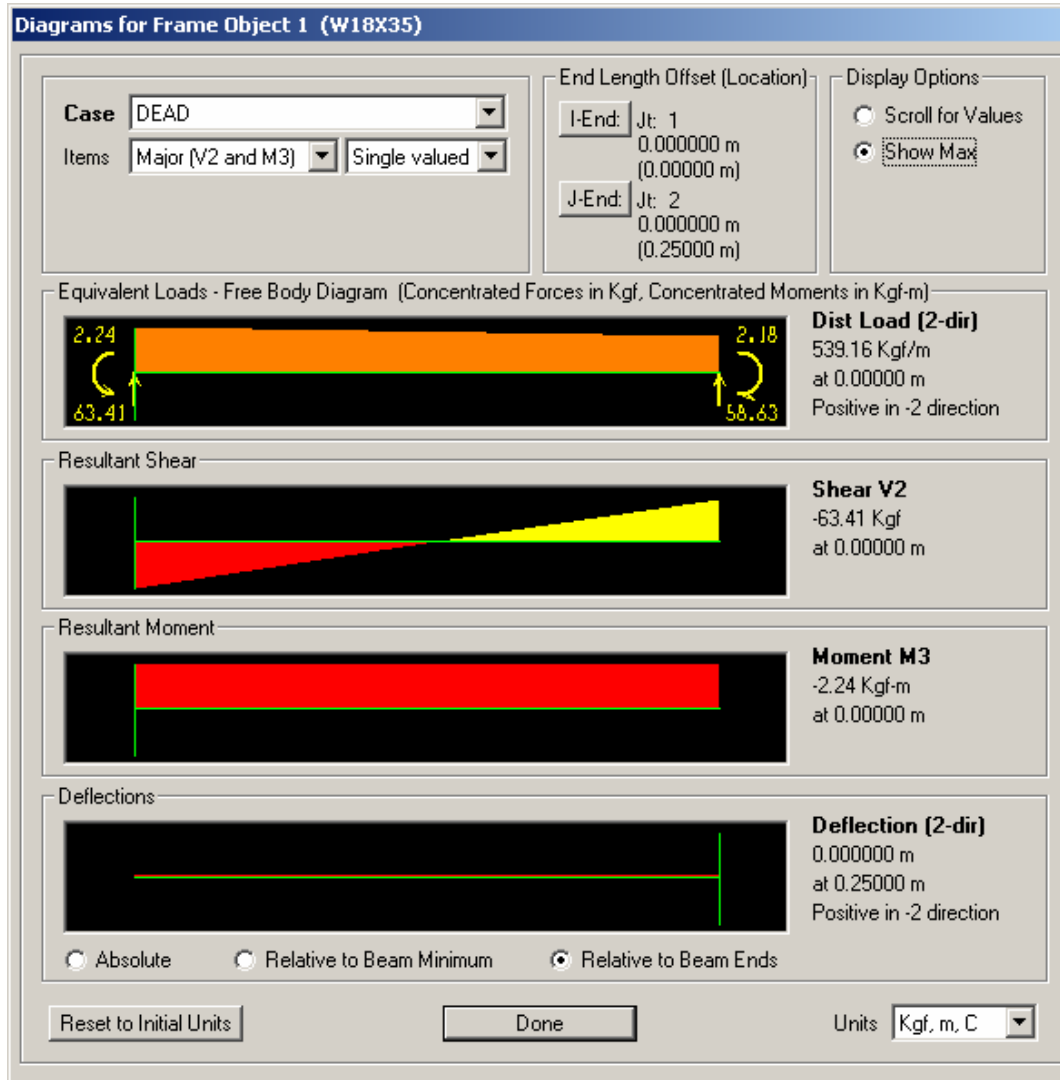
## 1. CALCULOS PROGRAMA SAP 2000, PARED RECTANGULAR

En esta sección se muestra el tramo de la viga, donde se encuentra el momento máximo en comparación a los otros tramos, este momento es igual a 11.38 kgf-m



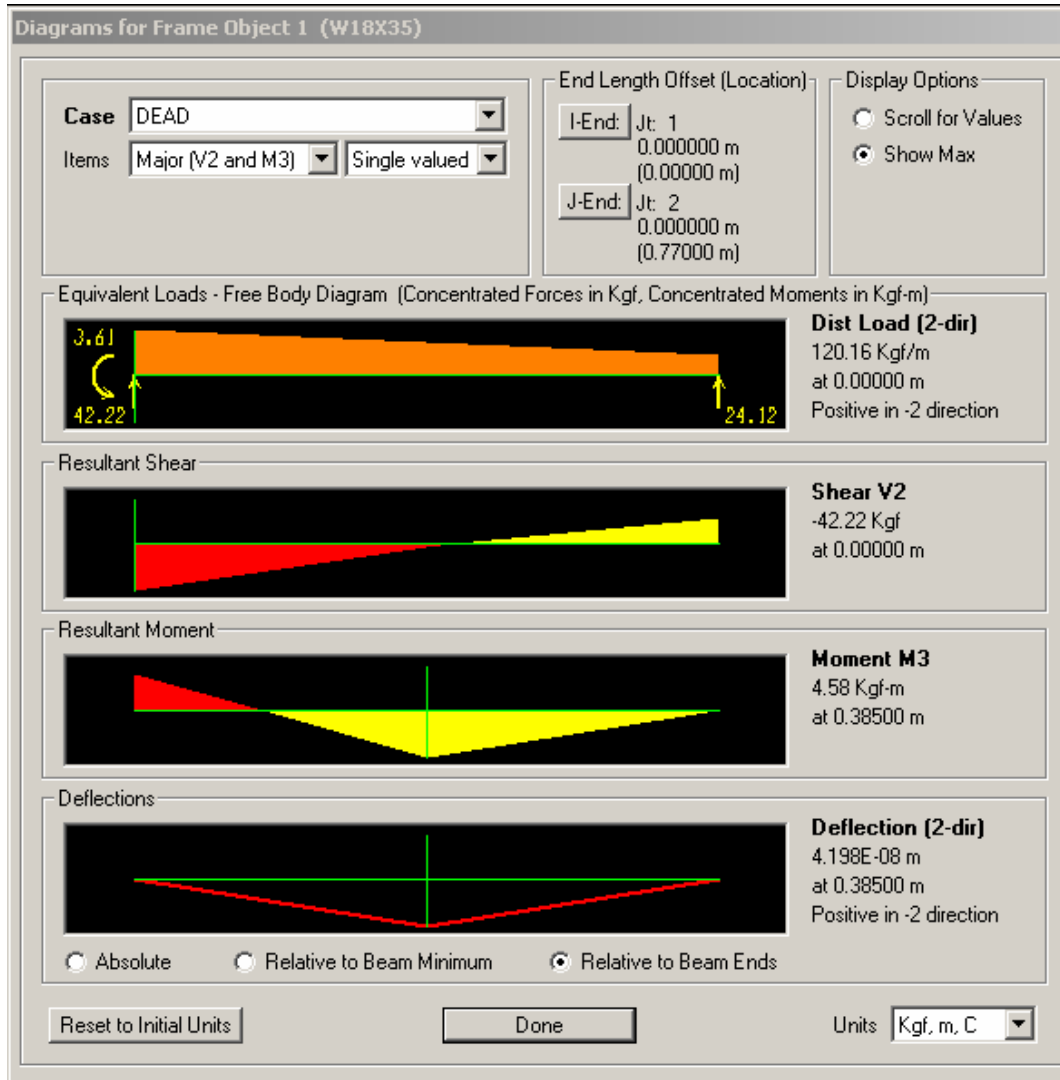
## 2. CALCULOS CARAS TRIANGULARES

En esta parte se considera el tramo de la viga, donde se encuentra el momento máximo es igual a -2.24 kg-m.



### 3. CALCULOS TOLVA

Para este caso se considera solo un tramo, porque no existe apoyos intermedio, para este caso el momento máximo es 4.58 kg-m



## **ANEXO III**

1. Características de las bandas transportadoras elevadoras.
2. Materiales para bandas transportadoras.
3. Selección de la banda
4. Coeficientes de rozamiento entre banda y tambor
5. Factor de carga debida a la acumulación del producto
6. Factor de servicio
7. Datos del eje
8. Dimensiones rodillos lisos
9. Directrices de diseño



## 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS ELEVADORAS

LAS NOTAS GENERALES SOBRE TRANSPORTADORES ELEVADORES SE APLICAN A "Fig. 3-18 Transportador elevador" Y "Fig. 3-22 Transportador elevador con zapata de retorno".

- A** -Si se utilizan engranajes en puntos intermedios, los engranajes centrales NO se retienen. Si se emplean rodillos o zapatas, se necesita un radio mínimo de 3 pulg. (76 mm) para bandas con paso de 1,00 pulg. (25,4 mm), y un radio mínimo de 5 pulg. (127 mm) para bandas con paso de 2,00 pulg. (50,8 mm).
- B** -Para minimizar el desgaste, el radio de la zapata de sujeción debe ser todo lo grande que permita la aplicación. El radio mínimo debe ser de 6 pulg. (152 mm).
- C** -El diámetro mínimo del rodillo o la zapata internos debe ser de 3 pulg. (76 mm).
- D** -Considere la opción de utilizar un tambor o eje limpiador en la zona del eje conducido si hay posibilidades de que caigan productos o materiales entre la banda y los engranajes.
- E** -Procure que las bandejas de recolección de residuos no tengan empujadores ni guardas laterales entre los engranajes motrices y la primera zapata o rodillo.
- F** -Para que el enganche del engranaje sea correcto, no permita que la banda se flexione entre el engranaje motriz y el primer rodillo o zapata.

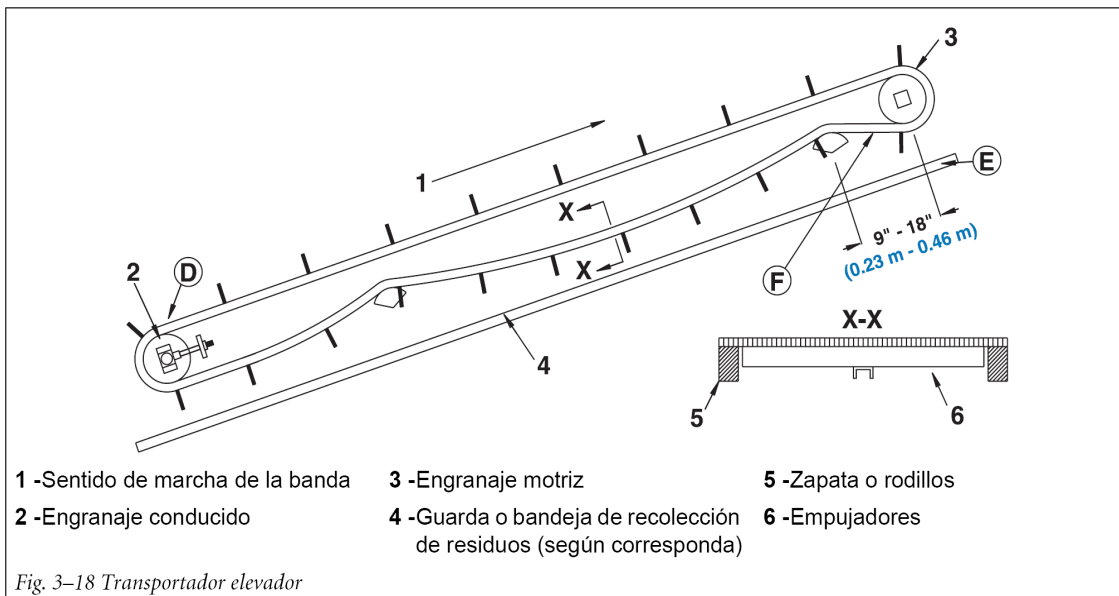


Fig. 3-18 Transportador elevador

## 2. MATERIALES PARA BANDAS TRANSPORTADORAS

18

# LÍNEA DE PRODUCTOS



## MATERIALES ESTÁNDAR PARA LAS BANDAS

Los engranajes de **POLIPROPILENO** es un material estándar que se usa en aplicaciones donde se requiere de resistencia química.

- Posee un buen balance al ser un material liviano y al mismo tiempo, de resistencia moderada.
- Flota en el agua con una gravedad específica de 0,90.
- Su rango de temperatura varía entre 34 °F (1 °C) y 220 °F (104 °C).
- El polipropileno es un material relativamente fuerte en uso normal y demuestra una condición relativamente quebradiza a bajas temperaturas. No es recomendable para condiciones de alto impacto, por debajo de los 45 °F (7 °C).
- Tiene buena resistencia química ante numerosos ácidos, bases, sales y alcoholes.
- Este material cumple con las regulaciones de la FDA para ser utilizado en aplicaciones de procesamiento alimenticio y de empaques. También está aprobado por el USDA-FSIS (carne y aves).
- El polipropileno blanco aprobado por el USDA-FSIS para productos lácteos se encuentra disponible en algunos estilos de bandas.
- Este material cumple con los requisitos de la directiva de la CE 2002/72/EC y todas las enmiendas hasta la fecha en relación con la manipulación de alimentos.
- Se recomienda el uso del polipropileno negro en caso de exposición directa al sol. También se encuentra disponible un tipo de polipropileno negro resistente a los rayos ultravioletas, especialmente formulado en caso de que se requiera mayor protección de los rayos ultravioletas. El polipropileno negro resistente a los rayos ultravioletas no está aprobado por la FDA y en la actualidad se encuentra disponible en la **Serie 1800 Mesh Top**, **Serie 1100 Flush Grid**, **Serie 900 Flush Grid** y **Serie 900 Perforated Flat Top**.

Los engranajes de **POLIETILENO** es otro termoplástico liviano, caracterizado por su resistencia a las condiciones de alto impacto y su flexibilidad.

- Flota en el agua con una gravedad específica de 0,95.
- Presenta excelentes características antiadherentes.
- Su desempeño es sobresaliente a temperaturas mucho más bajas.
- Su rango de temperatura varía entre -100 °F (-73 °C) y 150 °F (66 °C). (Revise las especificaciones de las bandas para obtener cifras exactas).

- Es resistente a muchos ácidos, bases e hidrocarburos.
- El polietileno negro es recomendable para aplicaciones de bajas temperaturas expuesto a la luz solar directa.
- Este material cumple con las regulaciones de la FDA para ser utilizado en aplicaciones de procesamiento alimenticio y de empaques. También está aprobado por el USDA-FSIS (carne y aves).
- El polietileno natural aprobado por el USDA-FSIS para productos lácteos, se encuentra disponible en algunos estilos de bandas.
- Este material cumple con los requisitos de la directiva de la CE 2002/72/EC y todas las enmiendas hasta la fecha en relación con la manipulación de alimentos.

Los engranajes de **ACETAL** son considerablemente más resistentes que el polipropileno y el polietileno y poseen un buen equilibrio entre características mecánicas, térmicas y químicas.

- Poseen buena elasticidad y resistencia a la fatiga.
- Tienen un bajo coeficiente de fricción, lo que los convierte en una buena opción para la manipulación y transporte de envases.
- Su rango de temperatura varía entre -50 °F (-46 °C) y 200 °F (93 °C).
- Su gravedad específica es de 1,40 y son relativamente resistentes a los impactos.
- Las bandas de acetal presentan bastante dureza por lo que son resistentes a los cortes y ralladuras.
- Este material cumple con las regulaciones de la FDA para ser utilizado en aplicaciones de procesamiento alimenticio y de empaques. También está aprobado por el USDA-FSIS (carne y aves).
- El acetal blanco aprobado por el USDA para productos lácteos se encuentra disponible en algunos estilos de bandas.
- Existe un acetal de color negro especialmente formulado para resistir rayos UV disponible para las aplicaciones que requieren de este tipo de protección. El acetal resistente a los rayos UV no está aprobado por la FDA. Está disponible en la **Serie 1800 Mesh Top**.
- El acetal antiestático (acetal AS) se encuentra disponible para aplicaciones donde se tiene que disipar electricidad estática acumulada de baja intensidad. Esta disipación es lenta y únicamente se da en un ambiente húmedo. El acetal antiestático se encuentra disponible en la **Serie 400 Non Skid**.
- Este material cumple con los requisitos de la directiva de la CE 2002/72/EC y todas las enmiendas hasta la fecha en relación con la manipulación de alimentos.

### 3. SELECCIÓN DE LA BANDA

**Intralox**
**SERIE 800**
**81**

#### Flat Top


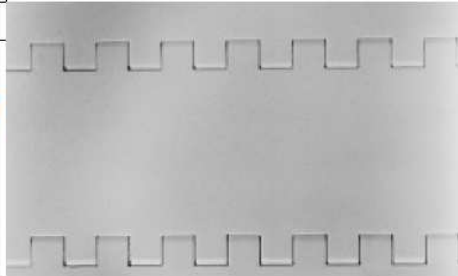
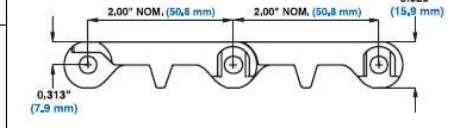
	pulg.	mm
Paso	2,00	50,8
Ancho mínimo	2	51
Incrementos del ancho	0,66	16,8
Dimensión de abertura (aproximado)	-	-
Área abierta	0%	
Tipo de articulación	Abierta	
Método de accionamiento	Accionamiento central	

#### Notas sobre el producto

- **Póngase siempre en contacto con el Servicio de Atención al Cliente si desea realizar una medición precisa del ancho de la banda y comprobar el estado de las existencias antes de diseñar un transportador u ordenar una banda.**
- Superficie lisa y cerrada con bordes completamente al ras y varillas embutidas.
- Banda resistente a impactos, diseñada para las arduas aplicaciones de la industria cárnica.
- Hay disponibles empujadores y guardas laterales.

#### Información adicional

- Consulte "Proceso de selección de bandas" (página 5)
- Consulte "Materiales estándar para las bandas" (página 18)
- Consulte "Materiales para aplicaciones especiales" (página 18)
- Consulte "Factores de fricción" (página 31)

**800**
**SECCIÓN 2**

#### Datos sobre la banda

Material de la banda	Material de las varillas estándar Ø 0,24 pulg. (6,1 mm)	CF Resistencia de la banda		Rango de temperatura (continuo)		P	Peso de la banda	Homologación:									
		lb/pies	kg/m	°F	°C			lb/pie <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	FDA (EE.UU.)	USDA-FSIS - carnes y aves	USDA Lácteos <sup>a</sup>	CFA <sup>b</sup>	A <sup>c</sup>	Z <sup>d</sup>	M <sup>e</sup>	J <sup>f</sup>
Polipropileno	Polipropileno	1000	1490	34 a 220	1 a 104	1,77	8,66	*	*	1	*	*	*	*	*	3	*
Poliétileno	Poliétileno	500	750	-50 a 150	-46 a 66	1,87	9,13	*	*	3	*	*	*	*	*	3	*
Acetal	Poliétileno	900	1340	-50 a 150	-46 a 66	2,75	13,43	*	*	1	*	*	*	*	*	3	*
Nilón	Poliétileno	1200	1780	-50 a 150	-46 a 66	2,32	11,33	*	*		*	*	*	*	*		*
Polipropileno detectable <sup>h</sup>	Poliétileno azul	650	970	0 a 150	-18 a 66	1,83	8,93	*	*							4	*

a. Para ser aprobados por el USDA Lácteos y el MAF se requiere el uso de un sistema de limpieza incorporado.  
 b. Departamento de Agricultura Canadiense para la Inspección y Producción de Alimentos  
 c. Servicio australiano de inspecciones por cuarentena  
 d. Ministerio de Agricultura y Pesca de Nueva Zelanda  
 e. MAF: Gerenciamiento de Calidad de la Industria Láctea de Nueva Zelanda. La aprobación del MAF requiere el uso de un sistema de limpieza incorporado.  
 f. Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón  
 g. Certificado de emigración europeo que ofrece aprobación para la manipulación de alimentos de acuerdo con la directiva de la CE 2002/72/EC y todas las enmiendas a la misma hasta la fecha.  
 h. Disponemos de polipropileno detectable el cual puede ser percibido con equipos detectores de metales. La prueba del material con su detector de metales en un entorno de producción es el mejor método para determinar la sensibilidad de la detección.

#### 4. COEFICIENTES DE ROZAMIENTO ENTRE BANDA Y TAMBOR

<b>COEFICIENTES DE ROZAMIENTO ENTRE BANDA Y TAMBOR MOTRIZ</b>		
<b>(VALOR DE <math>\mu</math>)</b>		
<b>CONDICIONES DEL TAMBOR</b>	<b>CONDICIONES DE AMBIENTE</b>	<b>VALOR DE <math>\mu</math></b>
<b>Sin Recubrir</b>	<b>mojado</b>	0,10
	<b>húmedo</b>	0,10 - 0,20
	<b>seco</b>	0,30
<b>Recubierto</b>	<b>mojado</b>	0,25
	<b>húmedo</b>	0,25 - 0,30
	<b>seco</b>	0,35

Fuente: Manual de Bandas Transportadoras de Kauman

#### 5. FACTOR DE CARGA DEBIDA A LA ACUMULACIÓN DEL PRODUCTO

<b>VALORES DE "K"</b>	
<b>Inclinación <math>\delta</math></b>	<b>K</b>
0	1
2	1
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81
21	0,78
22	0,76
23	0,73
24	0,71
25	0,68
26	0,66
27	0,64
28	0,61
29	0,59
30	0,56

Fuente: Manual de Bandas Transportadoras de Kauman

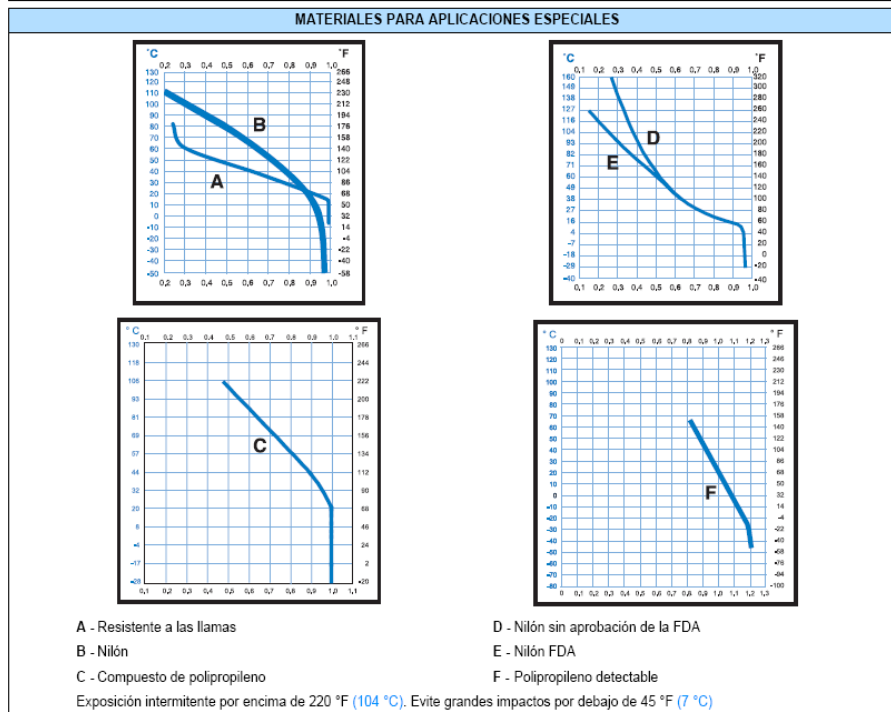
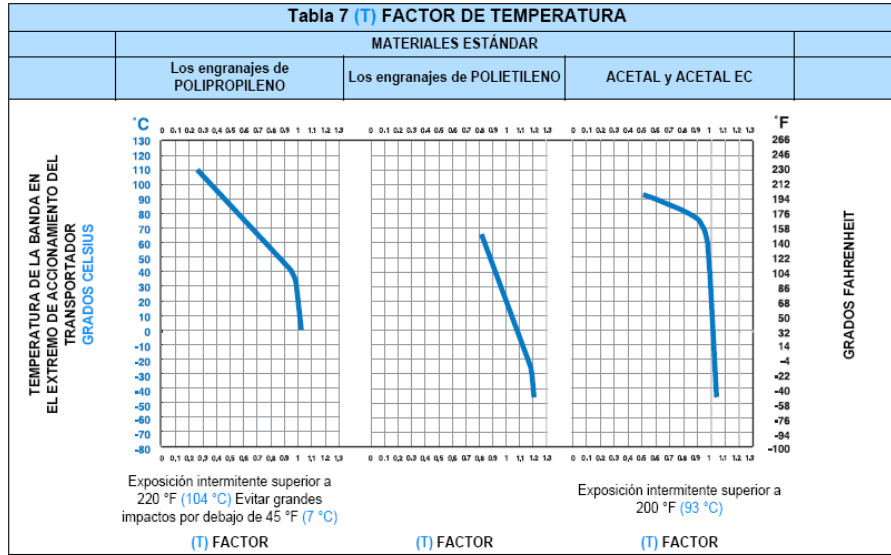
## 6. FACTOR DE SERVICIO

328

# FÓRMULAS Y TABLAS



SECCIÓN 4



7. DATOS DEL EJE

**Intralox**
FÓRMULAS Y TABLAS
329

**Tabla 8 DATOS DEL EJE**

EJE B DATOS  TAMAÑO	(Q) PESO DEL EJE, lb/pie (kg/m)			I MOMENTO DE INERCIA pulg. <sup>4</sup> (mm <sup>4</sup> )
	ALUMINIO	ACERO AL CARBONO	Los engranajes bipartidos de ACERO INOXIDABLE	
5/8 PULG. CUADRADAS	0,46	1,33 <sup>a</sup>	1,33 <sup>1</sup>	0,013
1 PULG. CUADRADA	1,17 <sup>1</sup>	3,40 <sup>1</sup>	3,40 <sup>1</sup>	0,083
1,5 PULG. CUADRADAS	2,64 <sup>1</sup>	7,65 <sup>1</sup>	7,65 <sup>1</sup>	0,42
2,5 PULG. CUADRADAS	7,34	21,25 <sup>1</sup>	21,25 <sup>1</sup>	3,25
3,5 PULG. CUADRADAS	14,39	41,80 <sup>1</sup>	41,80	12,50
25 mm CUADRADOS	1,89 <sup>2</sup>	(4,920) <sup>2</sup>	4,920 <sup>2</sup>	(32,550)
40 mm CUADRADOS	(4,335)	(12,65) <sup>2</sup>	(12,65) <sup>2</sup>	(213,300)
60 mm CUADRADOS	(10,05)	(29,11) <sup>2</sup>	(29,11) <sup>2</sup>	(1.080.000)
85 mm CUADRADOS	11,79	(34,16) <sup>2</sup>	(34,16) <sup>2</sup>	1.497.600
E MÓDULO DE ELASTICIDAD libras/pulg. <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	10.000.000 (7.000)	30.000.000 (21.100)	28.000.000 (19.700)	

a. Intralox USA puede suministrar ejes cuadrados, operados según las especificaciones de los tamaños siguientes y materiales como acero al carbono (C-1018), acero inoxidable (303 y 316), y aluminio (6061-T6).

b. Intralox Europe ofrece ejes cuadrados en los siguientes tamaños y fabricados en acero al carbono (KG-37) y acero inoxidable (304).

**Tabla 9 PAR DE TORSIÓN MÁXIMO RECOMENDADO EN EL EJE MOTRIZ**

DIÁMETRO DE MANGUETA DEL EJE, mm

DIÁMETRO DE MANGUETA DEL EJE, pulg.

A - ACERO INOXIDABLE 303 & 304 (laminado en frío)    C - 316 ACERO INOXIDABLE (recocido) & 304 ACERO INOXIDABLE (en caliente)  
 B - ACERO AL CARBONO C-1018    D - ALUMINIO 6061-T6 & KG-37 (laminado en frío)

SECCIÓN 4

## 8. DIMENSIONES RODILLOS LISOS

RODILLOS LISOS

## RODILLOS LISOS

### RODAMIENTO 6307 EJE Ø35

Serie S-35

DIÁMETRO RODILLO (mm)	D	127	133	152	159
ESPESOR DE TUBO (mm)	e	4	4	4,5	5
CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,05	1,1	1,25
CONSTANTE PESO P. MOVILES	T1	1	1,05	1,2	1,5

#### Colocación en ARTESA

BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø127	Peso partes móviles Ø127
300					
400	190	168	192	6,70	5,50
500	200	208	232	7,50	5,73
650	250	258	282	8,40	6,25
800	315	323	347	9,70	7,06
1000	380	388	412	11,00	7,86
1200	465	473	497	12,70	8,92
1400	530	538	562	14,00	9,73
1600	600	608	632	15,30	10,49
1800	670	678	702	16,70	11,36
2000	750	758	782	18,30	12,35

#### Colocación en "V"

BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø127	Peso partes móviles Ø127
300					
400	250	258	282	8,40	6,25
500	315	323	347	9,70	7,06
650	380	388	412	11,00	7,86
800	465	473	497	12,70	8,92
1000	600	608	632	15,30	10,49
1200	700	708	732	17,30	11,73
1400	800	808	832	19,30	12,97
1600	900	908	932	21,30	14,21
1800	1000	1008	1032	23,20	15,35
2000	1100	1108	1132	25,20	16,59

#### Colocación en HORIZONTAL

BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø127	Peso partes móviles Ø127
300					
400	500	508	532	13,40	9,35
500	600	608	632	15,30	10,49
650	750	758	782	18,30	12,60
800	950	958	982	22,20	14,73
1000	1150	1158	1182	26,20	17,21
1200	1400	1408	1432	31,10	20,21
1400	1600	1608	1632	35,00	22,59
1600	1800	1808	1832	39,00	25,07
1800	2000	2008	2032	42,90	27,45
2000	2200	2208	2232	46,90	29,93

#### Notas

- En las tablas, los anchos de banda están expresados en milímetros y los pesos en kilogramos.
- Estas medidas son según normas. Bajo demanda es posible fabricar en cualquier longitud de tubo (máximo 2.400 mm) o eje (máximo 3.000 mm).

#### Observaciones

- El cálculo de los pesos, tanto de los rodillos como de las partes móviles, para otros diámetros es:  
 Peso de la tabla (Rod.Ø127) x Constante (T ó T1).  
 Ej. Peso (Ø133/160) = peso (Ø127/160) x T  
 Peso = 6,7 x 1,05 = 7,035 Kg
- Pesos aproximados.
- Para rodillos inferiores de minería es admisible sumar 10 mm al largo normal de las entrecaras.
- NORMAS ISO 537 // DIN 16207-2207  
UNE 58-232-92

ROTRANS, S.A. Polígono Industrial de Villalónqujar. C/ Merindad de Montija, 5. Tel. (34) 947 29 80 51. Fax (34) 947 29 81 03. BURGOS

## 9. DIRECTRICES DE DISEÑO



# DIRECTRICES DE DISEÑO

chaveteros y 2) el movimiento lateral de los engranajes, acomodando así las diferencias inherentes de expansión o contracción térmica entre plásticos y metales.

### TAMAÑOS Y MATERIALES DE LOS EJES

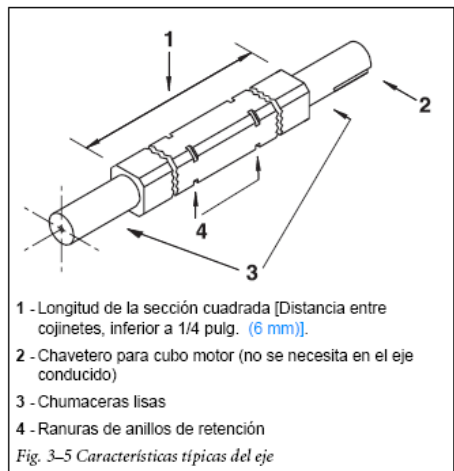
**Intralox, LLC. USA** tiene en inventario materiales de ejes cuadrados de aluminio (6061-T6), acero al carbono (C-1018) y acero inoxidable (303 y 316) en los siguientes tamaños:

- Aluminio: 1 pulg. y 1,5 pulg.
- Acero al carbono: 5/8 pulg., 1 pulg., 1,5 pulg., 2,5 pulg., 3,5 pulg.
- Acero inoxidable 303: 5/8 pulg., 1 pulg., 1,5 pulg., 2,5 pulg., 40 mm y 60 mm
- Acero inoxidable 304 HR: 3,5 pulg.
- Acero inoxidable 316: 1,5 pulg. y 2,5 pulg.

**Intralox, LLC. Europe** ofrece materiales de ejes cuadrados de acero al carbono (KG-37) y acero inoxidable (304) en los siguientes tamaños:

- Acero al carbono: 25 mm, 65 mm y 90 mm.
- Acero inoxidable: 25 mm, 40 mm, 60 mm, 65 mm y 90 mm.

El tamaño del eje adecuado para su aplicación puede determinarse mediante los cálculos incluidos en "Instrucciones para la selección de bandas" (página 36), o a partir de las fórmulas al comienzo de la página 318. Los tamaños de ejes y las propiedades de los materiales aparecen en "Tabla 8 DATOS DEL EJE" (página 329).



### CARGA DEL PAR DE TORSIÓN DEL EJE MOTRIZ

Algo importante al elegir el tamaño del eje es la carga del par motor que debe absorber el eje motriz. La tracción de la banda al actuar a través de los engranajes, introduce una carga de torsión sobre el eje motriz. Bajo cualquier tipo de condiciones, es decir, carga del producto y resistencia friccional, la tracción de la banda permanecerá constante, pero el par motor sobre el

eje motriz variará, dependiendo del tamaño de los engranajes seleccionados. *A medida que aumenta el diámetro de paso de los engranajes, también aumenta el par motor sobre el eje.* Por lo tanto, si desea un tamaño determinado de eje, pero el par que se debe absorber excede el recomendado por "Tabla 9 PAR DE TORSIÓN MÁXIMO RECOMENDADO EN EL EJE MOTRIZ" (página 329), calcule de nuevo el par con un engranaje más pequeño, si es que hay un engranaje de menor diámetro disponible en la serie de su banda. Para alcanzar la misma velocidad de la banda, la velocidad rotacional (RPM) debe ser proporcionalmente mayor con el engranaje más pequeño.

### REQUISITOS DE POTENCIA

La potencia necesaria para accionar la banda se puede calcular con "Instrucciones para la selección de bandas" (página 36), o mediante las fórmulas que están al principio de página 318. Cabe destacar que esta potencia calculada no incluye la potencia necesaria para superar las deficiencias mecánicas u otras ineficiencias del sistema. La siguiente tabla le puede ayudar a determinar la cantidad de potencia adicional necesaria para su diseño, dado que los diseños del transportador y sus sistemas de transmisión ofrecen una diversidad de alternativas.

ELEMENTOS DE MAQUINARIA	PROMEDIO DE PÉRDIDAS DE EFICIENCIA MECÁNICA
Cojinetes de manguito comunes	Del 2% al 5%
Rodamientos	1%
Reductores de engranajes:	
Engranajes helicoidales o rectos	
Reducción simple	2%
Reducción doble	4%
Reducción triple	5%
Engranajes de tornillo sin fin	
Reducción simple	5%
Reducción doble	Del 10% al 20%
Cadenas de rodillos	Del 3% al 5%
Bandas V	Del 2% al 4%
Sistemas de accionamiento hidráulico	(consulte al fabricante)

Determine el total de pérdidas de eficiencia en los componentes empleados y use la potencia calculada para determinar la **potencia requerida del motor** de la siguiente manera:

$$\text{Caballos de fuerza del motor} = \frac{\text{Potencia de accionamiento de la banda}}{100\% - \% \text{ de pérdidas del total}} \times 100$$

Por ejemplo, si el total de pérdidas de eficiencia en su sistema llegara a un 15% y la potencia motriz de su banda fuera calculada en 2,5 HP, la potencia necesaria del motor se puede calcular de la siguiente manera:



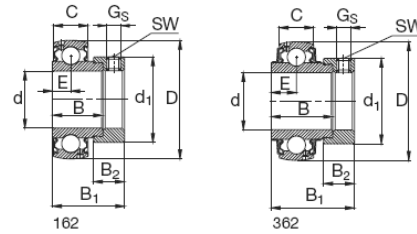
## **ANEXO IV**

- 1.-Selección de Rodamientos
- 2.-Selección de las Chumaceras

# 1.- SELECCIÓN DEL RODAMIENTO

## Rodamientos FAG tipo S para ejes métricos y en pulgadas

Series 162, 362, 562, 762B.2RSR



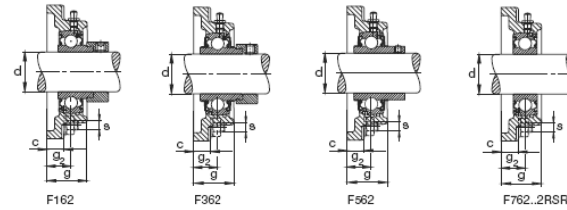
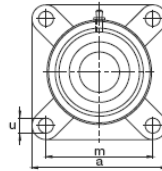
Eje	Dimensiones										Capacidad de carga din. C		Denominación abreviada Rodamiento con dispositivo de seguridad FAG	Peso <sub>≈</sub> kg	
	d	D	C	B	B <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max	B <sub>2</sub>	E	G <sub>s</sub>	SW	C <sub>0</sub>	C			
mm in	mm														
12	12	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203/12	0,13	
	1/2	12,7	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203.008	0,128
	9/16	14,288	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203.009	0,123
15	15	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203/15	0,12	
	5/8	15,875	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203.010	0,117
17	17	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203	0,1	
	17	40	12	12							9,5	4,75	76203.2RSR	0,064	
	11/16	17,463	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203.011	0,091
20	19,05	47	14	21,5	31	33,3	13,5	7,5	M6x0,75	3	12,7	6,55	16204.012	0,154	
	19,05	47	17	34,2	43,7	33,3	13,5	17,1	M6x0,75	3	12,7	6,55	36204.012	0,208	
	19,05	47	17	31				12,7	M6x0,75	3	12,7	6,55	56204.012	0,162	
20	20	47	14	21,5	31	33,3	13,5	7,5	M6x0,75	3	12,7	6,55	16204	0,15	
	20	47	17	34,2	43,7	33,3	13,5	17,1	M6x0,75	3	12,7	6,55	36204	0,2	
	20	47	17	31				12,7	M6x0,75	3	12,7	6,55	56204	0,14	
	20	47	14	14							12,7	6,55	76204.2RSR	0,106	
13/16	20,638	52	15	21,5	31	38,1	13,5	7,5	M6x0,75	3	14	7,8	16205.013	0,246	
	20,638	52	17	34,9	44,4	38,1	13,5	17,5	M6x0,75	3	14	7,8	36205.013	0,313	
	20,638	52	17	34,1				14,3	M6x0,75	3	14	7,8	56205.013	0,238	
7/8	22,225	52	15	21,5	31	38,1	13,5	7,5	M6x0,75	3	14	7,8	16205.014	0,237	
	22,225	52	17	34,9	44,4	38,1	13,5	17,5	M6x0,75	3	14	7,8	36205.014	0,298	
	22,225	52	17	34,1				14,3	M6x0,75	3	14	7,8	56205.014	0,223	
15/16	23,813	52	15	21,5	31	38,1	13,5	7,5	M6x0,75	3	14	7,8	16205.015	0,228	
	23,813	52	17	34,9	44,4	38,1	13,5	17,5	M6x0,75	3	14	7,8	36205.015	0,282	
	23,813	52	17	34,1				14,3	M6x0,75	3	14	7,8	56205.015	0,208	
25	25	52	15	21,5	31	38,1	13,5	7,5	M6x0,75	3	14	7,8	16205	0,22	
	25	52	17	34,9	44,4	38,1	13,5	17,5	M6x0,75	3	14	7,8	36205	0,27	
	25	52	17	34,1				14,3	M6x0,75	3	14	7,8	56205	0,19	
	25	52	15	15							14	7,8	76205.2RSR	0,128	

## 2.-SELECCIÓN DE LA CHUMACERA

### Unidades FAG de rodamientos S

Series F162, F362, F562, F762...2RSR

Soporte brida de fundición gris



Eje	Dimensiones								Tornillos de fijación		Denominación abreviada			Peso ~ Unidad de rodamiento S kg
	d	a	c	g	g <sub>2</sub>	m	u	max	s		Unidad de soporte	Rodamiento con dispositivo de seguridad FAG	Soporte	
mm	in	mm					min		mm	in	FAG		FAG	
12	12	76	12	27	17	54	11	12,5	M10	3/8	F16203/12	16203/12	F203	0,73
	1/2	12,7	76	12	27	54	11	12,5	M10	3/8	F16203.008	16203.008	F203	0,728
	9/16	14,288	76	12	27	54	11	12,5	M10	3/8	F16203.009	16203.009	F203	0,723
15	15	76	12	27	17	54	11	12,5	M10	3/8	F16203/15	16203/15	F203	0,72
	5/8	15,875	76	12	27	54	11	12,5	M10	3/8	F16203.010	16203.010	F203	0,717
17	17	76	12	27	17	54	11	12,5	M10	3/8	F16203	16203	F203	0,7
	17	76	12	27	17	54	11	12,5	M10	3/8	F76203.2RSR	76203.2RSR	F203	0,664
	11/16	17,463	76	12	27	54	11	12,5	M10	3/8	F16203.011	16203.011	F203	0,691
3/4	19,05	86	13	29,5	19	63,5	11	12,5	M10	3/8	F16204.012	16204.012	F204	0,754
	19,05	86	13	29,5	19	63,5	11	12,5	M10	3/8	F36204.012	36204.012	F204	0,808
	19,05	86	13	29,5	19	63,5	11	12,5	M10	3/8	F56204.012	56204.012	F204	0,762
20	20	86	13	29,5	19	63,5	11	12,5	M10	3/8	F16204	16204	F204	0,75
	20	86	13	29,5	19	63,5	11	12,5	M10	3/8	F36204	36204	F204	0,8
	20	86	13	29,5	19	63,5	11	12,5	M10	3/8	F56204	56204	F204	0,74
	20	86	13	29,5	19	63,5	11	12,5	M10	3/8	F76204.2RSR	76204.2RSR	F204	0,706
13/16	20,638	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F16205.013	16205.013	F205	1,05
	20,638	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F36205.013	36205.013	F205	1,11
	20,638	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F56205.013	56205.013	F205	1,04
7/8	22,225	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F16205.014	16205.014	F205	1,04
	22,225	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F36205.014	36205.014	F205	1,1
	22,225	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F56205.014	56205.014	F205	1,02
15/16	23,813	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F16205.015	16205.015	F205	1,03
	23,813	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F36205.015	36205.015	F205	1,08
	23,813	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F56205.015	56205.015	F205	1,01
25	25	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F16205	16205	F205	1,02
	25	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F36205	36205	F205	1,07
	25	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F56205	56205	F205	0,99
	25	93	13	30	19	70	11,5	12,5	M10	7/16	F76205.2RSR	76205.2RSR	F205	0,928

## **ANEXO V**

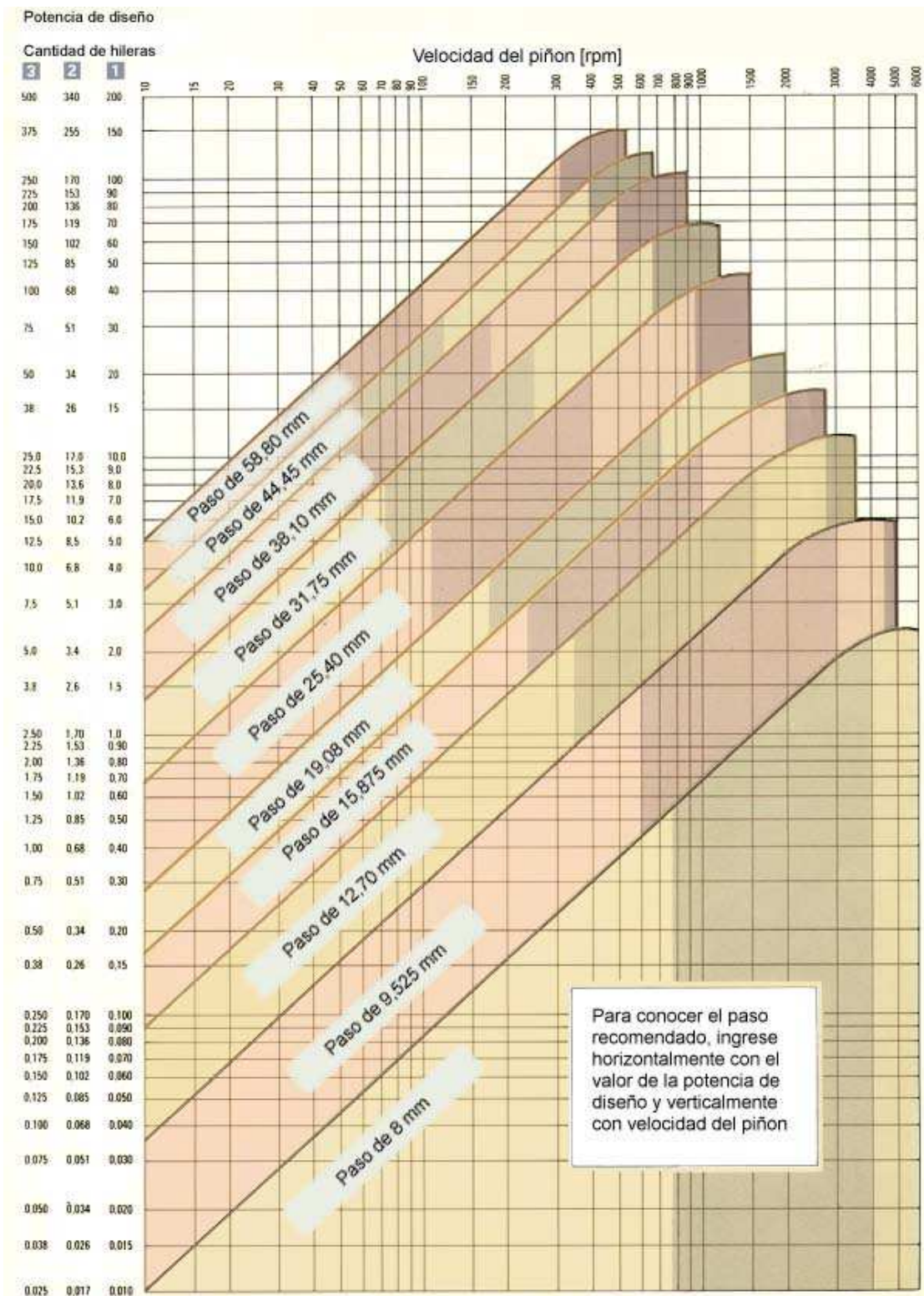
- 1.- Factor de servicio.
- 2.- Diagrama para el cálculo del paso.
- 3.- Factor  $x$ .
- 4.- Especificaciones y nomenclatura cadena seleccionada.
- 5.- Tablas de dimensiones de piñones y discos normales.

## 1. FACTOR DE SERVICIO

Factor de servicio $C_1$ para cadenas	Motores de funcionamiento suave	Motores de funcionamiento medio impulsivo	Motores de funcionamiento impulsivo
	Motores eléctricos	Motores de combustión multicilíndricos	Motores de combustión monocilíndricos
<b>Máquinas de carga constante</b>			
Agitadores y mezcladores de líquidos y semilíquidos Alternadores y generadores Sopladores, extractores y ventiladores (centrífugos y de tamaño mediano) Compresores centrífugos Elevadores y transportadores con carga uniforme Maquinaria de industria de alimentos Bombas centrífugas Máquinas de imprentas	<b>1,00</b>	<b>1,25</b>	<b>1,50</b>
<b>Máquinas de carga no constante</b>			
Agitadores y mezcladores de soluciones sólido-líquido. Sopladores, extractores y ventiladores de gran tamaño. Mezcladoras de cemento. Compresores de más de 3 cilindros. Grúas Transportadores y elevadores con carga no uniforme. Bombas de dragado. Maquinaria de lavandería. Máquinas, Herramientas, Molinos	<b>1,25</b>	<b>1,50</b>	<b>1,75</b>
<b>Máquinas de funcionamiento disperejo</b>			
Alternadores y generadores de soldadoras Compresores de uno o dos cilindros Excavadoras, Trituradoras, Alimentadoras vibratorias, Sierras circulares y lineales, Molinos de martillos y de mandíbula, Maquinaria minera	<b>1,75</b>	<b>2,00</b>	<b>2,25</b>

**Fuente:** Catálogo Renold, Transmission Chains

## 2. DIAGRAMA PARA EL CÁLCULO DEL PASO



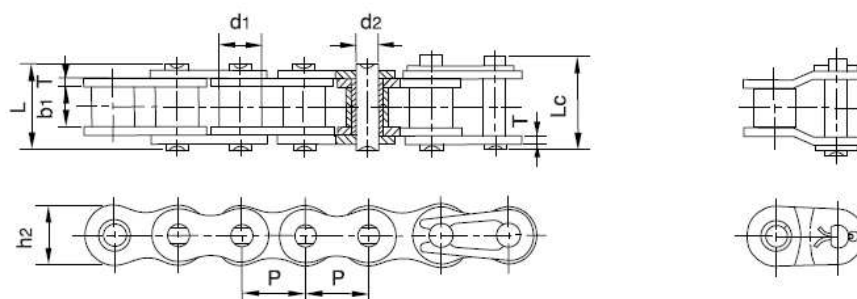
Fuente: Catálogo Renold, Transmission Chains.

## 3. FACTOR X

1.33 Factor X							
$(Z_c - Z_p)$	X	$(Z_c - Z_p)$	X	$(Z_c - Z_p)$	X	$(Z_c - Z_p)$	X
1	0.06	39	77.06	77	300.36	115	669.98
2	0.20	40	81.06	78	308.22	116	681.68
3	0.46	41	85.16	79	316.18	117	693.50
4	0.82	42	89.36	80	324.22	118	705.40
5	1.26	43	93.68	81	332.38	119	717.40
6	1.82	44	98.08	82	340.64	120	729.52
7	2.48	45	102.58	83	349.00	121	741.72
8	3.24	46	107.20	84	357.46	122	754.04
9	4.10	47	111.90	85	366.02	123	766.44
10	5.06	48	116.72	86	374.68	124	778.96
11	6.12	49	121.64	87	383.46	125	791.58
12	7.30	50	126.66	88	392.32	126	804.28
13	8.56	51	131.76	89	401.28	127	817.10
14	9.92	52	136.98	90	410.36	128	830.02
15	11.40	53	142.30	91	419.52	129	843.04
16	12.96	54	147.72	92	428.80	130	856.16
17	14.64	55	153.24	93	438.16	131	869.38
18	16.42	56	158.88	94	447.64	132	882.72
19	18.28	57	164.60	95	457.22	133	896.14
20	20.26	58	170.42	96	466.88	134	909.66
21	22.34	59	176.34	97	476.66	135	923.28
22	24.52	60	182.38	98	486.54	136	937.02
23	26.80	61	188.50	99	496.52	137	950.84
24	29.18	62	194.74	100	506.60	138	964.78
25	31.66	63	201.08	101	516.78	139	978.82
26	34.24	64	207.50	102	527.08	140	992.94
27	36.94	65	214.04	103	537.46	141	1007.18
28	39.72	66	220.68	104	547.94	142	1021.52
29	42.60	67	227.42	105	558.54	143	1035.96
30	45.60	68	234.26	106	569.34	144	1050.50
31	48.68	69	241.20	107	580.02	145	1065.14
32	51.88	70	248.24	108	590.90	146	1079.88
33	55.16	71	255.38	109	601.90	147	1094.72
34	58.56	72	262.62	110	613.00	148	1109.66
35	62.06	73	269.98	111	624.18	149	1124.72
36	65.66	74	277.42	112	635.48	150	1139.86
37	69.36	75	284.96	113	646.88		
38	73.16	76	292.62	114	658.38		

Fuente: Catálogo Renold, Transmission Chains.

#### 4. ESPECIFICACIONES Y NOMENCLATURA CADENA SELECCIONADA

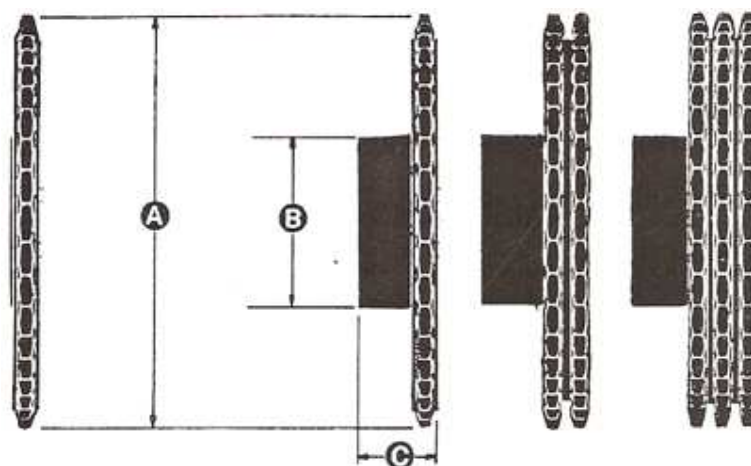


REFERENCIA	REFERENCIA	PASO	DIAMETRO DE RODILLO	ANCHO INTERIOR	DIAMETRO EJE	LONGITUD DEL EJE		ANCHO MALLAS	GROSOR DE MALLAS	FUERZA DE TENSION TOTAL	FUERZA DE TENSION MEDIA	PESO POR METRO
DIN/ISO	ANSI	P	d1 máx	b1 mín	d2 máx	L máx	Lc mín	h2 máx	T máx	Q mín.	Q0	q
		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	kN	kN	kg/m.
*03C	*15	4,7625	2,48	2,38	1,62	6,10	6,90	4,30	0,60	1,80	2,0	0,08
*04C-1	*25	6,350	3,30	3,18	2,31	7,90	8,40	6,00	0,80	3,50	4,6	0,15
*06C-1	*35	9,525	5,08	4,77	3,58	12,40	13,17	9,00	1,30	7,90	10,8	0,33
085-1	41	12,700	7,77	6,25	3,58	13,75	15,00	9,91	1,30	6,67	12,6	0,41
08A-1	40	12,700	7,95	7,85	3,96	16,60	17,80	12,00	1,50	14,10	17,5	0,62
10A-1	50	15,875	10,16	9,40	5,08	20,70	22,20	15,09	2,03	22,20	29,4	1,02
12A-1	60	19,050	11,91	12,57	5,94	25,90	27,70	18,00	2,42	31,80	41,5	1,50
16A-1	80	25,400	15,88	15,75	7,92	32,70	35,00	24,00	3,25	56,70	69,4	2,60
20A-1	100	31,750	19,05	18,90	9,53	40,40	44,70	30,00	4,00	88,50	109,2	3,91
24A-1	120	38,100	22,23	25,22	11,10	50,30	54,30	35,70	4,80	127,00	156,3	5,62
28A-1	140	44,450	25,40	25,22	12,70	54,40	59,00	41,00	5,60	172,40	212,0	7,50
32A-1	160	50,800	28,58	31,55	14,27	64,80	69,60	47,80	6,40	226,80	278,9	10,10
36A-1	180	57,150	35,71	35,48	17,46	72,80	78,60	53,60	7,20	280,20	341,8	13,45
40A-1	200	63,500	39,68	37,85	19,85	80,30	87,20	60,00	8,00	353,80	431,6	16,15
48A-1	240	76,200	47,63	47,35	23,81	95,50	103,00	72,39	9,50	510,30	622,5	23,20

\* Cadena casquillo fijo: d1 en la tabla indica el diámetro exterior del casquillo



## 5. TABLAS DE DIMENSIONES DE PIÑONES Y DISCOS NORMALES



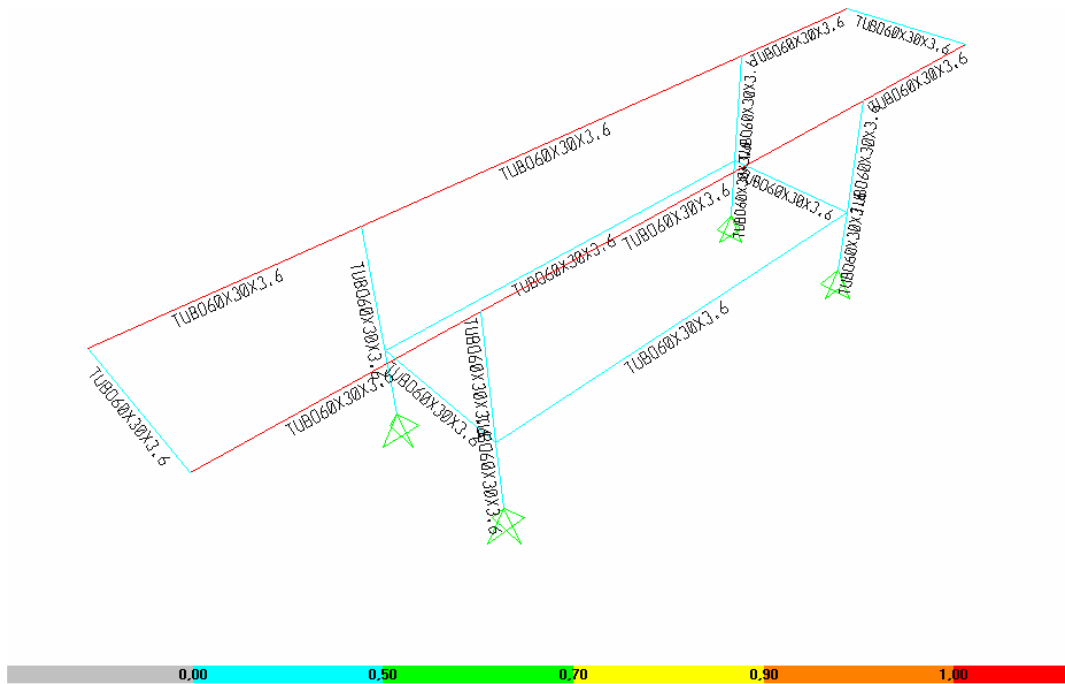
A: Diámetro Exterior    B: Diámetro Maza    C: Altura Total

PASO 1/2" DIÁMETRO DEL RODILLO BS 8,5 mm. ASA 7,925 mm.									
N° Dtes.	SIMPLE HILERA			DOBLE HILERA			TRIPLE HILERA		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
10	46	26	27	46	26	38	46	26	52
11	50	30	27	50	30	38	50	30	52
12	54	34	27	54	34	38	54	34	52
13	58	38	27	58	38	38	58	38	52
14	62	42	27	62	42	38	62	42	52
15	66	46	27	66	46	38	66	46	52
16	70	50	27	70	50	38	70	50	52
17	74	54	27	74	54	38	74	54	52
18	78	58	27	78	58	38	78	58	52
<b>19</b>	<b>83</b>	<b>62</b>	<b>27</b>	83	62	38	83	62	52
20	86	65	27	86	66	38	86	66	52
21	90	65	27	90	70	38	90	70	52
22	94	65	27	94	74	38	94	74	52
23	99	65	27	99	78	38	99	78	52
24	103	65	27	103	82	38	103	82	52
25	106	65	27	106	86	38	106	86	52
26	110	65	30	110	90	38	110	90	52
27	115	70	30	115	94	38	115	94	52
28	119	70	30	119	98	38	119	98	52
29	123	70	30	123	100	38	123	100	52
30	127	70	30	127	105	38	127	105	52
35	147	70	40	147	105	45	147	105	60
38	159	83	40	159	105	45	159	105	60
40	167	83	40	167	105	45	167	105	60
45	187	85	40	187	105	45	187	105	60

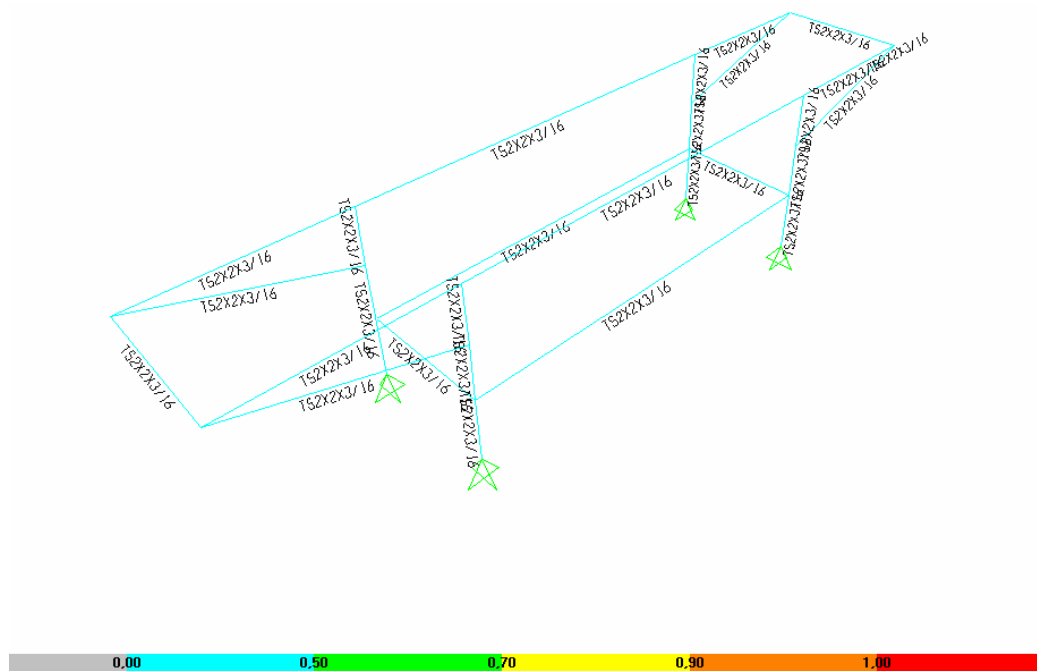
## **ANEXO VI**

1. Cálculo de la estructura del tanque de lavado con perfiles 60x30x3.6
2. Cálculo de la estructura del tanque de lavado con perfiles TS 2x2x3/16
3. Cálculo de la estructura de la banda dosificadora con perfiles TS 2x2x3/16
4. Cálculo de la estructura de la tolva con perfiles TS 2x2x3/16

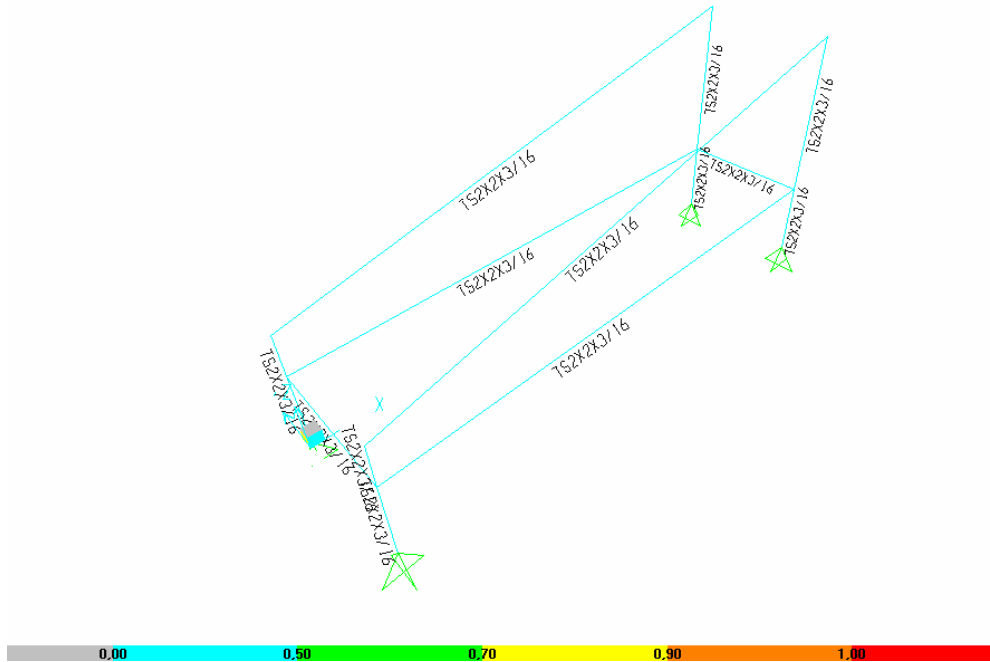
## 1. CALCULO ESTRUCTURA DEL TANQUE DE LAVADO PERFILES 60X30X3.6



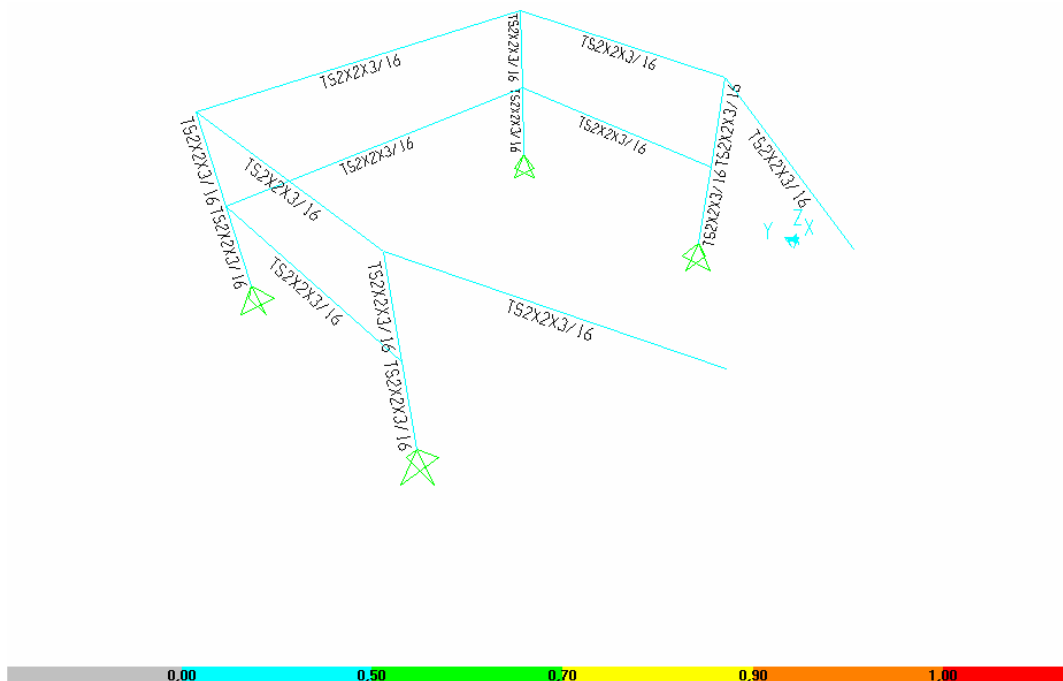
## 2. CALCULO ESTRUCTURA DEL TANQUE DE LAVADO PERFILES TS 2x2x3/16



### 3. CALCULO ESTRUCTURA DE LA BANDA DOSIFICADORA PERFILES TS 2x2x3/16



### 4. CALCULO ESTRUCTURA DE LA TOLVA PERFILES TS 2x2x3/16



# **ANEXO VII**

## **PRUEBAS DE CAMPO**

## PRUEBAS DE CAMPO

**EMPRESA:**

**NOMBRE:**

**FECHA:**

### 1. VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

Realizar las mediciones necesarias en la lavadora de zanahoria para comparar con las dimensiones de diseño.

DIMENSIONES PRINCIPALES				
DIMENSION	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			SI	NO
Largo Total [mm]				
Ancho Total[mm]				
Altura Total[mm]				

### 2. VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

1.33.1 Verificar el funcionamiento de los componentes que conforman la máquina

VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES			
ELEMENTO	FUNCIONAMIENTO		
	Bueno	Regular	Malo
Motoreductor			
Banda Dosificadora			
Transportador de Extracción Continua			
Rodillos			

### 3. TRABAJO EN VACÍO DE LA LAVADORA DE ZANAHORIA.

1.33.2 Verificar el normal funcionamiento de la lavadora de zanahoria sin carga es decir sin zanahorias.

SISTEMA O ELEMENTO										
TIEMPO [min]	Banda Dosificadora		Transportador de extracción continua		Motoreductor 1		Motoreductor 2		Sistema de Cepillos	
	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla
5										
10										
15										
20										
25										

### 4. TRABAJO CON CARGA DE LA LAVADORA DE ZANAHORIA

1.33.3 Verificar la capacidad y calidad de lavado de la máquina

LAVADO DE ZANAHORIA			
Tiempo [min]	Calidad de Lavado		Capacidad de lavado [kg/min]
	Buena	Mala	
5			
10			
15			
20			
25			

# **ANEXO VIII**

## **PRUEBAS DE CAMPO**