



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

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

#### **TEMA:**

“MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA QUE OPTIMICE LA  
DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA”

**AUTOR:** GEOVANNY ALEXANDER CHIRIBOGA IBUJÉS

**DIRECTOR:** ING. OCTAVIO ARIAS

IBARRA- ECUADOR

DICIEMBRE 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, GEOVANNY ALEXANDER CHIRIBOGA IBUJÉS, con cédula de identidad Nro. 040154137-0, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

*Geovanny Chiriboga*

Geovanny Alexander Chiriboga Ibujés



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Grado "MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA QUE OPTIMICE LA DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA" presentado por el señor Geovanny Alexander Chiriboga Ibujés, para optar por el título de ingeniero en Mecatrónica, certifico que dicho trabajo fue realizado bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'OCTAVIO ARIAS', is written over a horizontal line.

Ing. Octavio Arias  
DIRECTOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

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

DATOS DE CONTACTO	
CEDULA DE IDENTIDAD:	040154137-0
APELLIDOS Y NOMBRES:	CHIRIBOGA IBUJÉS GEOVANNY ALEXANDER
DIRECCIÓN:	AVENIDA MANTILLA BOLÍVAR - CARCHI
E-MAIL:	shoshounico@yahoo.es
TELÉFONO MÓVIL:	0999579021

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA QUE OPTIMICE LA DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA
AUTOR:	GEOVANNY ALEXANDER CHIRIBOGA IBUJÉS
FECHA:	2015/12/08
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
DIRECTOR:	ING. OCTAVIO ARIAS

Firma: Geovanny Chiriboga.

Nombre: Geovanny Alexander Chiriboga Ibutés

Cedula: 040154137-0

Ibarra, a los 08 días del mes de diciembre del 2015

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

Yo, Geovanny Alexander Chiriboga Ibujés, con cédula de identidad Nro. 040154137-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

Firma: Geovanny Chiriboga

Nombre: Geovanny Alexander Chiriboga Ibujés

Cedula: 040154137-0

Ibarra, a los 08 días del mes de diciembre del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APICADAS**

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

Yo, Geovanny Alexander Chiriboga Ibujés, con cedula de identidad Nro. 040154137-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA QUE OPTIMICE LA DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA" que ha sido desarrollada para optar por el título de ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: Geovanny Chiriboga

Nombre: Geovanny Alexander Chiriboga Ibujés

Cedula: 040154137-0

Ibarra, a los 08 días del mes de diciembre del 2015

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre, Yolanda Ibujés por su apoyo incondicional y a mi hermano Subtte FAE Pablo Chiriboga por estar siempre pendiente en mis cuidados.

Al ingeniero Octavio Arias, en calidad de director del proyecto, por su apoyo y guía para la culminación del mismo.

A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, y de manera especial al personal docente quienes me ilustraron con sus conocimientos.

A mis abuelitos, tíos, primos y amigos que siempre estuvieron siempre a expectativa de mis estudios.

Geovanny Ch.

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Y a todos aquellos que no creyeron en mí, a aquellos que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca esperaban que lograra terminar la carrera, a todos aquellos que aposaban a que me rendiría a medio camino, a todos los que supusieron que no lo lograría, a todos ellos les dedico.

Geovanny Alexander Chiriboga Ibijés

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	ii
CERTIFICACIÓN .....	iii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	iv
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD .....	v
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xviii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xx
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xxiii
LISTA DE SIGLAS .....	xxiv
RESUMEN .....	xxv
ABSTRACT .....	xxvi
PRESENTACIÓN .....	xxvii
 <b>CAPÍTULO I</b> .....	 <b>1</b>
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1 ESTUDIO AGRONÓMICO DE LA ZANAHORIA .....	1
1.2 VARIEDADES CULTIVADAS.....	3
1.3 MÁQUINAS SEMBRADORAS DE GRANOS .....	4
1.4 TIPOS DE SEMBRADORAS.....	5
1.4.1. SEMBRADORAS AL VOLEO.....	5
1.4.2. SEMBRADORAS A CHORRILLO .....	6
1.4.3 SEMBRADORAS DE PRECISIÓN.....	8
1.5 LABRANZA .....	9
1.6 TECNOLOGÍA DE LA SIEMBRA .....	11
1.7 SEGURIDAD EN EL CONSUMO DE LA ZANAHORIA.....	13

1.7.1 VALOR NUTRICIONAL DE LA ZANHORIA .....	13
1.7.2 INDICADORES DE CALIDAD EN LA ZANAHORIA .....	14
1.8 MEDIO AMBIENTE .....	15
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>18</b>
ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....	18
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA .....	18
2.1.1 SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL LUGAR .....	18
2.1.1.1 Subsulado .....	18
2.1.1.2 Aradura.....	19
2.1.1.3 Rastreado.....	19
2.1.1.4 Surcado .....	19
2.1.2 COMPETENCIA DE LAS MALEZAS.....	20
2.1.3 MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO .....	21
2.1.3.1 Manejo del nitrógeno.....	21
2.1.3.2 Manejo del fósforo .....	22
2.1.4 DENSIDAD DE SIEMBRA Y CALIDAD DE LAS SEMILLAS.....	22
2.1.5 DISTANCIA ENTRE LOS SURCOS.....	23
2.1.6 PROFUNDIDAD DE SIEMBRA .....	24
2.1.7 RENDIMIENTO DE SIEMBRA .....	24
2.1.8 TEMPERATURA .....	25
2.1.9 SEMILLA .....	25
2.1.10 INNOVACIÓN DE LA INTERSIEMBRA.....	25
2.1.10.1 Relación máquina-suelo.....	25
2.1.10.2 Relación suelo-máquina.....	26
2.2 DETERMINACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA.....	26
2.2.1 BASTIDOR .....	26
2.2.2 ÓRGANO DE DISTRIBUCIÓN.....	27
2.2.3 TOLVA.....	28
2.2.4 ÓRGANO DE ENTERRADO .....	28
2.2.5 FUERZAS DEL PESO Y DEL ABRESURCOS .....	29
2.2.6 RUEDA TRASERA .....	30
2.2.7 RUEDAS POSTERIORES.....	30

2.2.8 DOSIFICADOR DE SEMILLA .....	30
2.2.9 TREN CINEMÁTICO .....	31
2.2.10 AJUSTES Y MANTENIMIENTO .....	32
2.3 PARÁMETRO DE DISEÑO .....	32
2.4 PARÁMETROS FUNCIONALES .....	33
2.5 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	33
2.5.1 MATRIZ MORFOLÓGICA .....	35
2.5.2 ALTERNATIVA 1: SEMBRADORA TRACCIÓN ANIMAL.....	36
2.5.3 ALTERNATIVA 2: SEMBRADORA TRACCIÓN HUMANA .....	38
2.5.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	39
2.5.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	41
2.6 ERGONOMÍA DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA.....	41
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>43</b>
DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA Y LOS MECANISMOS.....	43
3.1 INTRODUCCIÓN .....	43
3.2 ANÁLISIS DE CARGAS .....	43
3.2.1 QUE ES CARGA.....	43
3.2.1.1 Carga viva .....	43
3.2.1.2 Carga muerta .....	44
3.3 FACTOR DE SEGURIDAD .....	44
3.4 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS DEL SISTEMA .....	44
3.5 ESTRUCTURA DEL EJE DE LA MÁQUINA .....	45
3.5.1 DISEÑO EJE DOSIFICADOR .....	45
3.5.2 ACELERACIÓN ANGULAR .....	47
3.6 CÁLCULO DE LA SOLDADURA.....	52
3.6.1 SOLDADURA DEL BASTIDOR Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS .....	56
3.6.1.1 Soldadura de la tolva al bastidor .....	57
3.6.1.2 Soldadura de los brazos de empuje al bastidor.....	58
3.6.1.3 Soldadura de la bisagra a la tolva .....	58
3.7 SELECCIÓN DE LA CADENA .....	59
3.7.1 BASES PARA LA ELCCIÓN DE UNA CADENA .....	59
3.7.2 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA .....	60

3.7.3 VELOCIDAD MÁXIMA DE LA CADENA .....	60
3.8 ENGRANAJES .....	61
3.8.1 ELECCIÓN DEL NÚMERO DE DIENTES $Z_1$ DEL PIÑÓN .....	61
3.8.2 VELOCIDAD DE AVANCE DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA .....	63
3.8.3 VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA RUEDA .....	63
3.9 FUERZAS Y POTENCIAS REQUERIDAS .....	64
3.9.1 RESISTENCIA DEL SUELO A LA CUCHILLA .....	64
3.9.1.1 Cálculo de la fuerza de corte .....	64
3.9.1.2 Cálculo de la fuerza de aceleración .....	65
3.9.1.3 Cálculo de la fuerza de fricción .....	67
3.9.2 ÁNGULO DE CORTE REQUERIDO .....	67
3.9.3 CÁLCULO DE LA FUERZA $F_t$ ACTUANDO TANGENCIALMENTE SOBRE LA CUCHILLA.....	69
3.9.4 CÁLCULO DE LA FUERZA $F_r$ ACTUANDO RADIALMENTE SOBRE LA CUCHILLA.....	69
3.10 ESFUERZO DINÁMICO .....	70
3.10.1 DISEÑO DEL ABRESURCOS.....	71
3.10.2 MOMENTOS GENERADOS .....	72
3.10.3 MOMENTO FLECTOR RESULTANTE .....	73
3.10.4 ESFUERZOS GENERADOS.....	74
3.10.5 MOMENTO DE INERCIA .....	74
3.10.5.1 Esfuerzo máximo.....	75
3.10.5.2 Esfuerzo mínimo .....	75
3.10.6 LÍMITE A LA FATIGA .....	76
3.10.6.1 Factor de acabado superficial $K_a$ .....	76
3.10.6.2 Factor de tamaño $K_b$ .....	77
3.10.6.3 Factor de confiabilidad $K_c$ .....	77
3.10.6.4 Factor de temperatura $K_d$ .....	78
3.10.6.5 Factor de concentración de tensiones $K_e$ y factor de efectos diversos $K_f$ .....	78
3.10.6.6 Resistencia a la fatiga $S''_e$ .....	78
3.10.6.7 Criterio de diseño de Goodman.....	79

3.11 DISEÑO DE LA TOLVA.....	79
3.11.1 CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA TOLVA.....	80
3.11.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA TOLVA .....	81
3.11.3 GROSOR DE LAS PLACAS DE LA TOLVA.....	82
3.11.4 ANÁLISIS DE LA TOLVA MEDIANTE LA TEORÍA DEL ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO.....	84
3.12 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS .....	85
3.13 DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS .....	85
3.13.1 ESTRUCTURA DE EMPUJE DE LA MÁQUINA .....	85
3.13.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE EMPUJE DE LA MÁQUINA MEDIANTE INVENTOR PROFESIONAL CAD.....	86
3.13.3 ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LA MÁQUINA .....	88
3.13.4 CARGA QUE SOPORTA LA ESTRUCTURA.....	89
3.13.5 SELECCIÓN DE LAS RUEDAS PARA EL MOVIMIENTO DE LA MÁQUINA (bastidor) .....	90
3.13.5.1 Cálculo del factor de seguridad de las ruedas para el movimiento de la máquina (bastidor).....	91
3.13.6 DISEÑO DE LA RUEDA PARA EL RECUBRIMIENTO DE SEMILLAS .....	91
3.13.6.1 Cálculo del factor de seguridad de la rueda para el recubrimiento de semillas .....	92
3.13.7 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.....	93
3.13.7.1 Límite a la fatiga .....	95
3.13.7.1.1 Factor de acabado superficial $K_a$ .....	96
3.13.7.1.2 Factor de tamaño $K_b$ .....	96
3.13.7.1.3 Factor de confiabilidad $K_c$ .....	97
3.13.7.1.4 Factor de temperatura $K_d$ .....	97
3.13.7.1.5 factor de concentración de tensiones $K_e$ y factor de efectos diversos $K_f$ .....	97
3.13.7.1.6 Resistencia a la fatiga $S''_e$ .....	97
3.13.8 CÁLCULO DE PERNOS SUJETADORES DEL BASTIDOR.....	98
3.13.8.1 Cálculo de precarga de los pernos sujetadores del bastidor .....	100
3.13.8.2 Cálculo de pernos sujetadores de las cerdas sintéticas en el órgano de distribución .....	103

3.13.8.3 Cálculo de precarga de los pernos sujetadores de las cerdas sintéticas en el órgano de distribución .....	105
--	-----

**CAPÍTULO IV** ..... 107

CONSTRUCCIÓN ..... 107

4.1 GENERALIDADES..... 107

4.1.1 DEFINICIÓN..... 107

4.2 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN ..... 107

4.2.1 MÁQUINAS Y EQUIPOS..... 108

4.2.2 HERRAMIENTAS ..... 108

4.2.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN ..... 108

4.2.4 ELEMENTOS DE SEGURIDAD ..... 109

4.2.5 LISTADO DE ELEMENTOS A CONSTRUIR ..... 109

4.3 PIEZAS A MANUFACTURAR ..... 109

4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA ..... 111

4.4.1 BASTIDOR ..... 112

4.4.2 TOLVA..... 112

4.4.3 DOSIFICADOR ..... 113

4.4.4 ÓRGANO DE DISTRIBUCIÓN..... 114

4.4.4.1 Constitución órgano de distribución ..... 114

4.4.5 TREN CINEMÁTICO ..... 115

4.4.6 ABRESUSRCOS..... 119

4.4.7 ELEMENTO PARA EL CUBRIMIENTO DE SEMILLAS ..... 120

4.5 PIEZAS Y PARTES A COMPRAR ..... 122

4.6 SECUENCIA DE ENSAMBLE ..... 123

**CAPÍTULO V** ..... 125

IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y ANÁLISIS..... 125

5.1 MONTAJE DEL SISTEMA..... 125

5.1.1 MONTAJE DEL MECANISMO DE SALIDA DE SEMILLA..... 125

5.1.2 MONTAJE DEL MECANISMO DE RAYADO ..... 126

5.1.3 MONTAJE DE TAPADO DE SEMILLA..... 126

5.1.4 CURSOGRAMA DEL MONTAJE MÁQUINA SEMBRADORA DE

ZANAHORIA .....	126
5.2 PRUEBAS .....	127
5.2.1 VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES .....	127
5.2.2 VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES .....	127
5.2.3 TRABAJO EN VACÍO DE LA SEMBRADORA DE ZANAHORIA .....	128
5.2.4 TRABAJO CON CARGA DE LA SEMBRADORA DE ZANAHORIA.....	128
5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	128
5.4 COSTOS .....	130
5.4.1 COSTOS DE MATERIALES.....	130
5.4.1.1 Estructura de la máquina.....	130
5.4.1.2 Sistema de distribución .....	131
5.4.1.3 Tren cinemático .....	131
5.4.1.4 Abresurcos .....	132
5.4.1.5 Tapador de semillas .....	132
5.4.1.6 Materiales adicionales .....	132
5.4.2 COSTO DE FABRICACIÓN .....	133
5.4.2.1 Costo total de fabricación .....	133
5.4.3 TASA DE DESCUENTO.....	133
5.4.4 VALOR ACTUAL NETO (V.A.N) .....	134
5.4.5 TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (T.I.R.) .....	135
5.4.6 RELACIÓN BENEFICIO COSTO .....	135
5.5 NORMAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO.....	139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	140
BIBLIOGRAFÍA .....	143
ANEXOS .....	146

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Recolección de la zanahoria cultivada .....	2
<b>Figura 2:</b> Sembradora al voleo .....	6
<b>Figura 3:</b> Sembradora a Chorrillo .....	7
<b>Figura 4:</b> Sembradora de Precisión .....	8
<b>Figura 5:</b> Labranza Tradicional.....	10
<b>Figura 6:</b> La raíz fuente de consumo .....	13
<b>Figura 7:</b> Subsulado .....	18
<b>Figura 8:</b> Aradura .....	19
<b>Figura 9:</b> Rastreado.....	19
<b>Figura 10:</b> Surcado.....	20
<b>Figura 11:</b> Longitud, altura, diámetro del surco para siembra .....	24
<b>Figura 12:</b> Esquema de un bastidor .....	27
<b>Figura 13:</b> Órganos de distribución .....	27
<b>Figura 14:</b> Tolva .....	28
<b>Figura 15:</b> Elementos de apertura del surco de siembra.....	29
<b>Figura 16:</b> Elementos de cubrimiento de semillas y cierre de surco.....	30
<b>Figura 17:</b> Dosificador de semilla .....	31
<b>Figura 18:</b> Tren cinemático.....	31
<b>Figura 19:</b> Sembradora tracción animal en CAD Inventor Professional .....	37
<b>Figura 20:</b> Sembradora tracción humana en CAD Inventor Profesional.....	38
<b>Figura 21:</b> Geometría planteada para eje dosificador .....	45
<b>Figura 22:</b> Diagrama de fuerzas sobre el eje dosificador .....	48
<b>Figura 23:</b> Esquema soldadura .....	52
<b>Figura 24:</b> Uniones traslapada y a tope básicas para soldadura fuerte.....	55
<b>Figura 25:</b> Ancho de filetes.....	56
<b>Figura 26:</b> Diagrama de soldaduras de la máquina.....	57
<b>Figura 27:</b> Selección cadena .....	59
<b>Figura 28:</b> Engranaje piñón fijo.....	61
<b>Figura 29:</b> Ángulo de incisión requerido .....	67
<b>Figura 30:</b> Fuerzas $F_t$ y $F_r$ .....	70
<b>Figura 31:</b> Diseño del abresurcos.....	71
<b>Figura 32:</b> Momento Flector Plano y – z.....	72

<b>Figura 33:</b> Momento Flector $x - z$ .....	73
<b>Figura 34:</b> Sección A – A.....	74
<b>Figura 35:</b> Geometría de la tolva en CAD Inventor Profesional.....	79
<b>Figura 36:</b> Cálculo Estructural Tolva Tensión de Von Mises .....	80
<b>Figura 37:</b> Coeficiente de Seguridad de la Tolva.....	80
<b>Figura 38:</b> Dimensiones de la Tolva .....	81
<b>Figura 39:</b> Longitud Media Tolva .....	83
<b>Figura 40:</b> Rodamientos 6800 ZZ.....	85
<b>Figura 41:</b> Estructura de Empuje de la Máquina .....	86
<b>Figura 42:</b> Análisis de la Estructura de Empuje de la Máquina .....	87
<b>Figura 43:</b> Desplazamiento de la Estructura de Empuje de la Máquina .....	87
<b>Figura 44:</b> Estructura de Soporte de la Máquina .....	88
<b>Figura 45:</b> Análisis de la Estructura de Soporte de la Máquina.....	88
<b>Figura 46:</b> Tensión de Von Mises Análisis de la Estructura de Soporte de la Máquina.....	89
<b>Figura 47:</b> Diagrama de Cuerpo Libre para el Recubrimiento de Semillas.....	91
<b>Figura 48:</b> Diagrama de Fuerzas de la Viga.....	93
<b>Figura 49:</b> Diagrama de Cortes y Momentos de la Viga .....	94
<b>Figura 50:</b> Pernos Sujetadores en el Bastidor .....	99
<b>Figura 51:</b> Ubicación de los Pernos M5x1.5x14 .....	104
<b>Figura 52:</b> Bastidor máquina sembradora de zanahoria.....	112
<b>Figura 53:</b> Tolva máquina sembradora de zanahoria .....	113
<b>Figura 54:</b> Eje órgano de distribución máquina sembradora de zanahoria .....	114
<b>Figura 55:</b> Órgano de distribución máquina sembradora de zanahoria .....	115
<b>Figura 56:</b> Tren cinemático máquina sembradora de zanahoria .....	116
<b>Figura 57:</b> Tren cinemático y órgano de distribución.....	116
<b>Figura 58:</b> Ruedas máquina sembradora de zanahoria .....	117
<b>Figura 59:</b> Bujes Shimano Durace.....	118
<b>Figura 60:</b> Abresurcos .....	120
<b>Figura 61:</b> Rueda tapadora de semillas.....	121

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Valor nutricional de la zanahoria en 100 g de sustancia comestible.....	14
<b>Tabla 2:</b> Características de entrada (suelo compactado) .....	34
<b>Tabla 3:</b> Características de salida (suelo labrado).....	34
<b>Tabla 4:</b> Evaluación económica .....	40
<b>Tabla 5:</b> Evaluación técnica .....	40
<b>Tabla 6:</b> Cálculos de valores promedio de avance de la sembradora .....	46
<b>Tabla 7:</b> Propiedades mínimas de metal de soldadura .....	54
<b>Tabla 8:</b> Especificaciones ASTM para pernos .....	100
<b>Tabla 9:</b> Áreas de esfuerzos de tensión .....	102
<b>Tabla 10:</b> Condición del perno (Factor del par de torsión).....	103
<b>Tabla 11:</b> Elementos constitutivos de la máquina sembradora de zanahoria .....	110
<b>Tabla 12:</b> Cronograma de construcción de la máquina .....	111
<b>Tabla 13:</b> Piezas y partes a comprar máquina sembradora de zanahoria.....	122
<b>Tabla 14:</b> Operaciones ejecutadas en el ensamble .....	123
<b>Tabla 15:</b> Montaje del mecanismo de ingreso de semilla .....	125
<b>Tabla 16:</b> Montaje del mecanismo de salida de semilla.....	125
<b>Tabla 17:</b> Montaje del mecanismo de rayado .....	126
<b>Tabla 18:</b> Montaje de tapado de semilla .....	126
<b>Tabla 19:</b> Verificación de las dimensiones principales.....	127
<b>Tabla 20:</b> Verificación de los componentes principales .....	127
<b>Tabla 21:</b> Trabajo en vacío de la sembradora de zanahoria.....	128
<b>Tabla 22:</b> Trabajo con carga de la sembradora de la zanahoria.....	128
<b>Tabla 23:</b> Costo del material para la estructura de la máquina.....	130
<b>Tabla 24:</b> Costo del material para el sistema de distribución.....	131
<b>Tabla 25:</b> Costo del material para el tren cinemático.....	131
<b>Tabla 26:</b> Costo del material para abresurcos .....	132
<b>Tabla 27:</b> Costo del material para tapador de semillas.....	132
<b>Tabla 28:</b> Costo de materiales adicionales .....	132
<b>Tabla 29:</b> Costo total de fabricación .....	133
<b>Tabla 30:</b> Tasa de descuento .....	133
<b>Tabla 31:</b> Indicador económico para la aceptación del proyecto .....	135

<b>Tabla 32:</b> Indicadores económicos costos .....	137
<b>Tabla 33:</b> Agarre, movimientos y posiciones para utilizar la máquina sembradora de zanahoria .....	158
<b>Tabla 34:</b> Detección de problemas y posibles soluciones .....	159
<b>Tabla 35:</b> Presión de neumáticos .....	161
<b>Tabla 36:</b> Revisión de los componentes de la máquina sembradora.....	162
<b>Tabla 37:</b> Diagrama de registro de patentes.....	173

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Variedad de zanahoria más producida .....	4
<b>Gráfico 2:</b> Componentes de una sembradora .....	9
<b>Gráfico 3:</b> Dispersión de los coeficientes técnicos y económicos .....	41
<b>Gráfico 4:</b> Coeficientes de corrección $f_2$ .....	62
<b>Gráfico 5:</b> Diagrama tiempo – esfuerzo.....	75
<b>Gráfico 6:</b> Factor de acabado superficial para el acero .....	76
<b>Gráfico 7:</b> Factor de confiabilidad.....	77
<b>Gráfico 8:</b> Criterio de diseño de Goodman.....	79
<b>Gráfico 9:</b> Representación esquemática del trabajo de la rueda tapadora de semillas .....	121

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Cálculo de la densidad de siembra .....	23
<b>Ecuación 2:</b> Factor de seguridad .....	44
<b>Ecuación 3:</b> Cálculo de las cargas del sistema .....	44
<b>Ecuación 4:</b> Aceleración centrípeta.....	46
<b>Ecuación 5:</b> Velocidad de avance de la sembradora .....	46
<b>Ecuación 6:</b> Aceleración tangencial .....	47
<b>Ecuación 7:</b> Fuerza tangencial.....	48
<b>Ecuación 8:</b> Fuerza centrípeta .....	48
<b>Ecuación 9:</b> Fuerza de transmisión en y e x .....	48
<b>Ecuación 10:</b> Fuerza de rozamiento en y e x.....	49
<b>Ecuación 11:</b> Momento máximo en y – x .....	49
<b>Ecuación 12:</b> Fuerza de giro .....	49
<b>Ecuación 13:</b> Esfuerzo flexionante .....	50
<b>Ecuación 14:</b> Segundo momento de área.....	50
<b>Ecuación 15:</b> Esfuerzo cortante .....	51
<b>Ecuación 16:</b> Segundo momento polar de área .....	51
<b>Ecuación 17:</b> Energía de distorsión .....	51
<b>Ecuación 18:</b> Factor de seguridad del eje dosificador.....	52
<b>Ecuación 19:</b> Momento polar de inercia de la soldadura .....	53
<b>Ecuación 20:</b> Esfuerzo cortante de la soldadura.....	53
<b>Ecuación 21:</b> Factor de seguridad de la soldadura .....	54
<b>Ecuación 22:</b> Área de la sección de la garganta .....	55
<b>Ecuación 23:</b> Resistencia de la soldadura .....	55
<b>Ecuación 24:</b> Fuerza admisible de longitud soldada .....	56
<b>Ecuación 25:</b> Cálculo de la longitud de la cadena.....	60
<b>Ecuación 26:</b> Velocidad máxima de la cadena.....	60
<b>Ecuación 27:</b> Perímetro de la rueda.....	63
<b>Ecuación 28:</b> Velocidad de rotación de la rueda .....	63
<b>Ecuación 29:</b> Relación de transmisión .....	63
<b>Ecuación 30:</b> Velocidad de avance de la máquina.....	64
<b>Ecuación 31:</b> Resistencia del suelo a la cuchilla.....	64
<b>Ecuación 32:</b> Cálculo de la fuerza de corte.....	64

<b>Ecuación 33:</b> Cálculo de la fuerza de aceleración .....	65
<b>Ecuación 34:</b> Cálculo de la fuerza de fricción .....	67
<b>Ecuación 35:</b> Ángulo de corte requerido .....	68
<b>Ecuación 36:</b> Fuerza tangencial sobre la cuchilla .....	69
<b>Ecuación 37:</b> Fuerza radial sobre la cuchilla.....	69
<b>Ecuación 38:</b> Momento flector $Mf_{y-z}$ de la cuchilla.....	72
<b>Ecuación 39:</b> Momento flector $Mf_{x-z}$ de la cuchilla.....	73
<b>Ecuación 40:</b> Momento flector resultante .....	73
<b>Ecuación 41:</b> Momento de inercia de la cuchilla .....	74
<b>Ecuación 42:</b> Esfuerzo máximo de la cuchilla .....	75
<b>Ecuación 43:</b> Esfuerzo mínimo de la cuchilla.....	75
<b>Ecuación 44:</b> Cálculo limite a la fatiga (Joseph Marín) .....	76
<b>Ecuación 45:</b> Cálculo del factor de acabado superficial.....	77
<b>Ecuación 46:</b> Cálculo del factor de tamaño $K_b$ .....	77
<b>Ecuación 47:</b> Cálculo del factor de concentración de tensiones .....	78
<b>Ecuación 48:</b> Cálculo de la resistencia a la fatiga $S''_e$ .....	78
<b>Ecuación 49:</b> Volumen de la tolva.....	81
<b>Ecuación 50:</b> Cálculo longitud mayor, menor y altura de la tolva.....	81
<b>Ecuación 51:</b> Cálculo de la presión interna tolva .....	83
<b>Ecuación 52:</b> Cálculo de la longitud media de la tolva .....	84
<b>Ecuación 53:</b> Cálculo del esfuerzo tangencial de la tolva .....	84
<b>Ecuación 54:</b> Cálculo del esfuerzo longitudinal de la tolva .....	84
<b>Ecuación 55:</b> Cálculo del esfuerzo cortante máximo .....	84
<b>Ecuación 56:</b> Cálculo de la carga que soporta la estructura .....	89
<b>Ecuación 57:</b> Capacidad de carga por rueda .....	90
<b>Ecuación 58:</b> Esfuerzo cortante en el perno .....	99
<b>Ecuación 59:</b> Carga de prueba .....	101
<b>Ecuación 60:</b> Par de torsión para lograr la precarga.....	102
<b>Ecuación 61:</b> Esfuerzo cortante en el perno .....	104
<b>Ecuación 62:</b> Tasa de rendimiento medio.....	134
<b>Ecuación 63:</b> Valor actual neto .....	134
<b>Ecuación 64:</b> Tasa interna de rentabilidad.....	135
<b>Ecuación 65:</b> Relación beneficio costo .....	136

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b> .....	147
<b>ANEXO 2</b> .....	148
<b>ANEXO 3</b> .....	149
<b>ANEXO 4</b> .....	150
<b>ANEXO 5</b> .....	151
<b>ANEXO 6</b> .....	152
<b>ANEXO 7</b> .....	153
<b>ANEXO 8</b> .....	155
<b>ANEXO 9</b> .....	157
<b>ANEXO 10</b> .....	160
<b>ANEXO 11</b> .....	163
<b>ANEXO 12</b> .....	164
<b>ANEXO 13</b> .....	165
<b>ANEXO 14</b> .....	166
<b>ANEXO 15</b> .....	169
<b>ANEXO 16</b> .....	171
<b>ANEXO 17</b> .....	174

## LISTA DE SIGLAS

WWF: World Wildlife Fund for Nature (Fondo Mundial para la Naturaleza).

FAO: Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

LRFD: Load Resistance Factor Design (Factor de Diseño de Resistencia y Carga).

SKF: Svenska Kullagerfabriken (Diseño y provisión de rodamientos, sellos, sistemas de lubricación, productos y sistemas para mantenimiento etc.).

ASTM: Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales.

NTC: Norma Técnica Colombiana.

DIN: Instituto Alemán de Normalización.

SAE: Sociedad de Ingenieros Automotrices.

VAN: Valor Actual Neto.

TIR: Tasa Interna de Rentabilidad.

CENIM: Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas.

ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).

AWS: American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura).

## **MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA QUE OPTIMICE LA DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA**

Autor: Geovanny Chiriboga

Tutor: Ing. Octavio Arias

### **RESUMEN**

El presente trabajo que se detalla a continuación, es el diseño y construcción de una máquina sembradora de zanahoria que optimice la distribución de semilla.

La máquina consta de dos subsistemas, un subsistema que es el mecanismo de ajuste de la caída de la semilla para que no haya desperdicios, ni aumentos excesivos en el momento de la siembra; el otro subsistema es la regulación de la punta de acero a que profundidad queremos que vaya el rayado para ser depositado el grano.

Se realizó el diseño de las partes de la máquina mediante el software Autodesk Inventor Professional 3D CAD, que permite designar, visualizar y simular una representación digital más completa.

En datos que obtuve en la plantación de zanahoria se puede determinar que en ocho horas se siembran con lo menos siete personas un total de  $100\text{ m}^2$  siendo un trabajo muy bajo. Con la implementación de este sistema de control en la máquina sembradora se alcanzó un aumento de un 200% es decir con el mismo tiempo empleado sembrar el doble de lo establecido anteriormente.

No existe daño en las semillas, además de proveer un trabajo preciso para evitar después un raleo entre plantas, logrando así obviar a futuro el control de malezas, plagas, enfermedades principales de la zanahoria y que el sistema sea rápido, de fácil manipulación y la operación de una sola persona entregando así una mayor extensión de terreno plantado.

## **CARROT SEED DRILL MACHINE TO OPTIMIZE THE DISTRIBUTION OF SEED**

Author: Geovanny Chiriboga

Tutor: Ing. Octavio Arias

### **ABSTRACT**

This work is detailed below, is the design and construction of a drill machine that optimizes carrot seed distribution.

The machine consists of two subsystems, a subsystem that is the adjustment mechanism of the fall of the seed so that there is no waste or excessive increases in the time of planting; the other subsystem is the regulation of the steel point we want to go deep to be deposited striped grain.

The design of machine parts was conducted by Autodesk Inventor Professional 3D CAD software, which helps us to designate, visualize and simulate a more complete digital representation.

In data taken in planting carrots can be determined which are sown in eight hours with at least seven people a total of  $100 \text{ m}^2$  with a very low work. With the implementation of this control system in the seed drill an increase of 200% that is the same time taken to plant twice as stated above was reached.

There is not damage to the seeds, in addition to providing precise work to avoid after thinning between plants, thus achieving avoid future weed control, pests, major diseases of carrot and the system is fast, easy to handle and one person operation and providing a greater extent of land planted.

## PRESENTACIÓN

El proyecto de la máquina sembradora de zanahoria que optimice la distribución de semilla está estructurada con cinco capítulos: estudio agronómico de la zanahoria, arquitectura del sistema, diseño mecánico de la estructura y los mecanismos, construcción, implementación, pruebas y análisis.

En el primer capítulo se realiza el análisis de las problemáticas de la situación actual de la zanahoria, variedades cultivadas, tipos de sembradoras, tecnología y medio ambiente (información utilizada en la elaboración del proyecto).

El segundo capítulo abarca la determinación de requisitos del sistema como parámetro de diseño, funcionales y formulación de alternativas.

El tercer capítulo presenta el diseño de los diferentes mecanismos de ingreso, salida, rayado y tapado de semilla.

En el cuarto capítulo es la construcción de la máquina haciendo énfasis a los requerimientos para la construcción, piezas a manufacturar, piezas y partes a comprar, y la secuencia de ensamble de la misma.

En el quinto capítulo es el montaje del sistema, pruebas de verificación de la sembradora de zanahoria tanto en vacío como con carga, análisis de resultados, un estudio económico donde se calculan los costos y gastos intervinientes en la construcción, para establecer la rentabilidad del proyecto y expectativas futuras.



# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTO TEÓRICO

### 1.1 ESTUDIO AGRONÓMICO 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. La zanahoria es de la familia de las Umbelíferas. Es muy rica en caroteno, eficaz antioxidante con propiedades anti cancerígenas (WWF, 2011). La sabiduría popular la considera muy buena para la vista, cicatrizante intestinal, diurética y astringente.

“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” (Infoagro, 2010, p.5).

Crudas o cocidas es un excelente alimento. Es de las pocas verduras que pierden muy poco valor cocinada. Incluso algunos de sus componentes alimenticios son más digeribles para nuestro cuerpo que cuando las ingerimos crudas.

Según (Herfruit, 2010). Esta hortaliza prefiere los suelos arcillosos-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, incrementado 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 antes de llegar al consumidor final.

El periodo 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.



*Figura 1: Recolección de la zanahoria cultivada*

**Fuente:** Autor

Según (ONU, 2009). Manifiesta: “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.

En el Ecuador actualmente la siembra de zanahoria se lo realiza utilizando una estaca de mano, al boleado o con sembradoras de precisión, lo que genera mucho tiempo, mayor inversión, requiere demasiado esfuerzo de las personas, factores que influyen en la diseminación de la planta, prácticamente durante todo el año y es un cultivo bastante exigente, sobre todo 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.

Un estudio de campo realizado a los campesinos de la zona ubicados en la provincia del Carchi y dedicados al cultivo de esta hortaliza, determinan que la siembra manual es muy duro y que los comercializadores a pesar de ello no pagan un buen precio y que requieren de ayuda tecnológica. Con la construcción y puesta en funcionamiento de una máquina sembradora de zanahoria se optimizará la distribución de la semilla además de proveer un trabajo preciso; para evitar después un raleo de 2 a 3 cm entre plantas, logrando así obviar a futuro el control de malezas, plagas, enfermedades principales de la zanahoria y que el sistema sea rápido, de fácil manipulación y la operación de una sola persona entregando así una mayor extensión de terreno plantado.

## 1.2 VARIEDADES CULTIVADAS

Según (Herfruit, 2010, p.5). Las variedades más cultivadas 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 y piel lisa. Se hace en 90 días aproximadamente. Las raíces tienen una longitud de 13 cm. Tienen poco corazón. Las hojas son pequeñas.

**Bonanza:** Es la variedad más común. Se hace en 110 días en buen clima. Alcanza un tamaño medio de unos 15 cm. Tiene un gran contenido en azúcares. Es tierna de textura y cuenta con un color anaranjado fuerte.

**Emeral:** Se hace en aproximadamente 80 días. Tienen un tamaño de 13 cm. Tienen un gran corazón y color fresco, una piel rugosa y una gran hoja. Es usada principalmente para la industria envasado, congelado y deshidratado. Para mejor rendimiento pasado los 3000 m sobre el nivel del mar.

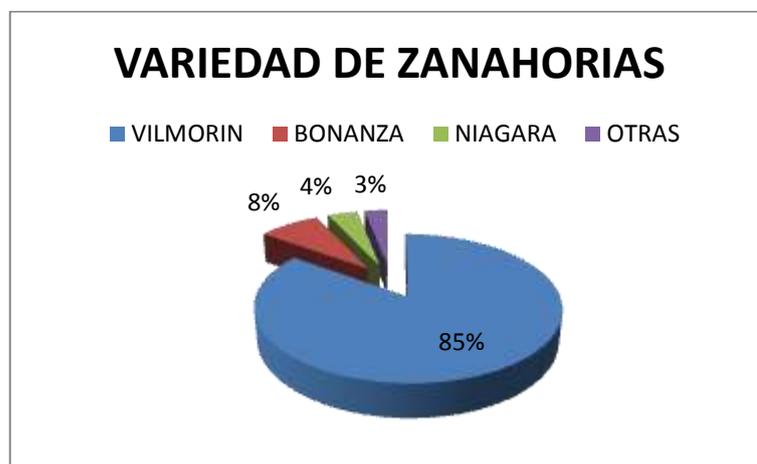
**Niagara:** Se hace en aproximadamente 100 días. Las raíces alcanzan los 30 cm. Son afiladas y con una gran cabeza. Textura rugosa, gran sabor y abultado follaje. Se cultiva principalmente para mercado en fresco.

Dentro de esta variedad podemos distinguir:

- Cortas. - Menos de 10 centímetros.
- Semicortas. - Entre 10 y 12 centímetros.
- Semilargas. - Entre 15 y 20 centímetros.
- Largas.- De más de 20 centímetros.

En el año 2008, según datos del estudio de campo realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería establece: “La variedad de zanahoria que mayoritariamente se cultiva en el Ecuador es Vilmorín, seguido de Bonanza, en tercer lugar Niagara y por último Otras variedades”.

*Gráfico 1: Variedad de zanahoria más producida*



**Fuente:** Informe de Estadísticas del Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2008).

### 1.3 MÁQUINAS SEMBRADORAS DE GRANOS

De todas las labores que se puedan realizar en un cultivo, la siembra es la única que es insustituible y por ello tiene que efectuarse con calidad.

“Las máquinas sembradoras deben dosificar la semilla en una cantidad determinada y colocarla en el suelo de forma de otorgarle las mejores condiciones, tal que cumpla con los requerimientos biológicos de la misma (profundidad, humedad, contacto suelo semilla y distribución sobre el terreno) para su posterior germinación, con el objetivo de obtener una buena implantación. Estas máquinas a su vez, realizan otras funciones como la aplicación de fertilizantes y plaguicidas” (Lobo, 2009, p.2).

“Después de la siembra las semillas deben sobrevivir de sus propias reservas hasta que, tras la germinación, los cotiledones emergen al exterior y la radícula se clava en la tierra y como plántula puede realizar la fotosíntesis. No todos los granos sembrados sobreviven, y es por lo que la cantidad de semilla usada debe ser superior al número de plantas deseadas.

Los factores que afectan a la selección de la cantidad de semilla son la especie e incluso la variedad a sembrar, el potencial germinativo de la semilla (medido en laboratorio), el suelo y su fertilidad, la forma de cultivo y el método de recolección. También es preciso considerar la posible formación de costras, así como su resistencia, sin olvidar factores tales como enfermedades, plagas y condiciones ambientales adversas”. (Hilling, 2008, p.4).

## **1.4 TIPOS DE SEMBRADORAS**

Según la forma de los cultivos, en masa o de escarda, existen tres diseños de máquinas, que pueden clasificarse en:

1. Sembradoras al voleo.
2. Sembradoras a chorrillo: de grano fino.
3. Sembradoras de precisión: de grano grueso.

### **1.4.1 SEMBRADORAS AL VOLEO**

Para este tipo de siembra se utilizan máquinas esparcidoras centrifugas, también se puede sembrar con aviones. Es el método más rustico y menos preciso de sembrar, no se puede controlar el distanciamiento, entre las plantas y se requiere otra labor para cubrir la semilla.

Su distribución no es buena, ya que las semillas chicas se concentran cerca de la máquina y las grandes lejos de la misma.



*Figura 2: Sembradora al voleo*

**Fuente:** ( Rbellon ; 2014)

#### **1.4.2 SEMBRADORAS A CHORRILLO**

Se utilizan principalmente para la siembra de cereales de invierno. Los dosificadores entregan las semillas en un flujo continuo, y están separados en forma equidistante. La separación entre líneas más usuales son: 15. 8, 17.5, 20, 21 y 26 cm.

En este método se puede controlar la distancia entre hileras, pero no se puede controlar la distancia de las plantas dentro de la misma.

Las operaciones que realizan estas máquinas son:

- Abrir el surco donde se va a depositar la semilla: Se realiza con cuchillas circulares (un solo disco cóncavo o dos discos planos) o con rejas a surcadoras, montadas sobre el bastidor, de forma que van siguiendo la superficie del terreno y pueden elevarse por encima de algún obstáculo que encuentre.

➤ Dosificar y depositar la semilla en el surco realizado: Se realiza por medio de los órganos distribuidores y de los tubos de caída.

“El órgano de distribución es una parte esencial de la sembradora, debe permitir una gran regularidad de siembra, y según su polivalencia podrá ser utilizada para distintas especies de semillas. Pueden ser de rodillos, centrífugas y neumáticas”. (Deere, 2013).



*Figura 3: Sembradora a Chorrillo*

**Fuente:** (Interempresas Productos; 2014)

Las sembradoras con elemento dosificador de rodillos llevan uno en cada línea de siembra, montados sobre un mismo eje giratorio. Se trata de un rodillo acanalado, una rueda de dientes o cucharillas.

“En las sembradoras con distribuidor centrífugo las semillas penetran, por gravedad, desde la tolva en un cono giratorio por una abertura regulable. Una vez en el interior, por unas aletas soldadas al cono, son sometidas a fuerzas que originan su ascensión hasta llegar a la tapa superior donde existen agujeros por los que penetran en los tubos de caída y son dirigidas hacia las botas de apertura del surco de siembra.

En las sembradoras con distribuidor neumático, la semilla es dosificada en un solo cilindro situado debajo de la tolva, a cuya salida es recogida por una corriente de aire y llevada a una cabeza distribuidora que los distribuye a los tubos de descarga”.(Navarra A., enero – febrero 2004,p.46).

- Enterrar el grano. La propia reja puede realizar esta operación, aunque se pueden utilizar otras rejas, rastras, cadenas, etc.
- Comprimir el suelo alrededor de la semilla, mediante rodillos y así favorecer el aumento de la humedad.

### 1.4.3 SEMBRADORAS DE PRECISIÓN

Según (John D., 2013). “Es aquella que deposita a profundidad uniforme y a distancias iguales el grano, consiguiendo además un paralelismo entre líneas. Esta siembra permite:

- Ahorro de semillas a aplicar.
- Exactitud en la superficie unitaria de las plantas para una productividad óptima.
- Mayor facilidad para realizar labores de cultivo mecanizadas.
- Disminución de las faenas de escarda y aclareo.
- Siembra a distancia definitiva
- Óptimas condiciones para la recolección”.



*Figura 4: Sembradora de Precisión*

**Fuente:** (John Deere; 2013)

En este tipo de maquinaria, un elemento esencial es el mecanismo distribuidor, concebidos para que suelten las semillas individualmente, una tras otra, con intervalos regulares. Existen distribuidores mecánicos (de plato vertical, plato oblicuo, plato horizontal y de correa) y neumáticos.

Gráfico 2: Componentes de una sembradora



**Fuente:** Eslabonamiento Productivo del Sector Maquinaria Agrícola Argentina", realizado para el *Consejo Federal de Inversiones*. (Febrero 2001).

## 1.5 LABRANZA

“El propósito de la labranza es preparar el suelo para el cultivo. Tradicionalmente esta preparación se realiza empleando un arado, que penetra en el suelo y voltea la tierra, arrancando o eliminando las malas hierbas que crecen en el terreno, removiendo y aflojando las capas superficiales del suelo y dejando un lecho con la humedad suficiente para que germinen las semillas sembradas. La labranza tradicional puede perjudicar al suelo si se practica continuamente durante muchos años, sobre todo si la capa fértil de la superficie es delgada. Hoy, muchos agricultores siguen un programa de labranza mínima o reducida para conservar el suelo. En este tipo de labranza la materia vegetal muerta que queda en el suelo tras la cosecha se deja encima, o bien bajo tierra, a poca profundidad, en vez de ser introducida profundamente con el arado, como

ocurre en la labranza tradicional; ello contribuye a mantener la humedad en el interior y a proteger el suelo de la erosión”

“El arado, principal herramienta mecánica empleada para la labranza en todo el mundo, puede estar diseñado para diversos fines, que van desde la simple excavación de un surco en el suelo a la inversión total, o volteo, del suelo, normalmente hasta una profundidad de 15 a 20 cm. En ciertos lugares y con determinados fines, el arado es sustituido como instrumento de labranza por varios tipos de escarificadores, herramientas que arañan o escarifican la superficie del suelo sin penetrar profundamente en él”.

Por lo general, esas herramientas se emplean sólo para romper y pulverizar el suelo después de la labranza. Los escarificadores y otras herramientas de ese tipo se usan para cultivar el suelo entre las hileras de cultivos en crecimiento de forma universal.



*Figura 5: Labranza Tradicional*

**Fuente:** (Sigpac, Arado y laboreo; 2010).

“La labranza en profundidad y la subsiguiente escarificación son necesarias en lugares en los que el suelo es compacto, impermeable al agua e impenetrable para las raíces de las plantas. Una labranza excesiva, no obstante, puede deteriorar la estructura del suelo, especialmente si se lleva a cabo cuando está húmedo. El problema resulta más grave en suelos de textura fina que en suelos de arena, arcilla y limo, puesto que normalmente requieren menos labranza. El

clima desempeña también un papel importante, no sólo en lo que se refiere a la cantidad, sino también a la época de labranza. En áreas de humedad elevada, la labranza debe limitarse a las estaciones en las que no se esperan grandes lluvias, ya que las superficies recién labradas son susceptibles a la erosión por el agua”.

“Por el contrario, en zonas áridas o sub húmedas, el suelo debe labrarse antes de los periodos lluviosos con el fin de que pueda absorber un máximo de agua.

Entre los beneficios secundarios, pero importantes, de la labranza, está la aireación o exposición al aire, debida a la pulverización del suelo. La aireación no sólo permite una mejor circulación del oxígeno y el agua, sino que también tiene como resultado un incremento de la actividad biológica en el suelo, que engloba la de los organismos que fijan el nitrógeno atmosférico. La labranza contribuye a la salud de las plantas inhibiendo las enfermedades que las afectan y dificultando el desarrollo de diversos tipos de insectos que son dañinos para ellas”.

“El tipo de labranza afecta a la pérdida de suelo debida a la erosión por el viento y el agua. Cuando los surcos se excavan siguiendo la pendiente, colina arriba y abajo, el agua tiende a fluir a lo largo de ellos, arrastrando pequeñas partículas de las capas superiores del suelo. Por el contrario, si los surcos se trazan perpendicularmente a la pendiente, el agua permanece en ellos y es absorbida en lugar de formar escorrentías.

El tipo y cantidad de cultivo entre las hileras de la cosecha viene determinado por el carácter del suelo. Los suelos pesados y empapados se benefician de la aireación que produce la labranza, mientras que los suelos duros y aterronados pueden requerir algún tipo de cultivo que les permita absorber la humedad que necesitan las cosechas. Para los suelos que están en buen estado el principal objetivo del cultivo en hileras es el control de malas hierbas” (Sembradora directa M., Portoviejo – Manabí – Ecuador., 2009).

## **1.6 TECNOLOGÍA DE LA SIEMBRA**

En el año 2003, según datos del III Censo Nacional Agropecuario. INEC, EC. La siembra directa es adecuada para pequeños, medianos y grandes productores que utilizan métodos manuales, tracción animal o siembra mecanizada.

La evolución tecnológica y la expansión de la siembra directa, ha sido fenomenal, Este retraso permitió subsiguientemente una expansión más rápida con la transferencia de tecnología de los sub-trópicos a los trópicos, pero las diferencias en el clima requirieron nuevas soluciones agronómicas para los trópicos. Los agricultores y los técnicos que adoptaron esta tecnología han resuelto hasta ahora de manera persistente todos los desafíos en cuanto a su sustentabilidad en los sub-trópicos húmedos y trópicos húmedos-secos, con resultados prometedores en los trópicos húmedos.

Fue necesaria una larga cruzada para romper la resistencia natural al cambio y para promover la tecnología. En este caso, la siembra directa demostró ser atractiva para los agricultores debido a sus costos más bajos de producción y también debido a que brinda más días para efectuar la siembra, una operación de manejo más simple, mayor tolerancia a la sequía, costos reducidos de inversión/reposición relativos a maquinarias agrícolas y mayores rendimientos en líneas generales.

Para lograr una emergencia rápida y uniforme, con una gran cantidad de tallos y un buen crecimiento del cultivo, así como para facilitar la realización de las operaciones mecánicas en el campo, la siembra debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Hacer unos surcos rectos y una distancia igual entre ellos.
2. Mantener una distancia lo más exacta posible entre plantas dentro del surco.
3. Mantener una profundidad de siembra uniforme y lo más superficial posible.
4. Evitar que los tubérculos estén en contacto con los fertilizantes para prevenir daños en los brotes y las raíces.

5. Realizar una cobertura de las zanahorias inmediatamente después de la siembra para prevenir daños en los tubérculos por el calor o por la desecación del suelo que les rodea.

## 1.7 SEGURIDAD EN EL CONSUMO DE LA ZANAHORIA

La parte que se utiliza de esta planta es la raíz, la misma que se consume cruda en ensaladas, cocida, refrescos, y en la elaboración de conservas de tipo industrial enlatadas, congelas o deshidratadas; para consumo humano a nivel urbano y rural. También en alimentación animal en aves, cerdos, ganado de leche y otros. Es considerado un cultivo alternativo para propiciar ingresos económicos tanto a pequeños y medianos agricultores de la sierra norte del país.



Figura 6: La raíz fuente de consumo

Fuente: (Ilustración respectiva de la planta, 2004)

### 1.7.1 VALOR NUTRICIONAL DE LA ZANAHORIA.

Las cualidades nutritivas de las zanahorias son importantes, especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada

molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas.

**Tabla 1.** Valor nutricional de la zanahoria en 100g de sustancia comestible

Agua (g)	88.6
Carbohidratos (g)	10.1
Lípidos (g)	0.2
Calorías (cal)	40
Vitamina A (U.I.)	2.000-12.000 según variedades
Vitamina B1 (mg)	0.13
Vitamina B2 (mg)	0.06
Vitamina B6 (mg)	0.19
Vitamina E (mg)	0.45
Ácido nicotínico (mg)	0.64
Potasio (mg)	0.1

**Fuente:** Purdue University. James A. Duke. 1983. Handbook of Energy Crops

### 1.7.2 INDICADORES DE CALIDAD EN LA ZANAHORIA.

Existen muchas propiedades visuales y organolépticas que diferencian las diversas variedades de zanahoria para mercado fresco y mínimo proceso. En general las zanahorias deberían ser:

- Firmes (no flácidas).
- Rectas con un adelgazamiento uniforme.
- Color naranja brillante.
- Ausencia de residuos de raicillas laterales.
- Ausencia de "corazón verde" por exposición a la luz solar durante la fase de crecimiento.
- Bajo amargor por compuestos terpénicos.
- Alto contenido de humedad y azúcares reductores es deseable para consumo en fresco.

Defectos de calidad: incluyen falta de firmeza, forma no uniforme, aspereza, desarrollo pobre de color, grietas, corazón verde, quemado del sol y calidad pobre del corte de tallo.( Infoagro Systems, S.L, 2010).

## **1.8 MEDIO AMBIENTE**

Es ordinario decir que el éxito de un cultivo depende, en más de un 50% de las condiciones de implantación. Implantar un cultivo supone el iniciar un combate contra numerosos factores climáticos o parasitarios que intentaran, a lo largo de toda la campaña, disminuir el potencial de rendimiento de las semillas. Es por ello que, durante el periodo de siembra es importante el no cometer ciertos errores para no disminuir, ya de entrada, el potencial económico de la actividad.

El rendimiento de un cultivo es el producto de dos componentes: el número de plantas por unidad de superficie, que depende de la calidad de la nascencia y, por tanto de la calidad de la semilla y la producción unitaria de cada planta, ligada al funcionamiento del sistema radicular que abastece de agua y minerales a la planta para realizar las funciones esenciales.

La siembra de cualquier cultivo tiene como objetivo el establecimiento de una determinada población (plantas por m<sup>2</sup>) que derivará en un rendimiento posterior.

- “sembrar rápido”, término que hace referencia no solo a las operaciones de siembra propiamente dichas sino también a todos los aspectos ligados a la preparación del terreno (laboreo primario y preparación del lecho de siembra), con objeto de respetar el periodo de siembra óptimo en función de los condicionantes específicos de la explotación (clima, tipo de suelo, maquinaria y mano de obra disponible).

- “sembrar bien”, con objeto de conseguir el nivel de densidad adecuado compatible a una expresión lo más completa posible del potencial de rendimiento de la parcela.

La calidad de la implantación depende por una parte de las características y del perfil del terreno conseguido con el laboreo y de la operación de siembra propiamente dicha. Por lo que hace referencia al trabajo del suelo la calidad de trabajo se aprecia a través del estado estructural de la capa arable y del estado del lecho de siembra. Para la siembra, esta calidad viene determinada por el respeto de la dosis establecida de semilla y por el reparto espacial de los granos en el suelo.

Dos aspectos son importantes a considerar a la hora de evaluar la colocación de los granos durante el proceso de la siembra: la localización en profundidad y la localización sobre la línea de siembra (Kern y Johnson, 1993, pp.56, 57).

La profundidad de siembra puede modificar notablemente la calidad de la nascencia. De una manera general, el aumento de la profundidad de siembra incrementa el tiempo necesario para la nascencia. Para un mismo tipo de lecho de siembra, la suma de temperaturas necesaria para alcanzar el 90% de plantas nacidas aumenta en unos 10° C (unos dos días si la temperatura media es de 5° C) por centímetro de profundidad suplementaria. Además de la profundidad de colocación de las semillas, la regularidad de esta entre los granos tiene también

incidencia sobre la nascencia. Si es irregular la nascencia será heterogénea. En este caso esta heterogeneidad puede representar problemas durante el ciclo del cultivo (tratamientos fitosanitarios, fertilización nitrogenada) si el estudio vegetativo de las plantas no es idéntico. La localización de las semillas en la línea de siembra tiene a su vez una influencia determinante sobre la calidad del cultivo (Phillips y Young, 1972, p.120).

Estos parámetros anteriormente mencionados están directamente ligados a las características técnicas de los equipos utilizados. Aspectos como la uniformidad en la profundidad de siembra, el respeto a la dosis establecida y la posibilidad de adaptación a las particularidades del momento son factores directamente dependientes del tipo de sembradora utilizada y a ellas nos vamos a referir en lo sucesivo.

Si bien el cultivo de zanahoria en invierno no presenta tantas exigencias en cuanto a la precisión en la colocación de la semilla en el terreno como ocurre en el caso del maíz o el girasol, es necesario por lo menos el mantenimiento de un flujo constante de semilla, una alimentación homogénea a todos los elementos de siembra y una incorporación en el terreno adecuada. Por tanto, un análisis detallado de las prestaciones de la sembradora debe pasar por una evaluación del sistema dosificador (flujo de salida uniforme y constante de semilla), el sistema distribuidor y los elementos de enterrado.

## **CAPÍTULO II**

### **ARQUITECTURA DEL SISTEMA**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA**

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

Para realizar el diseño de la sembradora de zanahoria, se debe establecer:

##### **2.1.1 SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL LUGAR**

###### **2.1.1.1 Subsulado**

Debe efectuarse durante la época seca, puede darse uno o dos pasos en forma cruzada y se recomienda efectuarla cada 3 a 5 años.



*Figura 7: Subsolado*

**Fuente:** (Info Storage; 2014)

### **2.1.1.2 Aradura**

Consiste en remover la capa superficial del suelo a profundidades que varían hasta los 45 cm. Esta práctica debe repetirse cada vez que se establece el cultivo.



*Figura 8: Aradura*

**Fuente:** (Masseyferguson; 2013)

### **2.1.1.3 Rastreado**

Esta práctica se recomienda realizarla antes y después de la aradura; antes para incorporar rastrojos o abonos verdes y después de la aradura para deshacer los terrones grandes del suelo.



*Figura 9: Rastreado*

**Fuente:** (ASHBURNER J; 1984)

#### **2.1.1.4 Surcado**

Sirve para levantar la tierra y formar camellones para la siembra.

Construcción de canales de drenaje

Esta práctica se realiza para sacar excedentes de agua en época lluviosa o cuando se usa riego.



*Figura 10: Surcado*

**Fuente:** (Blog spot barbecho; 2014)

#### **2.1.2 COMPETENCIA DE LAS MALEZAS**

Según (Studdert, G., 2001, p. 57). "El buen manejo incluye la identificación de las distintas especies, seguida por una selección adecuada de los herbicidas o de otras estrategias de control, tales como la cobertura. Una planificación adecuada es importante para asegurarse de que los efectos residuales de los herbicidas sean compatibles con los futuros cultivos, así con la fauna del suelo, las lombrices

de tierra; por ejemplo, algunos herbicidas y pesticidas son tóxicos para las lombrices.

Una vez seleccionados los herbicidas, es necesario asegurar que el compuesto químico específico es aplicado a la dosis correcta de ingrediente activo con la dilución adecuada (por lo general en agua).

También son necesarias para la aspersión condiciones adecuadas del tiempo, durante la aplicación y por un cierto período posterior. El estado de vigor y crecimiento de la planta y el tamaño de las hojas pueden tener influencia sobre la actividad del herbicida.

Con algunos herbicidas es necesario contar con un cierto período entre aspersión y siembra. En muchos casos es más importante asegurar que la aplicación del herbicida es optimizada con respecto a una cierta formulación y el estado de crecimiento de la maleza, salvo cuando hay actividad residual del herbicida en él”.

### **2.1.3 MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO**

Fertilidad es sinónimo de la capacidad de dar vida. Al referirnos a la fertilidad de suelos, señalamos su capacidad para permitir y sustentar la vida vegetal. Esta no solo depende de la presencia de nutrientes, sino también de su disponibilidad para las plantas, de la capacidad del perfil en el suelo para almacenar y entregar agua, de la existencia de un espacio físico para el crecimiento de las raíces y de la ausencia de procesos de destrucción de lo que haya logrado crecer en él.

“La fertilidad del suelo tiene, por lo tanto, componentes químicos, componentes físicos y componentes biológicos, por lo que todo manejo adecuado debe considerar mecanismos de optimización de estos tres tipos de componentes en forma interdependiente”. (Phillips y Young, 1972).

A continuación se analiza en forma detallada esta interrelación.

### **2.1.3.1 Manejo del nitrógeno**

Según (Higuita, 1997). “El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato ( $\text{NO}_3$ ) o Amonio ( $\text{NH}_4$ ), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción.

Gracias a que la solubilidad de los compuestos nitrogenados es alta, su disponibilidad para las plantas y microorganismos normalmente también es alta, siempre y cuando el estado de oxidación sea el adecuado.

La estrategia central para la nutrición nitrogenada no pasa por aumentar las disponibilidades del elemento nitrógeno, sino por “optimizar el balance de nitrógeno en el suelo”, lo que hace necesario, aunque parezca obvio, maximizar las entradas y minimizar las salidas de este elemento mineral”.

### **2.1.3.2 Manejo del fosforo**

El fosforo a menudo aparece como un nutriente limitante en los suelos agrícolas, no es posible capturarlo biológicamente desde el aire, como ocurre con el nitrógeno. En general, los equilibrios de reacción del fosforo tienden a mantener la mayor parte de él en condiciones no disponibles para las plantas o microorganismos.

## **2.1.4 DENSIDAD DE SIEMBRA Y CALIDAD DE LAS SEMILLAS**

Frecuentemente hay serias discusiones sobre la densidad de siembra óptima en la labranza cero. Algunos autores opinan que las densidades de siembra deberían ser incrementadas, presumiblemente para contrarrestar una esperada reducción en la germinación de las semillas o la emergencia de las plántulas.

Esta práctica es conocida como «seguro» de la densidad de siembra. Sin embargo, el proceder de esta forma, incluso con abre surcos para labranza cero

que tienen baja emergencia, puede ser contraproducente si se obtienen las condiciones ideales, ya que resultarían en poblaciones que exceden el óptimo.

Además, las altas densidades de siembra involucran en este caso un innecesario costo adicional de semillas.

Si se usa el equipo adecuado hay pocas o ninguna razón para que el establecimiento de las plántulas en la labranza cero sea menor que en la labranza convencional.

En cualquier caso, el problema importante no es considerar cuánta semilla se siembra, sino que la medida final es el establecimiento de las plántulas. Por lo tanto, las densidades de siembra deberían estar basadas en una evaluación del grado de riesgo según una situación dada que lleve a la predicción de una emergencia efectiva de plántulas. El primer factor a incorporar es el potencial de germinación de las semillas, el cual está especificado en los datos de la certificación, la densidad de siembra puede ser calculada usando la siguiente fórmula:

#### **Cálculo de la densidad de siembra**

$$SR = \frac{TSW \times TPP}{EFE} \quad \text{(Ecuación: 1)}$$

Donde:

SR = densidad de siembra (kilos por hectárea).

TSW = peso de 1.000 semillas (gramos).

TPP = objetivo de población de plantas (plantas/m<sup>2</sup>).

EFE = emergencia de campo efectiva (porcentaje).

El principio importante es la rentabilidad para producir la densidad adecuada de plantas.

“Para confiar en la obtención del número de plantas deseado un agricultor debe usar semillas de buena calidad junto con un equipo de siembra que proporcione un establecimiento confiable de las plántulas en un amplio rango de condiciones”. (Ritchie, 1994).

### 2.1.5 DISTANCIA ENTRE LOS SURCOS

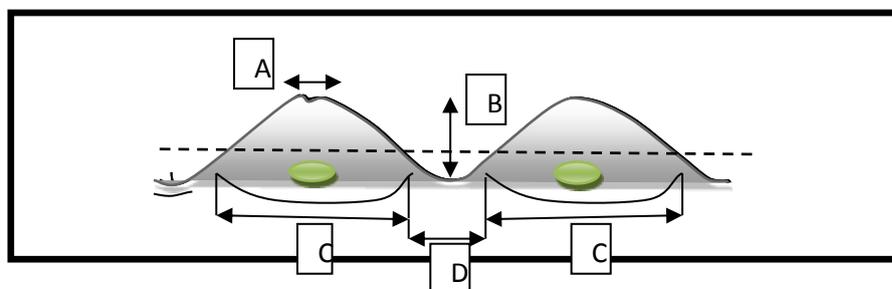
La zanahoria puede cultivarse en surcos separados entre sí 35 a 50 cm.

Es conocido que un buen recubrimiento del surco en las primeras fases del desarrollo de la planta favorece la producción, por lo que al establecer la distancia entre los surcos es importante tener en cuenta que hay que intentar realizar este recubrimiento lo antes posible.

### 2.1.6 PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

La profundidad de siembra debe adaptarse a las condiciones del suelo. En condiciones de crecimiento normales el tubérculo deberá estar entre los 5 a 10 cm como máximo de profundidad para que pueda tener éxito la germinación sin ninguna dificultad.

En la siguiente figura se determinan los siguientes parámetros:



*Figura 11: Longitud, altura, diámetro del surco para siembra*

**Fuente:** Semillas, Biología y Tecnología. Fernando Besnier Romero.

**Elaboración:** Autor

A = longitud de rayado del abre surco (4 a 8 cm).

B = altura del surco (20 a 25 cm).

C = diámetro surco (22 a 27 cm).

D = longitud de riego.

**2.1.7 RENDIMIENTO DE SIEMBRA**

Según (Ashburner J, 1984). “Una mayor velocidad de avance de la herramienta ocasiona un incremento en la aceleración de las partículas y agregados del suelo. Por esta razón la fuerza de arrastre tiende a ser proporcional a la velocidad al cuadrado. Pero la velocidad también aumenta el esfuerzo normal suelo/interfaz y puede incrementar el esfuerzo entre las partículas; este eleva la resistencia del suelo y, así, la fuerza de arrastre. Una posibilidad es diseñar el diente (abre surcos) para cambiar su agresividad de acción de acuerdo con la velocidad de avance”.

**2.1.8 TEMPERATURA**

Es una planta bastante rústica, aunque tiene preferencia por los climas templados. Al tratarse de una planta bianual, durante el primer año es aprovechada por sus raíces y durante el segundo año, inducida por las bajas temperaturas, inicia las fases de floración. Según (Clause, 2008). “La temperatura mínima de crecimiento está en torno a los 9°C y un óptimo en torno a 16-18°C. Soporta heladas ligeras; en reposo las raíces no se ven afectadas hasta -5°C lo que permite su conservación en el terreno. Las temperaturas elevadas (más de 28°C) provocan una aceleración en los procesos de envejecimiento de la raíz, pérdida de coloración”.

**2.1.9 SEMILLA**

**Cantidad:** lata x 500.000 semillas.

**Siembra directa:** 4 a 8 kg.

**Semillas por gramo:** 800 a 1200.



### 2.1.10 INNOVACIÓN DE LA INTERSIEMBRA

Según (Onorato A., 1991). “Sostiene que para elegir una máquina en las distintas posibilidades de utilización, se debe tener en cuenta dos relaciones fundamentales para ser analizadas y evaluadas; son las que ocurren entre “La Máquina y el Suelo” y entre “El Suelo y la Máquina”.

**2.1.10.1 Relación máquina-suelo:** el manejo mecánico del suelo tiende a modificar la densidad aparente, agregación y estabilidad de este, variando para la plántula su medio de desarrollo en relación entre otras cosas, a la temperatura del suelo, capacidad de la expansión de las raíces y movimiento del aire y agua en el suelo.

**2.1.10.2 Relación suelo-máquina:** se debe tener en cuenta que el suelo generalmente dista de ser homogéneo, en consecuencia debe siempre observarse el efecto del mismo sobre el buen funcionamiento de una determinada máquina.

Aquí la influencia decisiva del tipo de densidad de la cobertura vegetal, la resistencia al corte del terreno, fricción sobre los elementos de apretura. Lo lleva a considerar detenidamente antes de adoptar una decisión al respecto, cual será para determinada condición de trabajo, la herramienta, más adecuada.

## 2.2 DETERMINACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA

El presente proyecto pretende solucionar el pedido de pequeños agricultores para dotarles de ayuda así mejorando la calidad del producto y disminuyendo los respectivos costos.

### 2.2.1 BASTIDOR

Es el armazón que soporta la maquinaria.

El bastidor de la sembradora está constituido fundamentalmente por una barra, provista o no de ruedas, la cual soporta la tolva de la máquina, los órganos de enterrado, el sistema de empuje de la máquina y el mecanismo de tapado de la semilla.

En todo bastidor se debe tender a conseguir que en su longitud se puedan colocar los cuerpos de siembra de forma que no queden zonas muertas, es decir, zonas en las que no pueden colocarse los órganos necesarios para la siembra de las líneas de cultivo.



*Figura 12:* Esquema de un bastidor

**Fuente:** (Siembraneumatica; 2012)

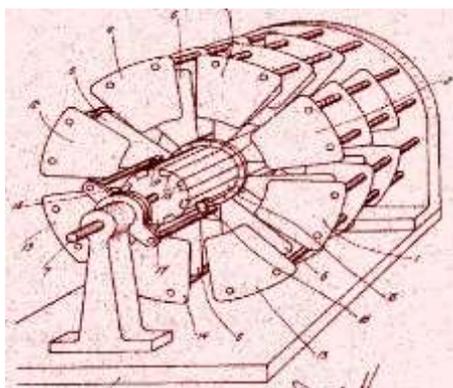
### 2.2.2 ÓRGANOS DE DISTRIBUCIÓN

Los órganos de distribución constituyen la parte esencial de la máquina sembradora. Porque permite el reparto de la semilla, integridad del grano, llevándolo al surco sin roturas ni deterioros que afecten a su poder germinativo.

Las variaciones en la velocidad de avance e inclinaciones del terreno no deben alterar la calidad del trabajo.

Posibilidad de funcionamiento con muy poca cantidad de semilla.

Fácil limpieza.



*Figura 13: Órganos de distribución*

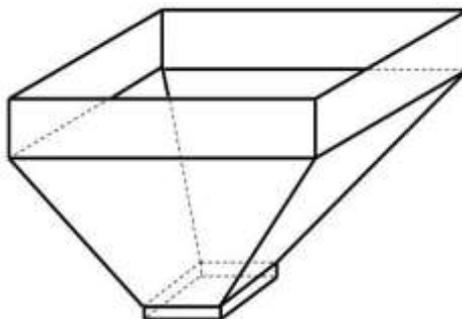
**Fuente:** (Patentados órganos; 1947)

### 2.2.3 TOLVA

La tolva, que puede ser de madera, plástico o acero, es el depósito que contiene las semillas a usar en la siembra. Debe de ser común para todas las líneas de cultivo o independiente para cada una. Es conveniente la existencia de un agitador dotado de movimiento rotativo o alternativo, que impida la formación de bóvedas en el interior de la masa de grano.

Las formas de las tolvas son muy diversas, y deben contener las siguientes características:

- Facilidad de acceso para llenado.
- Posibilidad de vaciarla totalmente para evitar mezclas de semillas.
- Posibilidad de ver y controlar el nivel de contenido.



*Figura 14: Tolva*

**Fuente:** (Construcción tolvas; 2002)

#### **2.2.4 ÓRGANOS DE ENTERRADO**

- Son elementos de la máquina encargados de enterrar las semillas.
- Adaptabilidad a los distintos tipos de suelos.
- Uniformidad en la profundidad de enterrado.
- Apertura y cierre del surco de siembra.
- Resistencia a la abrasión.

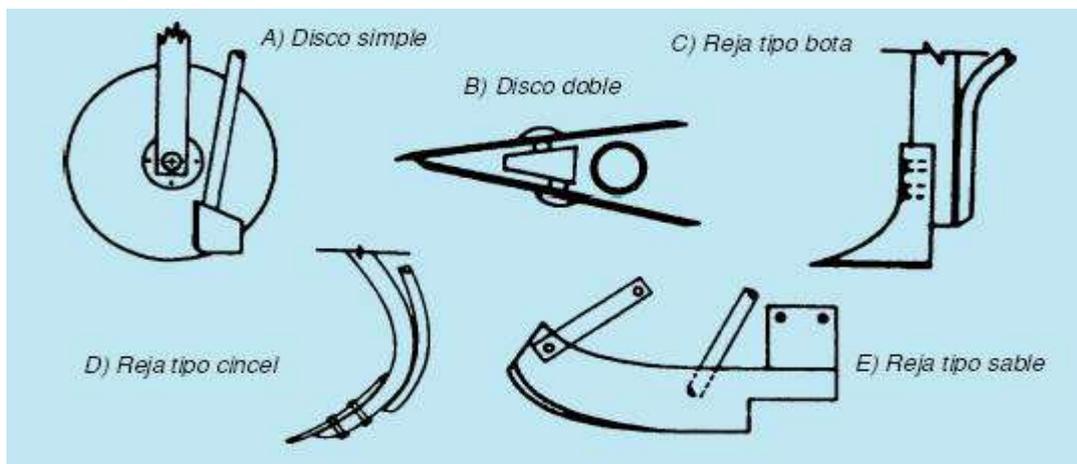
#### **2.2.5 FUERZAS DEL PESO Y DEL ABRE SURCOS**

Según (Hernanz, 1997). Cada modelo de abre surcos para labranza cero requiere una fuerza de penetración diferente para satisfacer el objetivo de colocar las semillas a la profundidad requerida. Esta fuerza de penetración está determinada por numerosas variables:

1. Consistencia del suelo, lo que determina la resistencia del suelo a la penetración.
2. Densidad y humedad del suelo, lo que afecta la consistencia del suelo.
3. Presencia o ausencia de piedras y su tamaño.
4. Presencia o ausencia de raíces de plantas que resisten directamente a la penetración.

5. Estado de descomposición de las raíces de las plantas, que es afectado por el intervalo entre la aspersión o la cosecha y la siembra.

6. Velocidad de operación, ya que los abre surcos penetran mejor a velocidades reducidas que a altas velocidades.



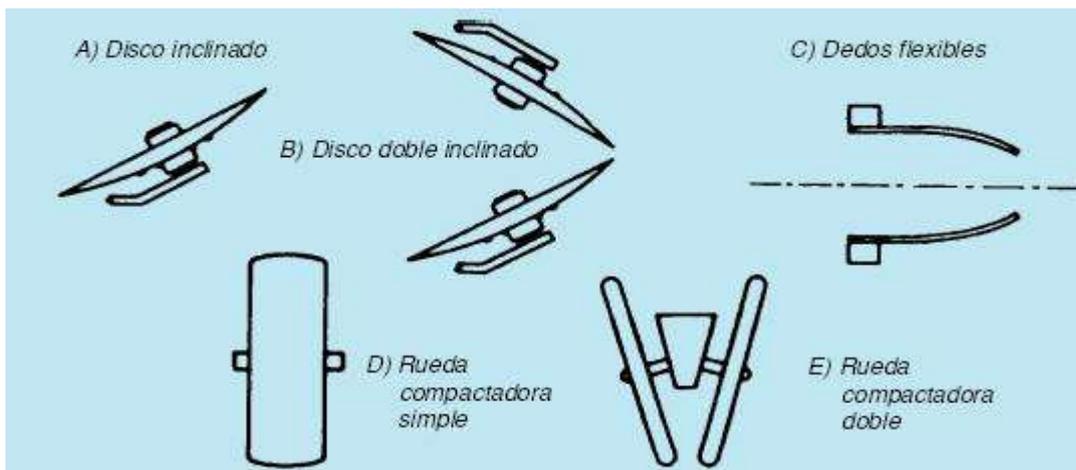
*Figura 15:* Elementos de apertura del surco de siembra

**Fuente:** (Morrison et al.1988)

### 2.2.6 RUEDA TRASERA

Los diseños con ruedas traseras son adecuados para máquinas de 0.50 metros hasta seis metros de largo.

Estas ruedas ofrecen una excelente maniobrabilidad y estabilidad, a más de presentar una ventaja adicional que es el tapado de la semilla.



*Figura 16:* Elementos de cubrimiento de semillas y de cierre de surco

**Fuente:** (Morrison et al. 1988)

## 2.2. 7 RUEDAS POSTERIORES

Estas configuraciones presentan una o más ruedas de dirección en cada parte del frente de la máquina ayudando así al avance sobre el surco.

## 2.2.8 DOSIFICADOR DE SEMILLA

Las últimas evidencias indican que la emergencia uniforme de las plantas a lo largo del surco puede ser más importante que el espaciamiento para reducir la competencia entre las plantas pequeñas y las plantas grandes.

Los aparatos para la dosificación de las semillas son responsables de la regulación de la densidad de siembra (número de semillas/m<sup>2</sup>) y el espaciamiento entre las semillas (regularidad del espaciamiento entre las semillas dentro del surco); de esta manera se asegura su precisión. (John Baker C., 2000, p.250).



*Figura 17: Dosificador de semilla*

**Fuente:** (Crovetto, 2002)

### 2.2.9 TREN CINEMÁTICO

Este componente es el encargado de transmitir el movimiento desde las ruedas de mando a los dosificadores. Dependiendo del tipo de sembradora, estos podrán ser fijos sin posibilidad de variar la velocidad, o variables mediante el cambio de engranajes o piñones. (Cejarosu, 2005).



*Figura 18: Tren cinemático*

**Fuente:** (Cejarosu, 2005)

### 2.2.10 AJUSTES Y MANTENIMIENTO

El modelo tiene la posibilidad de ajustar la cantidad de semilla y la profundidad de colocación de la misma, además de proveer un fácil mantenimiento de la

máquina porque no consta de sistemas neumáticos sino de mecanismo que requieren el uso de llaves y aceites para su correcto funcionamiento.

## **2.3 PARÁMETRO DE DISEÑO**

Para determinar los parámetros de diseño se parte de las necesidades ya anteriormente mencionadas, las mismas que requieren de una sembradora con una capacidad aproximada de 1.5 kg (3,3 libras de semilla). Para cubrir grandes extensiones de terreno. Se tomarían más parámetros pero no son necesarios porque la semilla es la misma en forma y tamaño solo cambia cuando esta se desarrolla, llega a la etapa de maduras (color, diámetro, textura).

Cabe destacar los siguientes aspectos:

- Costos de desarrollo, implementación, y mantenimiento.
- Capacidad de adaptación al medio y condiciones climáticas.
- Facilidad de manejo y operación.
- Eficiencia en la producción.
- Seguridad.

De acuerdo a las características, adaptabilidad, dosificación y profundidad de siembra de los distintos tipos y marcas de sembradoras analizados en el capítulo anterior y Anexo 1, el diseño a desarrollarse no corresponde a ninguno de los presentados, debido a que las condiciones pretendidas para nuestro diseño no se adaptan a ninguno de ellos.

Por esta razón, el diseño propuesto incluye aspectos relevantes de cada uno y podría considerarse una mezcla de los tipos de sembradoras Earth Way, Terradonis, Johnny's, Thilot Holland.

## **2.4 PARÁMETROS FUNCIONALES**

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

Entre los principales requerimientos funcionales se tiene:

- La máquina debe sembrar 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 sembradora 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 1,35 m de largo, los 0,6 m de ancho y su peso los 30 kg para su fácil manipulación.

## **2.5 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 funciones antes anotados.

**Tabla 2:** *Características de entrada (suelo compactado)*

ENTRADA: SUELO		
VARIABLES DE ENTRADA	LIMITACIONES DE ENTRADA	CONDICIÓN
Resistencia de suelo Tipo de semilla Ancho de labrado Profundidad de labrado	No muy compacto Tipo gramíneas No mayor de 10 cm No mayor de 10 cm	$\gamma_a < 1,9 \text{ gr / cm}^3$ $2,5\text{mm} \leq L \leq 6 \text{ mm}$ $a \leq 10 \text{ cm}$ $p \leq 10 \text{ cm}$

Fuente: Autor

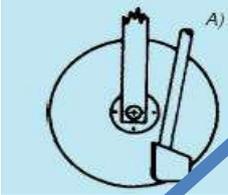
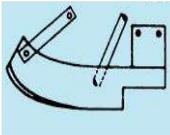
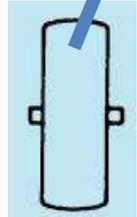
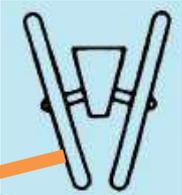
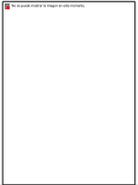
Tabla 3: Características de salida (suelo labrado)

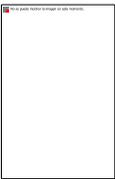
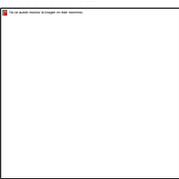
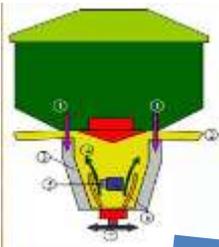
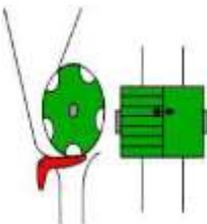
SALIDA: SUELO LABRADO		
VARIABLE DE SALIDA	LIMITACIONES DE SALIDA	CONDICIÓN
Suelo con densidad aparente menor que a la entrada. Grado de cubrimiento de la semilla.	Densidad aparente debe ser menor que el 30%. La semilla queda cubierta entre un (60 - 90) %.	$\gamma_1 < 30 \%$ ( $\gamma_a$ .entrada) $\gamma_2 > (60 - 90)\% \text{ V. semilla}$

Fuente: Autor

### 2.5.1. MATRIZ MORFOLÓGICA

UNCIONES	SOLUCIONES
----------	------------

		1	2	3	4
1	ORGANOS DE DISTRIBUCIÓN	<p>RODILLO ACANALADO</p> 	<p>RUEDA DENTADA</p> 	<p>PALETA</p> 	<p>DISCO ORIFICIOS</p> 
2	TOLVA	<p>TOLVA ABIERTA</p> 	<p>SEMILLA Y FERTILIZANTE</p> 	<p>USO AGRICOLA</p> 	<p>USO INDUSTRIAL</p> 
3	FUERZAS DE PESO Y ARESURCOS	<p>DISCO SIMPLE</p> 	<p>REJA TIPO CINCEL</p> 	<p>REJA TIPO BOTA</p> 	<p>REJA TIPO SABLE</p> 
4	MATERIAL DE FABRICACIÓN	<p>ACERO AISLXXX</p> 	<p>HIERRO FUNDIDO</p> 	<p>PLÁSTICO</p> 	<p>MADERA</p> 
5	RUEDA TRASERA	<p>RUEDA COMPACTADORA SIMPLE</p> 	<p>DISCO INCLINADO</p> 	<p>RUEDA COMPACTADORA DOBLE</p> 	
6	RUEDAS POSTERIORES	<p>RUEDA BICICLETA 20 X 2.125</p> 	<p>RUEDA RIN ALUMINIO</p> 	<p>RUEDA TIPO CARRETA</p> 	<p>PIRELLI MT 70</p> 
7	TREN CINEMÁTICO	<p>ENGRANAJES</p> 	<p>PIÑÓN Y CADENA</p> 	<p>BANDAS Y POLEAS</p> 	<p>BIELA MANIBELA</p> 

					
8	TIPO DE ACCIONAMIENTO	<p>MANUAL</p> 	<p>ANIMAL</p> 	<p>MECÁNICA</p> 	<p>ELÉCTRICA</p> 
9	DOSIFICADORES	<p>DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO</p> 	<p>DISTRIBUIDOR NEUMÁTICO</p> 	<p>DISTRIBUIDOR CILINDRO ACANALADO</p> 	<p>DISTRIBUIDOR ROTATIVO</p> 
10	MONTAJE	SOLDADO	REMACHADO	EMPERNADO	TODOS TRES TIPOS

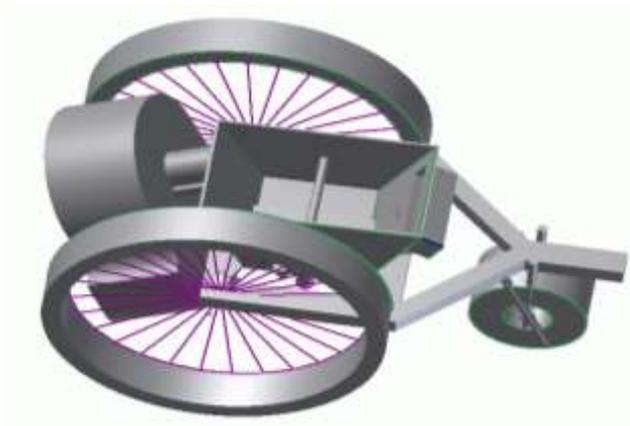


Alternativa 1

Alternativa 2

**2.5.2. ALTERNATIVA 1: SEMBRADORA TRACCIÓN ANIMAL**

La sembradora de tracción animal nombrada así porque respecto a sus partes que la conforman esta se aría muy pesada y dificultaría su movimiento teniendo que utilizar ya no la fuerza del hombre si no un tipo de accionamiento animal o mecánico. En la Figura 19 se puede apreciar claramente:



*Figura 19:* Sembradora tracción animal en CAD Inventor Professional

**Fuente:** Autor

Por gravedad, las semillas que contiene la tolva penetran en el interior de un rodillo acanalado giratorio que es el que no permite que las semillas se adhieran entre sí, una vez en su interior por aletas que van soldadas al cono, son sometidas a fuerzas que originan su ascensión hasta llegar a la tapa superior donde existen agujeros por los que entran en los tubos de caída y son dirigidas hacia las rejas tipo cincel de apertura del surco de siembra, para ser depositadas en el interior de la tierra y así mediante la rueda compactadora simple ser tapadas para su germinación correspondiente.

Su movimiento se lleva a cabo por dos ruedas conectadas al extremo del bastidor, para soportar el peso de la tolva y el tanque fertilizante, su montaje es manual y centrado en la periferia mediante pernos, soldadura y remaches. Algunas piezas están construidas de acero de alta resistencia al desgaste.

#### **Ventajas:**

- Regulación fácil y rápida.
- Posibilidad de trabajar a gran velocidad.

#### **Desventajas:**

- Posible deterioro de la semilla.

- Obstrucción de la entrada del cono.
- Al momento que avanza la sembradora borra las líneas del surco.
- 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.
- Necesita de un espacio físico mayor.
- Se debe tener cuidado en la alineación de los sistemas de transmisión (engranajes).

### 2.5.3. ALTERNATIVA 2: SEMBRADORA TRACCIÓN HUMANA

La sembradora de tracción humana es de fácil manipulación ya que no requiere de agentes externos, es liviana y sus características de funcionamiento cumplen con lo establecido. En la Figura 20 se puede apreciar claramente:



*Figura 20:* Sembradora tracción humana en CAD Inventor Professional

**Fuente:** Autor

La alternativa 2, su montaje y desmontaje de ciertas piezas para recambio es sencillo, mediante pernos. El material para su construcción será de acero de alta resistencia al desgaste. Su movimiento se efectuara por medio de piñón y cadena haciendo a la vez girar el eje de la tolva que contiene el distribuidor rotativo impulsando a las semillas por el disco de orificios (este es regulable ya que

contiene diferentes diámetros) entran en el tubo de caída y son dirigidas hacia la reja tipo bota para ser depositadas en el interior de la tierra y así mediante la rueda compactadora doble ser tapadas para su germinación correspondiente.

Sus ruedas posteriores no son de gran consistencia ya que no necesita soportar mucho peso.

#### **Ventajas:**

- Siembra de excelente calidad.
- No requiere de mucha fuerza.
- Es de fácil operación y limpieza.
- Fácil construcción y mantenimiento.
- La precisión no se ve influida desfavorablemente por las sacudidas o vibraciones de la sembradora.
- No hay peligro de rotura del grano.
- Permite la visibilidad y el control de la distribución.

#### **Desventajas:**

- Es necesario de un cambio periódico de cepillos.
- No permite altas velocidades de siembra.
- A veces la distancia entre semillas no es la óptima.

#### **2.5.4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Una vez que tenemos claras las propuestas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista técnico y económico. Donde a cada alternativa se le asignará un valor de (1 a 10), dependiendo de cómo satisfaga al punto en mención, siendo 1 malo y 10 excelente.

**Tabla 4: Evaluación económica**

PUNTOS DE EVALUACIÓN		PUNTAJE		
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE IDEAL
1	MATERIALES	10	10	10
2	COSTO DE FABRICACIÓN	10	10	10
3	FUENTE DE ENERGÍA	10	1	10
4	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO Y REPACIÓN	10	1	10
5	EFFECTIVIDAD DE LABRANZA	10	10	10
TOTAL = $\sum$ puntaje		50	32	50
COEFICIENTE ECONÓMICO =		Ptotal / Pideal	100%	64%
			100%	

Fuente: Autor

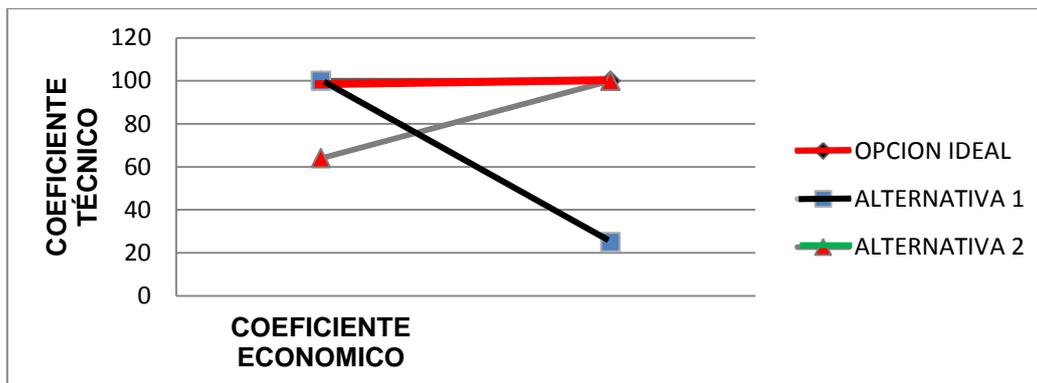
**Tabla 5: Evaluación técnica**

PUNTOS DE EVALUACION		PUNTAJE		
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE IDEAL
1	RENDIMIENTO	10	10	10
2	FUERZAS DE PESO Y ABRESURCOS	1	10	10
3	PROFUNDIDAD DE LABRADO	1	10	10
4	FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	1	10	10
5	FACILIDAD DE RECAMBIO Y MONTAJE	1	10	10
6	MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	1	10	10
TOTAL		15	60	60
COEFICIENTE TÉCNICO		25%	100%	100%

Fuente: Autor

Para tener una mejor apreciación de los resultados de los cuadros anteriores graficamos el coeficiente técnico vs coeficiente económico y ponderamos la alternativa que más se aproxime a la ideal.

Gráfico 3: Dispersión de los coeficientes técnicos y económicos



Fuente: Autor

### 2.5.5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

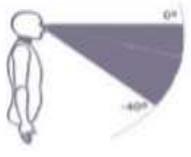
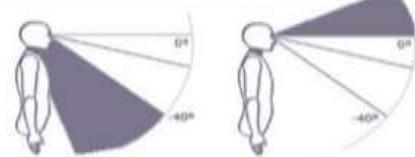
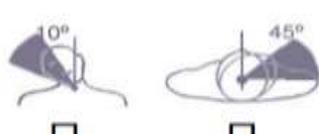
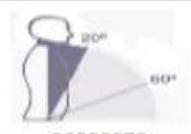
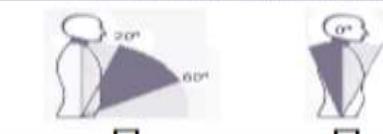
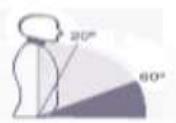
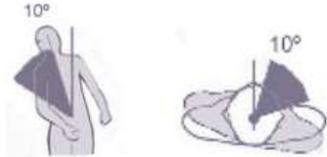
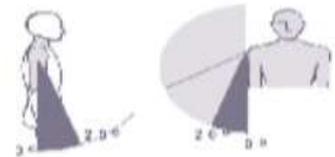
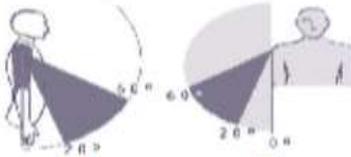
Analizando los resultados se obtuvo que la alternativa 1 tiene un coeficiente económico de 100%, mientras que la opción 2 tiene el 64%. En cuanto a la evolución técnica la opción 1 tiene el 25% respecto a la opción 2 que es de 100%. Por esto el diseño indicado a desarrollar será basado en la OPCIÓN 2.

## 2.6 ERGONOMÍA DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA

Para el manejo de la máquina sembradora de zanahoria principalmente se relacionó su ergonomía que consiste en mejorar la calidad de vida del trabajador en su ambiente de trabajo, para lograr así los siguientes objetivos:

Reducción de lesiones por posturas inadecuadas:

- Lesiones musculoesqueléticas acumulativas (afectan músculos, tendones, huesos, ligamentos).
- Lumblagias (malas posturas).
- Síndrome de túnel-carpiano (comprimiento del nervio, hormigueo o debilidad).
- Mediante la norma UNE 58-427-78 establece que:

CABEZA Y CUELLO: Flexión/Extensión		
 <p>CORRECTO</p>		<p><b>CORRECTO</b>                      &lt; 2 veces/minuto                      períodos cortos de tiempo</p> <p><b>INCORRECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ≥ 2 veces/minuto</li> <li><input type="checkbox"/> sostenida o estática, o mucho tiempo</li> </ul>
CABEZA Y CUELLO: Flexión lateral/Torsión		
 <p>CORRECTO</p>		<p><b>CORRECTO</b>                      &lt; 2 veces/minuto                      períodos cortos de tiempo</p> <p><b>INCORRECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ≥ 2 veces/minuto</li> <li><input type="checkbox"/> sostenida o estática, o mucho tiempo</li> </ul>
TRONCO: Flexión/Extensión		
 <p>CORRECTO</p>		<p><b>CORRECTO</b>                      &lt; 2 veces/minuto                      períodos cortos de tiempo o estática con apoyo</p> <p><b>INCORRECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ≥ 2 veces/minuto</li> <li><input type="checkbox"/> sostenida o estática sin apoyo, o mucho tiempo</li> </ul>
		<p><b>CORRECTO</b>                      &lt; 2 veces/minuto con apoyo                      períodos cortos de tiempo con apoyo</p> <p><b>INCORRECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> &lt; 2 veces/minuto sin apoyo</li> <li><input type="checkbox"/> ≥ 2 veces/minuto</li> <li><input type="checkbox"/> sostenida o estática, o mucho tiempo</li> </ul>
TRONCO: Flexión lateral/Torsión		
 <p>CORRECTO</p>		<p><b>CORRECTO</b>                      &lt; 2 veces/minuto                      períodos cortos de tiempo</p> <p><b>INCORRECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ≥ 2 veces/minuto</li> <li><input type="checkbox"/> sostenida o estática, o mucho tiempo</li> </ul>
BRAZOS: Flexión/Extensión		
 <p>CORRECTO</p>		<p><b>CORRECTO</b>                      &lt; 2 veces/minuto                      2-10 veces/minuto en períodos cortos de tiempo                      sostenida o estática con apoyo</p> <p><b>INCORRECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ≥ 10 veces/minuto</li> <li><input type="checkbox"/> ≥ 2 veces/minuto durante mucho tiempo</li> <li><input type="checkbox"/> sostenida o estática sin apoyo</li> </ul>
CODO: Flexión/Extensión		
 <p>CORRECTO</p>		<p><b>CORRECTO</b>                      &lt; 2 veces/minuto                      períodos cortos de tiempo</p> <p><b>INCORRECTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ≥ 2 veces/minuto</li> <li><input type="checkbox"/> sostenida o estática, o mucho tiempo</li> </ul>

Fuente: Manual de ergonomía para máquinas, Alfonso Pastor, p. 23.

## **CAPÍTULO III**

# **DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA Y LOS MECANISMOS**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se describe el diseño, la estructura y mecanismos de la máquina tomando en cuenta las condiciones mencionadas en el capítulo anterior. La eficiencia óptima de la sembradora dependerá de algunos aspectos como son: el tipo de terreno, las condiciones climáticas del lugar donde se realizara la siembra, el tipo de materiales utilizados para su construcción.

### **3.2 ANÁLISIS DE CARGAS**

Se analizan las cargas que actúan en la estructura de la máquina.

#### **3.2.1 QUE ES CARGA**

Es cualquier tipo de fuerza ejercida sobre un objeto, que puede encontrarse en forma de un “peso no revelado” (fuerza de gravedad), una presión, o cualquier cosa que hace hincapié en el objeto en cuestión. (Arqhys, 2012, p.1).

##### **3.2.1.1 Carga viva**

Las cargas vivas incluyen todas las fuerzas que son variables dentro de un mismo ciclo, producidas por materiales o artículos e inclusive gente en permanente movimiento. (Arqhys, 2012, p. 2).

### 3.2.1.2 Carga muerta

Son aquellas que se mantienen en constante magnitud y con una posición fija durante la vida útil de la estructura, generalmente la mayor parte de las cargas muertas es el peso propio de la estructura.

En que puede calcularse con buena aproximación a partir de la configuración de diseño, de las dimensiones de la estructura y de la densidad del material. (Studdert G., 2007, pp. 3-57).

## 3.3 FACTOR DE SEGURIDAD

Es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos. (Shigley, 1989, pp. 187-188).

$$n = \frac{F_u}{F} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

## 3.4 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS DEL SISTEMA

Para obtener la carga resultante Intervienen la carga muerta que es el peso propio de la máquina (30 kg), la carga viva el valor adicional que utiliza el sistema (1.5 kg de semilla).

Load Resistance Factor Design (LRFD), establece una combinación de cargas que permiten estimar una carga última de la siguiente manera:

$$U = 1.2 D + 1.6 L \quad [\text{kg}] \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

U = Carga ultima [kg]

D = Carga muerta [30 kg]

L = Carga viva [1.5 kg]

Remplazando los valores en la ecuación respectivamente la carga última máxima es:

$$U = 1.2 \times 30 + 1.6 \times 1.5 \text{ [kg]}$$

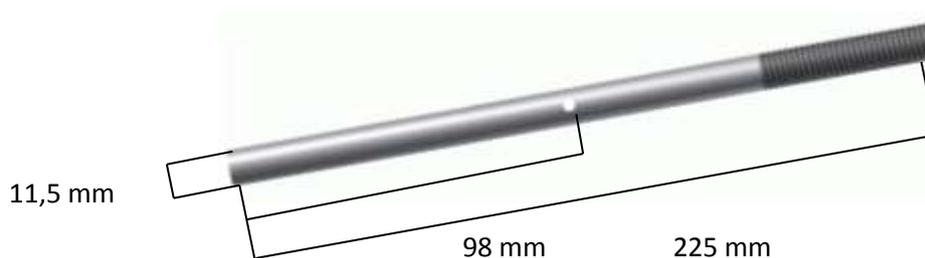
$$U = 38.40 \text{ [kg]}$$

### 3.5 ESTRUCTURA DEL EJE DE LA MÁQUINA

Según (Martí., 2008, p. 1): “elemento cilíndrico de sección circular que transmite un momento de giro y que puede llevar montados distintos elementos mecánicos de transmisión de potencia (engranajes, poleas, cadenas, dosificadores, etc.)”

#### 3.5.1 DISEÑO EJE DOSIFICADOR

Para el diseño del eje dosificador se elige una barra de acero SAE 1020 de 12 mm de diámetro y 225 mm de longitud que son las medidas necesarias para insertar en la máquina.



*Figura 21: Geometría planteada para eje dosificador*

**Fuente:** Autor

Por lo tanto el cálculo es el siguiente:

**Aceleración centrípeta**

$$A_c = \frac{V^2}{R} \left[ \frac{m}{s^2} \right] \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

$A_c$  = Aceleración centrípeta

$V^2$  = velocidad de avance

$R$  = radio eje dosificador

Para el cálculo de la aceleración centrípeta se calcula la velocidad de avance de la siguiente forma:

**Velocidad de avance de la sembradora**

$$V = \frac{d}{t} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$V$  = Velocidad de avance de la sembradora

$d$  = distancia recorrida

$t$  = tiempo empleado

Se estableció mediante la siguiente tabla:

**Tabla 6:** Cálculos de valores promedio de avance de la sembradora

Individuo	Estatura (m)	Longitud (2,50 m) pasos	Distancia (paso cm)	Tiempo (s)
1	1,48	8	31,25	6,99
2	1,5	7,5	33,33	6,32
3	1,65	7	35,71	5,91
4	1,69	6,53	38,28	5,32
5	1,74	6	41,66	4,91
6	1,81	5,49	45,53	4,58
7	1,86	5	50	4,08
<b>Promedio</b>	<b>1,67 m</b>	<b>6,5 pasos</b>	<b>39,39 cm</b>	<b>5,44 s</b>

Fuente: Autor

CONSIDERACIONES	
2,50 m	6,5 pasos
cada paso	39, 39 cm aprox.
6,5 pasos	5,44 segundos

Reemplazando valores tenemos:

$$V = \frac{2,50}{5,44}$$

$$V = 0.459 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Reemplazando valores en la ecuación 4, se tiene:

$$Ac = \frac{0.459^2}{5,75 \times 10^{-3}}$$

$$Ac = 36,64 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

### 3.5.2 ACELERACIÓN ANGULAR

“La medida equivalente en una estación espacial seria la aceleración angular y es la aceleración aparente con la que caerían los objetos en su interior” (C. John Baker: 2000, p. 250).

Entonces se establece que:

$$\alpha = Ac = 36,64 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

**Aceleración tangencial**

$$a_t = \alpha \times R \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

**(Ecuación 6)**

Donde:

$a_t$  = aceleración tangencial

$\alpha$  = aceleración angular

R= radio eje dosificador

Por lo tanto reemplazando los valores conocidos se tiene:

$$a_t = 36,64 \times 5,75 \times 10^{-3}$$

$$a_t = 0.211 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

A partir de la segunda ley de Newton se tiene la siguiente ecuación:

**Fuerza tangencial**

$$F_t = m \times a_t \quad [N] \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

$F_t$  = Fuerza tangencial

$m$  = Masa (cantidad de semilla en la tolva)

$a_t$  = Aceleración tangencial

Reemplazando valores se tiene:

$$F_t = 0,153 \times 0.211$$

$$F_t = 0.0323 \quad [N]$$

De la misma manera se procede para el cálculo de la fuerza centrípeta:

**Fuerza centrípeta**

$$F_c = m \times a_c \quad [N] \quad \text{(Ecuación 8)}$$

$$F_c = 0,153 \times 36,64$$

$$F_c = 5,61 \quad [N]$$

Una vez establecido las medidas se procede analizar las cargas y esfuerzos.

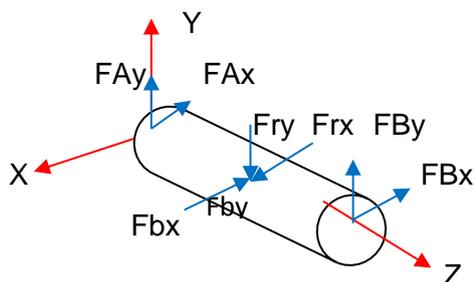


Figura 22: Diagrama de fuerzas sobre el eje dosificador

**Fuente:** Autor

**Fuerza de transmisión en y e x**

$$F_{by} = F_c \cos 30^\circ \quad \text{(Ecuación 9)}$$

$$F_{by}=5,61 \times \cos 30^\circ$$

$$F_{by}=4,86 \text{ [N]} \quad F_{bx}=2,805 \text{ [N]}$$

#### Fuerza de rozamiento en y e x

$$F_{ry}=F_t \cos 60^\circ \quad \text{(Ecuación 10)}$$

$$F_{ry} = 0.0323 \times \cos 60^\circ$$

$$F_{ry} = 0.016 \text{ [N]} \quad F_{rx}=0.028 \text{ [N]}$$

$$\sum MZ_A = 0$$

$$- F_{ry} (98) - F_{by} (98) + F_{By} (225) = 0$$

$$- 0.016 (98) - 4,86 (98) + F_{By} (225) = 0$$

$$F_{By}=2,124 \text{ [N]} = F_{Ay}$$

$$\sum MY_A = 0$$

$$- F_{bx} (98) + F_{rx} (98) - F_{Bx} (225) = 0$$

$$- 2,805 (98) + 0.028 (98) - F_{Bx} (225) = 0$$

$$F_{Bx} = -1,21 \text{ [N]}$$

Aplicando la ecuación de momento máximo tenemos:

#### Momento máximo en y - x

$$M_{\text{máx. y-x}} = F_g \times \frac{L}{1000} \quad \text{[N.m]} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Donde:

$M_{\text{máx. y-x}}$  = Momento máximo

$F_g$  = fuerza de giro del eje

L = longitud eje hasta el orificio

Para el cálculo del momento máximo necesitamos  $F_g$  por lo que tenemos que hallar ese valor primero.

#### Fuerza de giro

$$F_g = \frac{P \times d}{t^2} \quad \text{[N]} \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Donde:

$F_g$  = Fuerza de giro

P = Cantidad de semilla

d = distancia recorrida

t = tiempo empleado

$$F_g = \frac{1,5 \times 2,50}{(5,44)^2}$$

$$F_g = 0,127 \text{ [N]}$$

Remplazando en la ecuación 11.  $F_g$  Tenemos:

$$M_{\text{máx. y-x}} = 0,127 \times \frac{0,098}{1000}$$

$$M_{\text{máx. y-x}} = 1,24 \times 10^{-5} \text{ [N.m]}$$

Combinación de esfuerzos (flexión y torsión)

#### Esfuerzo flexionante

$$\sigma = \frac{M_{\text{máx. y-x}} \times R}{I} \left[ \frac{N}{m^2} \right] \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo flexionante

$M_{\text{máx. y-x}}$  = Momento máximo

R= radio eje dosificador

I = Segundo momento de área

Para el cálculo del esfuerzo flexionante es necesario conocer el valor de I, y se evalúa de la siguiente manera:

#### Segundo momento de área

$$I = \frac{\pi d^3}{64} \text{ [m}^3\text{]} \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Donde:

I = Segundo momento de área

d = diámetro eje

Remplazando valores en la ecuación 14. Se tiene:

$$I = \frac{\pi (0,0115)^3}{64}$$

$$I = 7,47 \times 10^{-8} \text{ [m}^3\text{]}$$

Ahora si podemos determinar el esfuerzo flexionante reemplazando I en la ecuación 13.

$$\sigma = \frac{1,24 \times 10^{-5} \times 5,75 \times 10^{-3}}{7,47 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma = 0,954 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

**Esfuerzo cortante**

$$\tau = \frac{TR}{J} \left[ \frac{N}{m^2} \right] \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante

$T$  = Torque máximo 1,26 [N.m]

$R$  = Radio eje dosificador

$J$  = Segundo momento polar de área

Encontramos  $J$  por medio de la siguiente ecuación:

**Segundo momento polar de área**

$$J = \frac{\pi}{32}(d^4) [m^4] \quad \text{(Ecuación 16)}$$

Donde:

$J$  = Segundo momento polar de área

$d$  = diámetro eje

Remplazando valores en la formula anterior se tiene:

$$J = \frac{\pi}{32}(0.0115^4)$$

$$J = 1,78 \times 10^{-9} [m^4]$$

Ahora si aplicamos la ecuación 15. Y sustituimos los valores correspondientes:

$$\tau = \frac{1,26 \times (5,75 \times 10^{-3})}{1,78 \times 10^{-9}} \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$$\tau = 4070224,719 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

**Energía de distorsión**

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3(\tau_{xy})^2} \left[ \frac{N}{m^2} \right] \quad \text{(Ecuación 17)}$$

$$\sigma' = \sqrt{(0.954)^2 + 3(4070224,719)^2}$$

$$\sigma' = 7049836,012 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$$\sigma' = 70,49 \text{ MPa}$$

Para determinar el factor de seguridad se utiliza la siguiente ecuación:

### Factor de seguridad del eje dosificador

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad

$S_y$  = Limite de fluencia del material

$\sigma'$  = Energía de distorsión

Limite de fluencia del material del eje dosificador SAE 1020 = 380 Mpa.

Reemplazando los valores se tiene:

$$n = \frac{380}{70,49}$$

$$n = 5,39$$

### 3.6 CÁLCULO DE LA SOLDADURA

Debido a que los elementos, ejes, placas circulares, tubos estructurales, bujes etc. Se debe verificar si la soldadura resiste el torque aplicado.

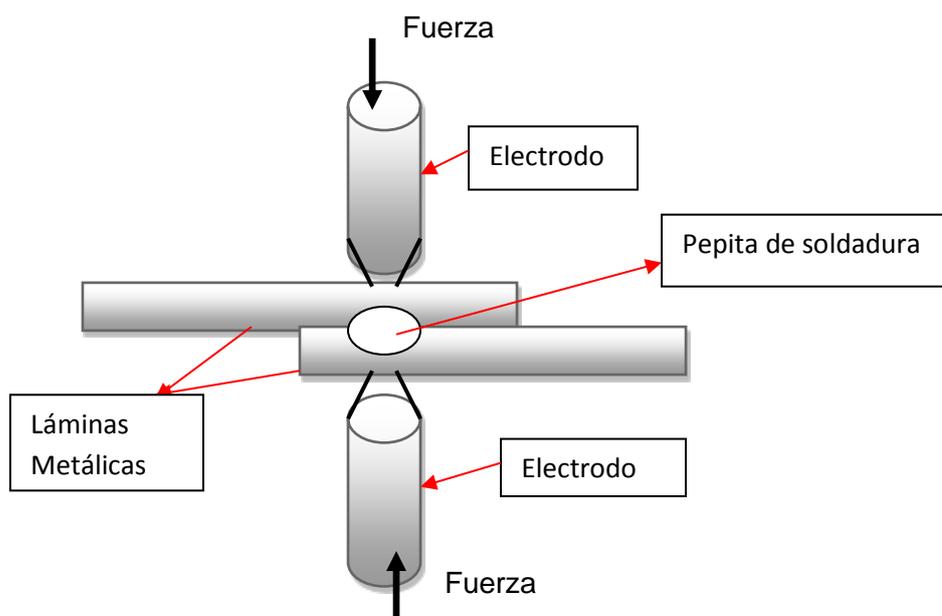


Figura 23: Esquema soldadura

**Fuente:** CEISA, Especificaciones eléctricas, p. 5.

**Elaboración:** Autor

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

**Momento polar de inercia de la soldadura**

$$J_{sol} = \frac{\pi}{32} (d_{ext}^4 - d_{int}^4) \quad [mm^4] \quad \text{(Ecuación 19)}$$

Donde:

$J_{sol}$  = Momento polar de inercia de la soldadura

$d_{ext.}$  = Diámetro externo

$d_{int.}$  = Diámetro interno

g = Garganta de la soldadura = 3mm

De esta manera determinamos el valor  $d_{ext.}$  realizando el siguiente cálculo:

$$d_{ext.} = d_{int.} + (2 \times g) \quad [mm]$$

$$d_{ext.} = 11,5 + (2 \times 3)$$

$$d_{ext.} = 17,5 \quad [mm]$$

Por lo tanto el valor de  $J_{sol}$  es de:

$$J_{sol} = \frac{\pi}{32} (17,5^4 - 11,5^4)$$

$$J_{sol} = 7490,64 \quad [mm^4]$$

Esfuerzo cortante de la soldadura

**Esfuerzo cortante de la soldadura**

$$\tau = \frac{TR}{J} \left[ \frac{lb}{pulg^2} \right] \quad \text{(Ecuación 20)}$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante

T = Torque máximo 6667,5 lb - mm

R = radio eje dosificador

$J_{sol}$  = Momento polar de inercia de la soldadura

Remplazamos los valores de la siguiente forma:

$$\tau = \frac{6667,5 \times 5,75}{7490,64}$$

$$\tau = 5,12 \left[ \frac{lb}{mm^2} \right]$$

$$\tau = 5,12 \left[ \frac{lb}{mm^2} \right] \times \frac{(25,4 \text{ mm})^2}{(1 \text{ pulg})^2}$$

$$\tau = 3303,22 \left[ \frac{lb}{pulg^2} \right]$$

Para determinar el factor de seguridad de la soldadura mediante la siguiente ecuación y Anexo 2:

### Factor de seguridad de la soldadura

$$n_{E6011} = \frac{S_{y_{corte}}}{\tau} \quad \text{(Ecuación 21)}$$

Donde:

$n_{E6011}$  = Factor de seguridad de la soldadura

$S_{y_{corte}}$  = Resistencia al corte del electrodo

$\tau$  = Esfuerzo cortante de la soldadura

Para obtener el  $S_{y_{corte}}$  se utiliza las especificaciones del electrodo E6011, que es el electrodo con el que se va a soldar.

A partir de las especificaciones del electrodo E6011 se tiene:

**Tabla 7: Propiedades mínimas de metal de soldadura**

AWS numero de electrodo	Resistencia a la tensión, kpsi	Resistencia de fluencia, kpsi	Porcentaje de alargamiento
E60xx	62	50	17 - 25
E70xx	70	57	22
E80xx	80	67	19
E90xx	90	77	14 - 17
E100xx	100	87	13 - 16
E120xx	120	107	14

**Fuente:** Joseph Edward Shigley, ingeniería mecánica tercera edición en español, p. 455.

$$S_{ut} = 62 \text{ Kpsi} \quad (\text{Resistencia a la Tensión del Electrodo})$$

$$S_{yt} = 0.75 \times S_{ut} = 0.75 \times 62 = 46.5 \text{ Kpsi} \quad (\text{Resistencia a la Fluencia})$$

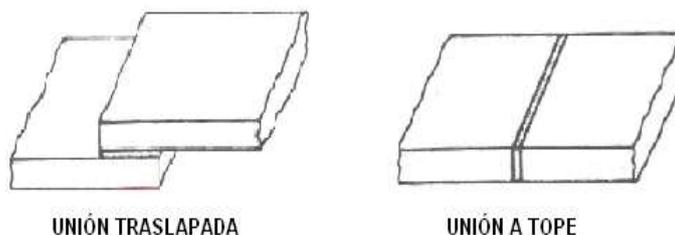
$$S_{y_{corte}} = 0.6 \times 46.5 = 27.9 \text{ Kpsi} \quad (\text{Resistencia al Corte})$$

Por lo tanto:

$$n_{E6011} = \frac{27900}{3303,22} = 8.45$$

La soldadura es lo suficiente resistente para esta aplicación.

Los dos tipos principales de soldaduras o uniones soldadas son: a tope y traslape como se muestran en la figura 24.



*Figura 24:* Uniones traslapada y a tope básicas para soldadura fuerte

**Fuente:** FERDINAND L. Singer, p.77.

La resistencia de las uniones a traslape, tanto con filetes laterales como frontales, el área de la sección de la garganta es igual a la longitud  $L$  del cordón por el espesor de la garganta es decir:

**Área de la sección de la garganta**

$$A = L \times a \times \sin 45^\circ \quad \text{(Ecuación 22)}$$

$$A = 0.707 L \times a \quad [mm^2]$$

Según Ferdinand “Los esfuerzos admisibles para soldaduras a traslape especificadas por el AISC, (basadas en recomendaciones de la American Welding Society) dependen del electrodo empleado en el proceso de soldeo”.

**Resistencia de la soldadura**

$$P = \check{h} \times A \quad \text{(Ecuación 23)}$$

Donde:

$P$  = Resistencia de la soldadura.

$\check{h}$  = Esfuerzo cortante admisible del electrodo [ $lb / plg^2$ ], [ $Kgf / cmm^2$ ], referencia (Tabla7).

$A$  = Área de la sección de la garganta.

Cabe destacar que la resistencia de una soldadura a traslape se expresa en términos de la fuerza admisible por milímetro de longitud soldada.

#### Fuerza admisible de longitud soldada

$$Q = \frac{P}{L} \quad \text{(Ecuación 24)}$$

Donde:

$Q$  = Fuerza admisible de longitud soldada.

$P$  = Resistencia de la soldadura.

$L$  = Longitud soldada.

Es necesario recalcar lo siguiente mediante las especificaciones AISC se requiere un tamaño máximo de soldadura de 2mm de filete porque la esquina del borde puede fundirse con la soldadura, lo que reduciría la anchura de la base, a lo largo de bordes mayores de 6mm o mayores de espesor así como se muestran en el siguiente gráfico.

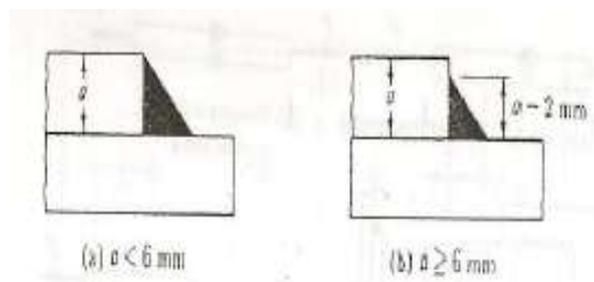


Figura 25: Ancho de filetes

Fuente: FERDINAND L. Singer, p. 408.

En la soldadura se utiliza el electrodo E6011, las especificaciones técnicas son las siguientes:

E 6011 =  $\varnothing 1/8'' = \varnothing 3.175$  mm.

$\checkmark$  = Esfuerzo cortante admisible =  $62000 \text{ Lb} / \text{plg}^2 = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$ .

### 3.6.1 SOLDADURA DEL BASTIDOR Y ELEMENTOS COSTITUTIVOS

En la figura 26 se muestra el tipo de soldadura que une los elementos constitutivos de la máquina sembradora de zanahoria como son la tolva, el bastidor, los brazos de empuje de la máquina y la bisagra.

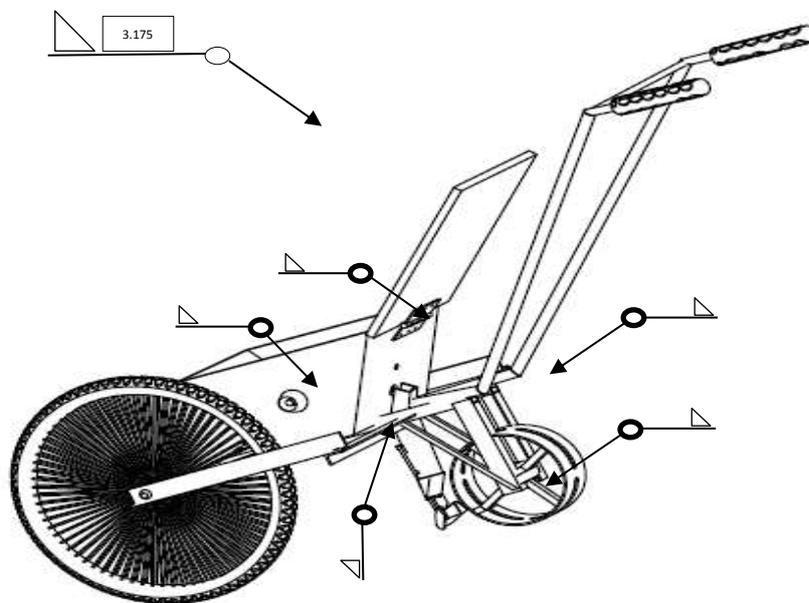


Figura 26: Diagrama de soldaduras de la máquina

Fuente: Autor

### 3.6.1.1 Soldadura de la tolva al bastidor

$$A = L \times a \times \text{sen } 45^\circ$$

$$A = 0.707 L \times a \quad [mm^2]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta [ $mm^2$ ].

L = Longitud del cordón [mm].

a = Ancho de las bases del cordón [mm].

$$A = 0.707 \times 240 \text{ mm} \times 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 538.734 \text{ mm}^2$$

$$A = 5.39 \text{ cm}^2$$

$$P = \check{h} \times A$$

$$P = 4368.19 \text{ Kgf / cm}^2 \times 5.39 \text{ cm}^2$$

$$P = 23544.54 \text{ Kgf}$$

$$Q = \frac{P}{L}$$

$$Q = \frac{23544.54 \text{ Kgf}}{240 \text{ mm}}$$

$$Q = 98.10 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

### 3.6.1.2 Soldadura de los brazos de empuje al bastidor

$$A = L \times a \times \text{sen } 45^\circ$$

$$A = 0.707 L \times a \quad [\text{mm}^2]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta [ $\text{mm}^2$ ].

L = Longitud del cordón [mm].

a = Ancho de las bases del cordón [mm].

$$A = 0.707 \times 132.25 \text{ mm} \times 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 296.86 \text{ mm}^2$$

$$A = 2.97 \text{ cm}^2$$

$$P = \check{h} \times A$$

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 \times 2.97 \text{ cm}^2$$

$$P = 12973.52 \text{ Kgf}$$

$$Q = \frac{P}{L}$$

$$Q = \frac{12973.52 \text{ Kgf}}{132.25 \text{ mm}}$$

$$Q = 98.09 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

### 3.6.1.3 Soldadura de la bisagra a la tolva

$$A = L \times a \times \text{sen } 45^\circ$$

$$A = 0.707 L \times a \quad [\text{mm}^2]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta [ $mm^2$ ].

L = Longitud del cordón [mm].

a = Ancho de las bases del cordón [mm].

$$A = 0.707 \times 70 \text{ mm} \times 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 157.13 \text{ mm}^2$$

$$A = 1.57 \text{ cm}^2$$

$$P = \check{h} \times A$$

$$P = 4368.19 \text{ Kgf / cm}^2 \times 1.57 \text{ cm}^2$$

$$P = 6863.76 \text{ Kgf}$$

$$Q = \frac{P}{L}$$

$$Q = \frac{6863.76 \text{ Kgf}}{70 \text{ mm}}$$

$$Q = 98.05 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

### 3.7 SELECCIÓN DE LA CADENA

Se utilizará una cadena de rodillos ya que es más fácil de conseguir, puede transmitir grandes potencias, utilizándose como cadenas de accionamiento, transporte y elevación.

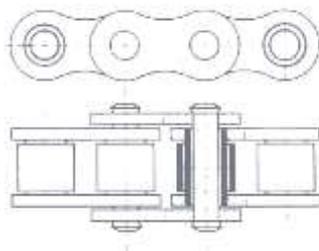


Figura 27: Selección cadena

**Fuente:** Wippermann, diseño transmisión cadena rodillos, p.78.

#### 3.7.1 BASES PARA LA ELECCIÓN DE UNA CADENA

Debemos conocer los siguientes valores:

- 1.- La potencia a transmitir  $P$  en kW.
- 2.- La velocidad de rueda conductora  $n_1$  en rpm.
- 3.- La relación de transmisión  $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$ .
- 4.- Las condiciones de trabajo de la transmisión (coeficiente de impacto  $Y$ ).
- 5.- La distancia entre ejes en mm.

### 3.7.2 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA

A igualdad número de dientes  $Z_1 = Z_2$  la longitud de la cadena es:

**Cálculo de la longitud de la cadena**

$$X = 2 \frac{a}{b} + z \quad \text{(Ecuación 25)}$$

Donde:

$X$  = Longitud de la cadena.

$a$  = distancia entre ejes en mm.

$b$  = paso en mm.

$z$  = número de dientes.

$$X = 2 \frac{330}{15.875} + 18$$

$$X = 59.57$$

$$X = \mathbf{60 \text{ eslabones}}$$

### 3.7.3 VELOCIDAD MÁXIMA DE LA CADENA

Se define como la longitud de cadena que pasa por unidad de tiempo

**Velocidad máxima de la cadena**

$$V_{max} = 0.6 \frac{z}{\sqrt{b}} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad \text{(Ecuación 26)}$$

Donde:

$V_{max}$  = Velocidad máxima de la cadena.

$z$  = número de dientes.

$b$  = paso en cm.

$$V_{\max} = 0.6 \frac{18}{\sqrt{1.59}}$$

$$V_{\max} = 8.56 \quad \left[\frac{m}{s}\right]$$

Por lo que se tiene una cadena simple JORESA 50 norma ISO 10 A-1 paso 5/8" ver Anexo 3.

### 3.8 ENGRANAJES

Según (Paul S., 2005, p. 168). "Engranaje es una rueda o cilindro dentado empleado para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de una máquina a otra".

Cabe destacar que se utilizara dos engranajes piñón fijo, esto quiere decir que la rueda y el eje del dosificador están directamente conectados mediante dos piñones por medio de la cadena.



*Figura 25: Engranaje piñón fijo*

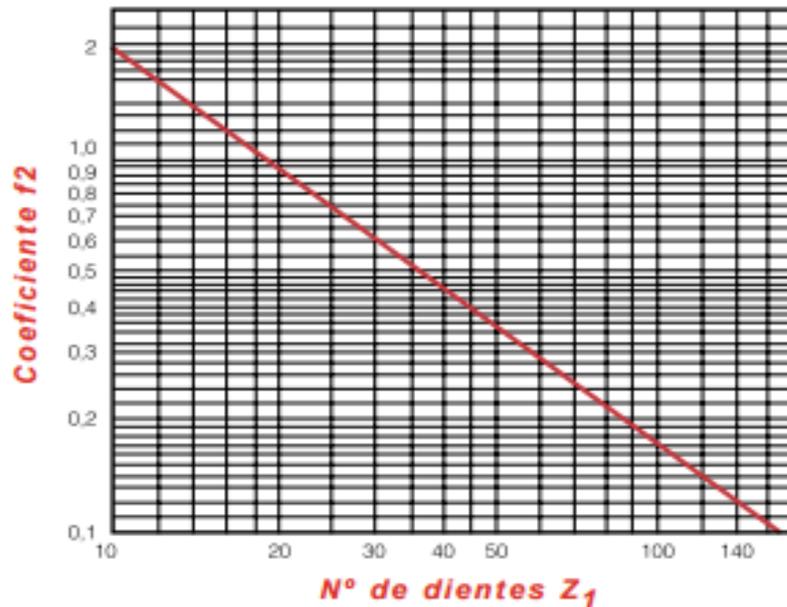
**Fuente:** Autor

#### 3.8.1 ELECCIÓN DEL NÚMERO DE DIENTES Z1 DEL PIÑÓN

El valor de Z1 no viene fijado a las condiciones de la transmisión y por lo tanto se lo debe elegir. A continuación algunas observaciones para su elección:

- No se tomaran en lo posible, piñones menores de 17 dientes, los inconvenientes del efecto poligonal se acentúan a medida que se empleen piñones pequeños, aumentando el ruido e irregularidad de la transmisión, la magnitud de los choques entre diente y rodillo y la concentración de los esfuerzos sobre un número de dientes reducido (JORESA, 2010, p.56).
- Se emplearan preferentemente piñones de número impar de dientes, así se conseguirá que no entren en contacto siempre los mismos dientes con los eslabones de un tipo, interiores o exteriores. De esta forma el desgaste de los dientes de las ruedas y de la cadena será más regular (JORESA, 2010, p.56).
- Debe tenerse en cuenta además que en caso de relaciones de transmisión elevadas  $Z1$  no debe exceder en general de valores que den lugar a ruedas conducidas de más de 120 dientes. Las ruedas grandes obligan a tener en cuenta límites de desgaste de la cadena, inferiores a los de las trasmisiones con ruedas de tipo medio, por presentar dificultades de engrane con el dentado al alargarse la cadena en su paso medio (JORESA, 2010, p.56).
- Elegido en número de dientes del piñón  $Z1$  y en el supuesto de que este no tenga 18 dientes, determinaremos el coeficiente de corrección  $f2$  para calcular la potencia efectiva  $Pc$ , dicho coeficiente lo obtendremos del siguiente gráfico.

*Gráfico 4: Coeficiente de Corrección  $f2$*



**Fuente:** Diseño de transmisión por cadena, JORESA, 2010.

### 3.8.2 VELOCIDAD DE AVANCE DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA

Para esto necesitamos saber el perímetro de la rueda:

**Perímetro de la rueda**

$$P = 2\pi \times r \text{ [m]} \quad \text{(Ecuación 27)}$$

Donde:

P = perímetro de la rueda

r = radio de la rueda

$$P = 2\pi \times 0,254$$

$$P = 1,5959 \text{ [m]}$$

### 3.8.3 VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA RUEDA

**Velocidad de rotación de la rueda**

$$N_s = \frac{Z_m \times N_m}{Z_s} \quad \text{(Ecuación 28)}$$

Donde:

$N_s$  = Velocidad de rotación

$Z_m$  = número de dientes parte superior

$Z_s$  = número de dientes parte inferior

$N_m = \text{rpm}$

$$N_s = \frac{18 \text{ dientes} \times 1 \text{ rev/s}}{18 \text{ dientes}}$$

$$N_s = 1 \frac{\text{rev}}{\text{s}} \quad (60 \text{ rpm})$$

**Relación de transmisión es:**

**Relación de transmisión**

$$i = \frac{Z_m}{Z_s} \quad \text{(Ecuación 29)}$$

$$i = \frac{18 \text{ dientes}}{18 \text{ dientes}} = 1$$

La velocidad de avance de la maquina sembradora de zanahoria se obtiene multiplicando  $N_s$  por el perímetro de la rueda P:

**Velocidad de avance de la máquina**

$$V = N_s \times P \left[ \frac{m}{s} \right] \quad \text{(Ecuación 30)}$$

Donde:

$V$  = Velocidad de avance de la maquina

$N_s$  = Velocidad de rotación

$P$  = perímetro de la rueda

$$V = 1 \frac{\text{rev}}{\text{s}} \times 1.5959 \text{ m}$$

$$V = 1.5959 \left[ \frac{m}{s} \right] \longrightarrow (5.7452 \text{ km/h})$$

### 3.9 FUERZAS Y POTENCIAS REQUERIDAS

#### 3.9.1 RESISTENCIA DEL SUELO A LA CUCHILLA

La resistencia que genera el suelo hacia la cuchilla es  $M$ . esta resistencia es la resultante de las siguientes fuerzas  $F_c$ ,  $F_a$ , y  $F_f$ .

**Resistencia del suelo a la cuchilla**

$$M = F_c + F_a + F_f \quad [\text{kgf}] \quad \text{(Ecuación 31)}$$

Donde:

$F_c$  = Fuerza de corte (cortar la tierra).

$F_a$  = Fuerza de aceleración, para acelerar la porción de tierra.

$F_f$  = Fuerza de fricción (entre tierra y metal).

### 3.9.1.1 Cálculo de la fuerza de corte

#### Cálculo de la fuerza de corte

$$F_c = C_s \times b \text{ [kgf]} \quad \text{(Ecuación 32)}$$

Donde:

$F_c$  = Fuerza de corte

$C_s$  = Fuerza específica de corte en kgf/m, el valor de esta varía entre 75 y 100 Kgf por metro de corte ([6], p. 11).

$b$  = ancho de la cuchilla en metro.

Datos:

$$C_s = 100 \text{ kgf/m}$$

$$b = 0.032 \text{ m}$$

$$F_c = 100 \times 0.032$$

$$F_c = 3.2 \text{ [kgf]}$$

### 3.9.1.2 Cálculo de la fuerza de aceleración

#### Cálculo de la fuerza de aceleración

$$F_a = m \cdot a = \frac{G}{g} \cdot a \text{ [kgf]} \quad \text{(Ecuación 33)}$$

Donde:

$G$  = Peso en kgf de la porción de tierra cortada por la cuchilla.

$g$  = aceleración de la gravedad  $9.8 \frac{m}{s^2}$ .

$a$  = aceleración en  $\frac{m}{s^2}$ .

Primeramente encontramos el peso, de la siguiente manera:

$V_m$  = Velocidad de avance de la maquina en m/s.

d = Profundidad de trabajo en m.

b = Ancho del abresurcos.

w = Peso específico de la tierra en  $\text{Kgf/m}^3$ .

$\lambda_1$  = Ángulo recorrido por el filo del abresurcos a través del suelo.

$V_c$  = Velocidad de la tierra al salir del abresurcos.

t = Tiempo en segundos en el cual el abresurcos pasa por la zona de corte.

$$G = V_m \times d \times b \times w \quad [\text{kgf}]$$

$$G = 0.459 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0.12 \text{ m} \times 0.033 \text{ m} \times 2200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

$$G = 3.999 \text{ [kgf]}$$

Posteriormente la aceleración:

$$a = \frac{V_c}{t} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

Pero nos encontramos que para calcular la aceleración necesariamente debemos conocer el valor de  $V_c$  y se lo calcula de la siguiente manera:

$$V_c = 0,75 \times V_r \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Donde:

$V_r$  = estudio analítico de la trayectoria del movimiento cicloidal (comprende desde 4 a 7  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ).

Tomamos el valor promedio que es 5,5  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

$$V_c = 0,75 \times 5,5 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$V_c = 4,125 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Entonces cálculos el tiempo en el cual el abresurcos pasa por la zona de corte de la siguiente manera:

$$t = \frac{\lambda_1}{2 \pi} \text{ [s]}$$

$$t = \frac{23^\circ}{2 \pi} \text{ [s]}$$

$$t = 3,66 \text{ [s]}$$

Reemplazamos en la ecuación anterior y tenemos:

$$a = \frac{V_c}{t} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$a = \frac{4,125 \left[ \frac{m}{s} \right]}{3,66 [s]}$$

$$a = 1,13 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

Entonces tenemos que la fuerza de aceleración es la siguiente:

$$F_a = m * a = \frac{G}{g} * a \text{ [kgf]}$$

$$F_a = \frac{3,999 \left( \frac{kgf}{m} \right)}{9,81 \left( \frac{m}{s^2} \right)} * 1,13 \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

$$F_a = 0.461 \text{ [kgf]}$$

### 3.9.1.3 Cálculo de la fuerza de fricción

La fuerza de fricción  $F_w$  es igual a la fuerza centrífuga que actúa sobre una porción de tierra cortada durante la aceleración de ella, por el producto coeficiente de fricción.

#### Cálculo de la fuerza de fricción

$$F_f = F_c \times C_f \text{ [kgf]} \quad \text{(Ecuación 34)}$$

Donde:

$C_f$  = Coeficiente de fricción entre el metal y la tierra (varía entre 0.5 – 0.7).

$F_c$  = Fuerza centrífuga.

En el cual se tiene lo siguiente:

$$F_f = V_m \times d \times b \times w \times C_f \text{ [kgf]}$$

$$F_f = 3.999 \times 0.7 \text{ [kgf]}$$

$$F_f = 2.7993 \text{ [kgf]}$$

Por lo tanto la Resistencia del suelo a la cuchilla es:

$$M = F_c + F_a + F_f \text{ [kgf]}$$

$$M = 3.2 + 0.461 + 2.7993 \text{ [kgf]}$$

$$M = 6.4603 \text{ [kgf]}$$

### 3.9.2 ÁNGULO DE CORTE REQUERIDO

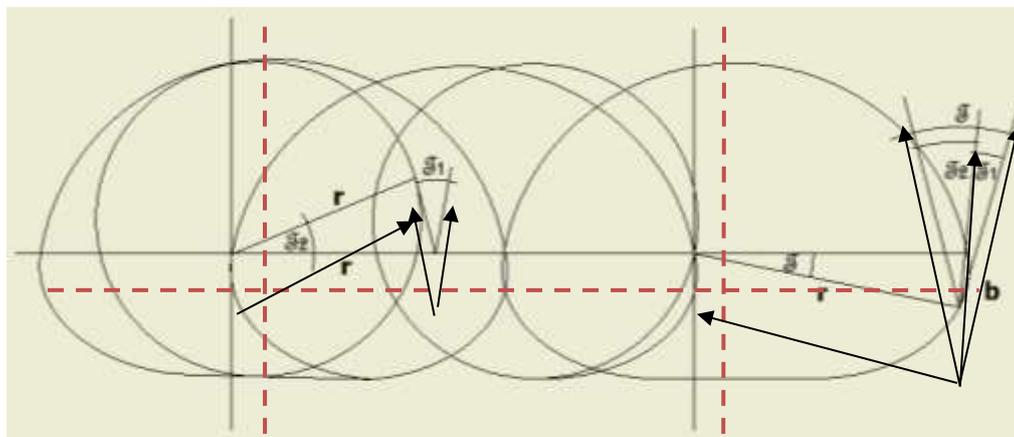


Figura 29: Ángulo de incisión requerido

Fuente: Foundations of mechanics (1985, p. 78)

Elaboración: Autor

Para el análisis se divide el ángulo en dos componentes:

$\zeta_1$  = ángulo relacionado con el movimiento circular.

$\zeta_2$  = ángulo relacionado con el avance de la máquina.

**Ángulo de corte requerido**

$$\text{Tg } \zeta_1 = \frac{b}{2 * r} \quad \text{(Ecuación 35)}$$

Donde:

b = longitud del rayador del abresurco.

r = radio sección más ancha del rayador.

b = 0.51 m.

r = 0.016 m.

$$\text{Tg } \zeta_1 = \frac{0.051}{2 * 0.016}$$

$$\text{Tg } \zeta_1 = 1.61$$

$$\zeta_1 = 58^\circ$$

La distancia entre las dos trayectorias  $\mathcal{L}$  es:

$$\mathcal{L} = \frac{\zeta_1}{3} * V_m \quad [\text{cm}]$$

$$\mathcal{L} = \frac{58}{3} * 0.459 \quad [\text{cm}]$$

$$\mathcal{L} = 8.874 \quad [\text{cm}]$$

Por lo tanto:

$$\operatorname{Tg} \zeta_2 = \frac{\varepsilon \times \cos \zeta_1}{b - \varepsilon \times \sin \zeta_1}$$

Remplazando  $\varepsilon$ , se tiene lo siguiente:

$$\operatorname{Cotag} \zeta_2 = b \times \left[ \frac{3}{\zeta_1 \times V_m \times \cos \zeta_1} - \frac{1}{2 \times r} \right]$$

Finalmente calculamos reemplazando los valores correspondientes:

$$\operatorname{Cotag} \zeta_2 = 0.51 \times \left[ \frac{3}{58^\circ \times 0.459 \times \cos 58^\circ} - \frac{1}{2 \times 0.016} \right]$$

$\operatorname{Cotag} \zeta_2 = 0.51 \times [ 0.2126 - 31.25 ]$  por ser la función cos sabemos en qué cuadrante se encuentra el complemento puede ser en el segundo o cuarto cuadrante. Según la imagen que tengo más abajo.

$$\operatorname{Cotag} \zeta_2 = 0.51 \times [ 31.037]$$

$$\operatorname{Cotag} \zeta_2 = 15.83$$

$$\zeta_2 = 3.52^\circ$$

El ángulo de corte requerido es:

$$\zeta = \zeta_1 + \zeta_2$$

$$\zeta = 58^\circ + 3.52^\circ$$

$$\zeta = 61.52^\circ$$

### 3.9.3 CÁLCULO DE LA FUERZA $F_t$ ACTUANDO TANGENCIALMENTE SOBRE LA CUCHILLA

La fuerza tangencial será de la resistencia M bajo un ángulo  $\zeta_1$  :

**Fuerza tangencial sobre la cuchilla**

$$F_t = M \times \cos 58^\circ \quad \text{(Ecuación 36)}$$

$$M = F_c + F_a + F_f \quad [\text{kgf}]$$

$$F_t = M \times 0.53$$

$$F_t = (F_c + F_a + F_f) \times 0.53 \quad [\text{kgf}]$$

$$F_t = 6.4603 \times 0.53 = 3.424 \quad [\text{kgf}]$$

### 3.9.4 CÁLCULO DE LA FUERZA $F_r$ ACTUANDO RADIALMENTE SOBRE LA CUCHILLA

### Fuerza radial sobre la cuchilla

$$F_r = M \times \text{sen } 58^\circ \quad [\text{kgf}] \quad (\text{Ecuación 37})$$

$$F_r = 5.48 \quad [\text{kgf}]$$

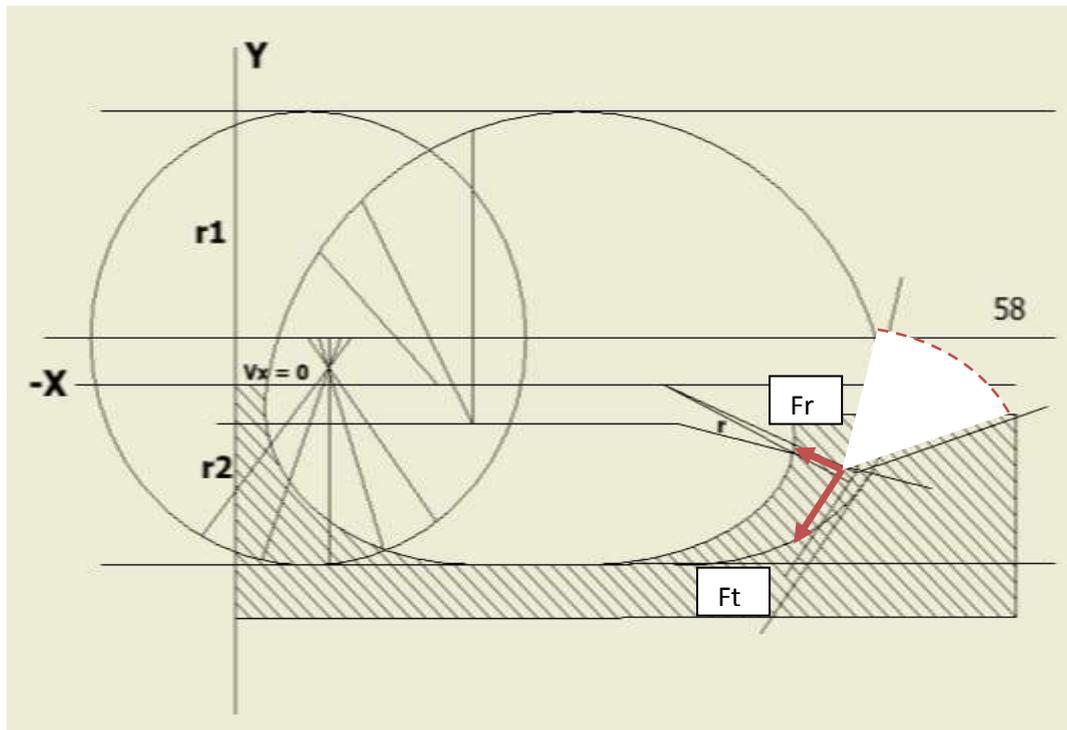


Figura 30: Fuerzas Ft y Fr

Fuente: Foundations of mechanics (1985, p. 89)

Elaboración: Autor

### 3.10 ESFUERZO DINÁMICO

El diseño del abresurcos se realiza a esfuerzos dinámicos porque comprende el análisis de las fuerzas, velocidades y aceleraciones que aparecen en la estructura como resultado de los desplazamientos y deformaciones.

Como se indica en los siguientes cálculos:

### 3.10.1 DISEÑO DEL ABRESURCOS

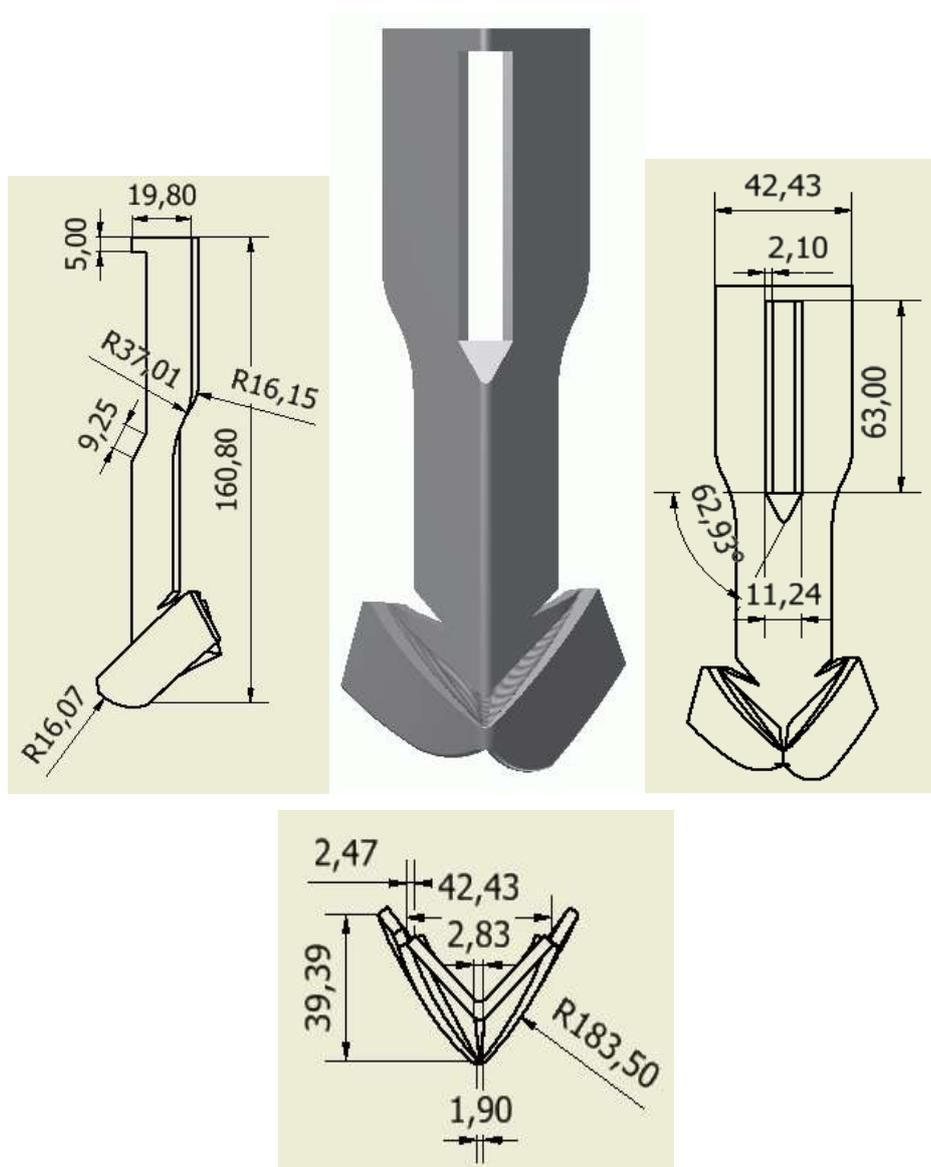


Figura 28: Diseño del abresurcos

Fuente: Autor

### 3.10.2 MOMENTOS GENERADOS

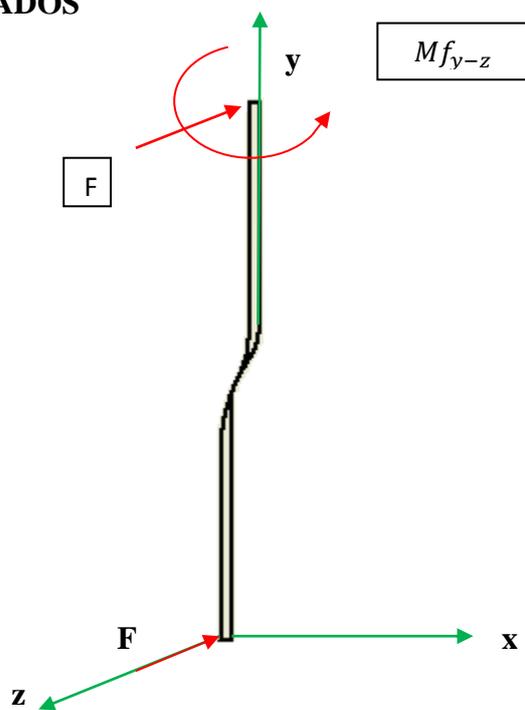


Figura 32: Momento Flector Plano y - z

Fuente: Autor

#### Momento flector $Mf_{y-z}$ de la cuchilla

Datos:

$$P = m \times g \quad F = P$$

$$F = m \times g$$

$$F = 0.22 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2.156 \text{ N}$$

$$Mf_{y-z} = F \times d$$

(Ecuación 38)

$$Mf_{y-z} = 2.156 \text{ N} \times 0.141 \text{ m}$$

$$Mf_{y-z} = 0.304 \text{ Nm}$$

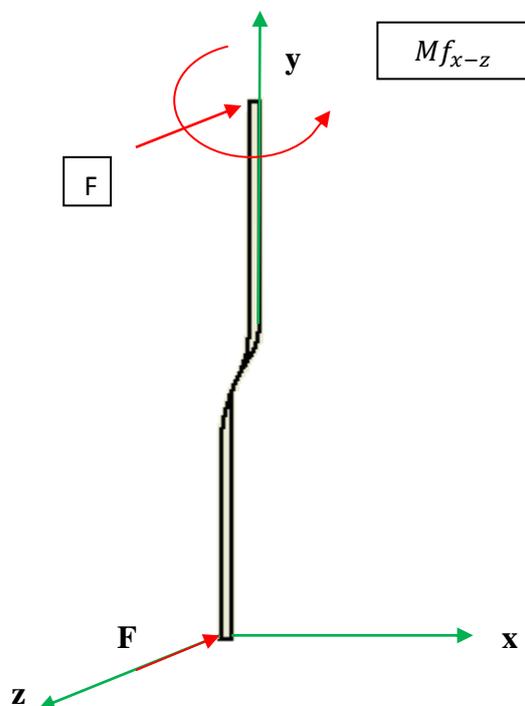


Figura 33: Momento Flector Plano x - z

Fuente: Autor

#### Momento flector $Mf_{x-z}$ de la cuchilla

$$Mf_{x-z} = F \times d$$

(Ecuación 39)

$$Mf_{x-z} = 2.156 \text{ N} \times 0.0080 \text{ m}$$

$$Mf_{x-z} = 0.0172 \text{ Nm}$$

### 3.10.3 MOMENTO FLECTOR RESULTANTE

#### Momento flector resultante

$$M_{fR} = \sqrt{(Mf_{x-z})^2 + (Mf_{y-z})^2}$$

(Ecuación 40)

$$M_{fR} = \sqrt{(0.0172)^2 + (0.304)^2}$$

$$M_{fR} = 0.304 \text{ Nm}$$

### 3.10.4 ESFUERZOS GENERADOS

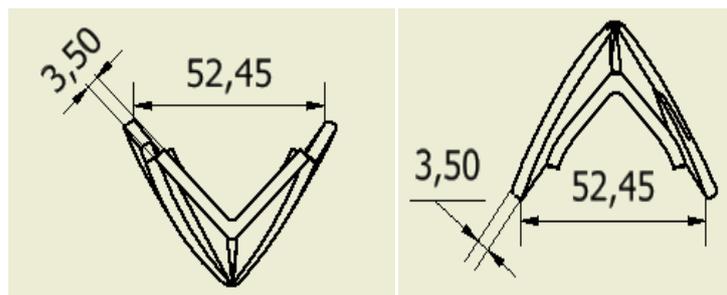
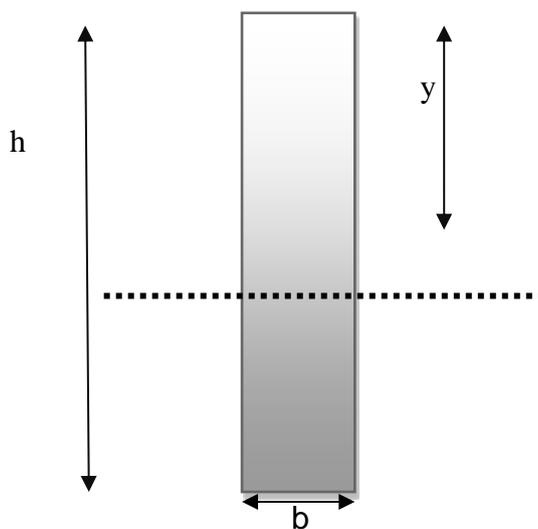


Figura 34: Sección A-A

Fuente: Autor



$$F_{\max} = 2.156 \text{ N}$$

$$F_{\min} = 0 \text{ N}$$

$$h = 5.13 \text{ cm} \quad \text{Ancho del abresurcos de la punta.}$$

$$b = 0.4 \text{ cm}$$

### 3.10.5 MOMENTO DE INERCIA

**Momento de inercia de la cuchilla**

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (\text{Ecuación 41})$$

$$I = \frac{0.0040 \times 0.0513^3}{12}$$

$$I = 5.40 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

### 3.10.5.1 Esfuerzo máximo:

#### Esfuerzo máximo de la cuchilla

$$\sigma_{max} = \frac{M_{fR} \times y}{I} \quad (\text{Ecuación 42})$$

$$\sigma_{max} = \frac{0.304 \text{ Nm} \times 0.0256 \text{ m}}{5.40 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

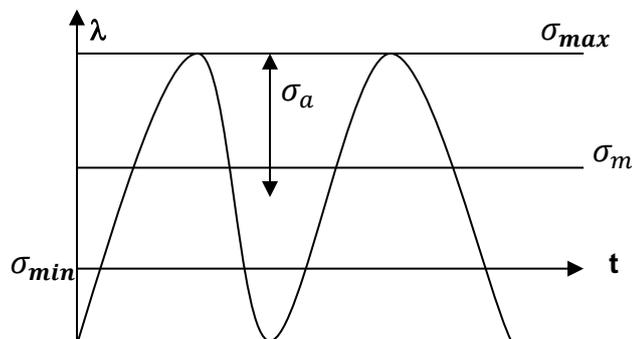
$$\sigma_{max} = 14.411 \text{ MPa}$$

### 3.10.5.2 Esfuerzo mínimo:

#### Esfuerzo mínimo de la cuchilla

$$\sigma_{min} = \frac{M_{fR} \times y}{I} = 0 \text{ MPa.} \quad (\text{Ecuación 43})$$

Gráfico 5: Diagrama tiempo - esfuerzo



#### DIAGRAMA TIEMPO ESFUERZO

Fuente: Autor

Donde:

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\lambda_{max}}{2}$$

De esta manera tenemos lo siguiente:

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{14.411 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 7.2055 \text{ MPa}$$

### 3.10.6 LÍMITE A LA FATIGA

Se obtiene mediante la ecuación de Joseph Marín:

**Cálculo límite a la fatiga (Joseph Marín)**

$$S_e = \prod_i K_i \times S'_e \quad \text{(Ecuación 44)}$$

Obtenidos experimentalmente coeficientes de Marín

$$S_e = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_f \times S'_e$$

Donde:

$S_e$  = Límite a la fatiga

$K_a$  = Factor de acabado superficial

$K_b$  = Factor de tamaño

$K_c$  = Factor de confiabilidad

$K_d$  = Factor de temperatura

$K_e$  = Factor de concentración de tensiones

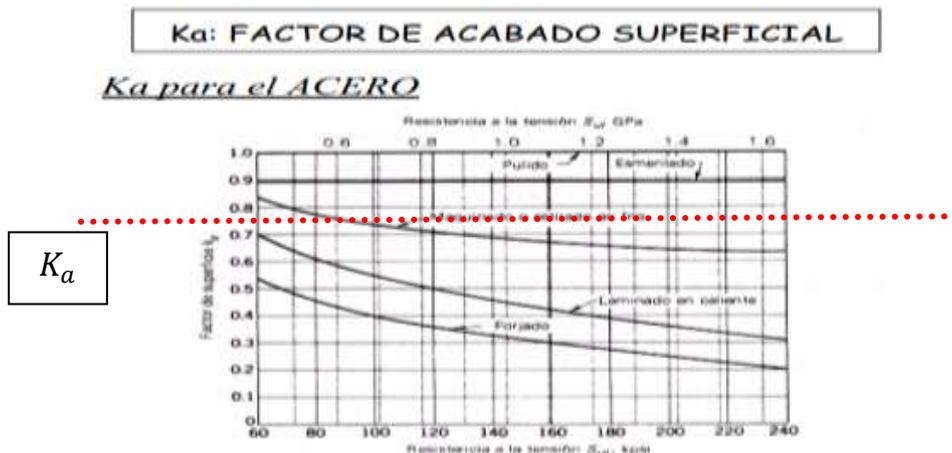
$K_f$  = Factor de efectos diversos

$S'_e$  = Resistencia a la fatiga

#### 3.10.6.1 Factor de acabado superficial $K_a$

El factor de acabado superficial en este caso para el acero es de  $K_a = 0.925$  que se lo puede apreciar en el gráfico 6 que se encuentra a continuación:

*Gráfico 6: Factor de Acabado Superficial para el Acero*



**Fuente:** Fenómeno de Fatiga, Santiago Pobeda Martínez, 2005, p.11

#### Cálculo del factor de acabado superficial (Anexo 4)

$$K_a = eS_{ut}^f \quad (\text{Ecuación 45})$$

Donde:

e y f = Son coeficientes

$S_{ut}$  = Resistencia ultima del material  $S_{ut} = 395 \text{ MPa}$ , para acero AISI 1020

$$K_a = 4.51 \times 395^{-0.265}$$

$$K_a = 0.925$$

#### 3.10.6.2 Factor de tamaño $K_b$

##### Cálculo del factor de tamaño $K_b$

$$K_b = 1.189 d^{-0.097} \quad (\text{Ecuación 46})$$

$$A = b \times h$$

$$d = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{51.30 \times 4 \times 4}{\pi}} = 16 \text{ mm}$$

$$K_b = 1.189 \times 16^{-0.097}$$

$$K_b = 0.91$$

#### 3.10.6.3 Factor de confiabilidad $K_c$

Gráfico 7: Factor de Confiabilidad

<b>K<sub>c</sub>: FACTOR DE CONFIABILIDAD</b>	
<b>Datos según una distribución normal</b>	
<i>Confiabilidad</i>	<i>Factor de confiabilidad K<sub>c</sub></i>
0.5	1
0.9	0.897
0.95	0.868
0.99	0.814
0.999	0.753
0.9999	0.702
0.99999	0.659
0.999999	0.620
0.9999999	0.584
0.99999999	0.551
0.999999999	0.520

**Fuente:** Fenómeno de Fatiga, Santiago Pobeda Martínez, 2005, p.21

$$K_c = 0.868 \quad \text{para una confiabilidad del 95 \%}$$

#### 3.10.6.4 Factor de temperatura $K_d$

La temperatura modifica algunas propiedades mecánicas de los materiales por lo que lo recomendado es lo siguiente:

$$K_d = 1 \quad T \leq 450 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 3.10.6.5 Factor de concentración de tensiones $K_e$ y factor de efectos diversos $K_f$

**Cálculo del factor de concentración de tensiones**

$$K_e = \frac{1}{K_f} \quad \text{(Ecuación 47)}$$

$K_f = 1.7$  recomendado (Ver apéndice, Tablas A15, A16, Shigley)

$$K_e = \frac{1}{1.7} = 0.58$$

#### 3.10.6.6 Resistencia a la fatiga $S'_e$

**Cálculo de la resistencia a la fatiga  $S'_e$**

$$S'_e = 0.506 \times S_{ut} \quad \text{(Ecuación 48)}$$

$$S'_e = 0.506 \times 395$$

$$S'_e = 199.87 \text{ MPa}$$

De esta manera encontramos el límite a la fatiga:

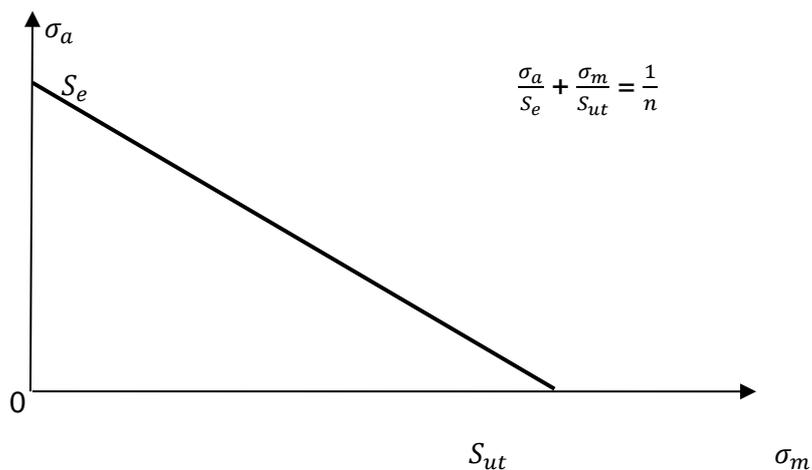
$$S_e = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_f \times S'_e$$

$$S_e = 0.925 \times 0.91 \times 0.868 \times 1 \times 0.58 \times 1.7 \times 199.87$$

$$S_e = 143 \text{ MPa}$$

### 3.10.6.7 Criterio de diseño de Goodman

Gráfico 8: Criterio de diseño de Goodman



Fuente: Autor

$$\frac{7.2055}{143} + \frac{7.2055}{395} = \frac{1}{n}$$

$$n = 14.71$$

## 3.11 DISEÑO DE LA TOLVA

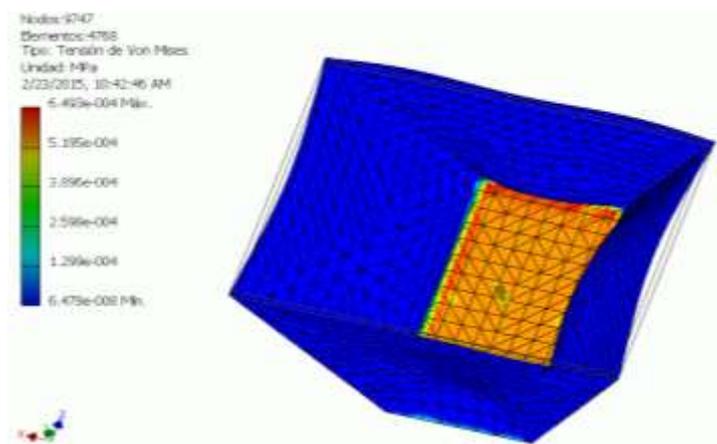
La tolva se la ha diseñado considerando un aspecto importante que toda la semilla que se deposita en si interior salga al exterior por medio de los diferentes orificios sin problemas y que no queden restos sobrantes.



*Figura 35:* Geometría de la tolva en CAD Inventor Professional

**Fuente:** Autor

### 3.11.1 CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA TOLVA



*Figura 36:* Cálculo Estructural Tolva Tensión de Von Mises

**Fuente:** Autor

Como podemos observar en la figura 36 se tiene un diseño confiable de la tolva donde no se presentan fallas considerables porque la fuerza que actúa es mínima, las tensiones son muy bajas.

A continuación en la Figura 37 se muestra el coeficiente de seguridad de la tolva en donde se tiene un coeficiente de seguridad máximo de 15 y un coeficiente de seguridad mínimo de 0; esto quiere decir que las placas que la conforman no

fallaran cuando trabaje realizando las actividades a las que fueron diseñadas y construidas.

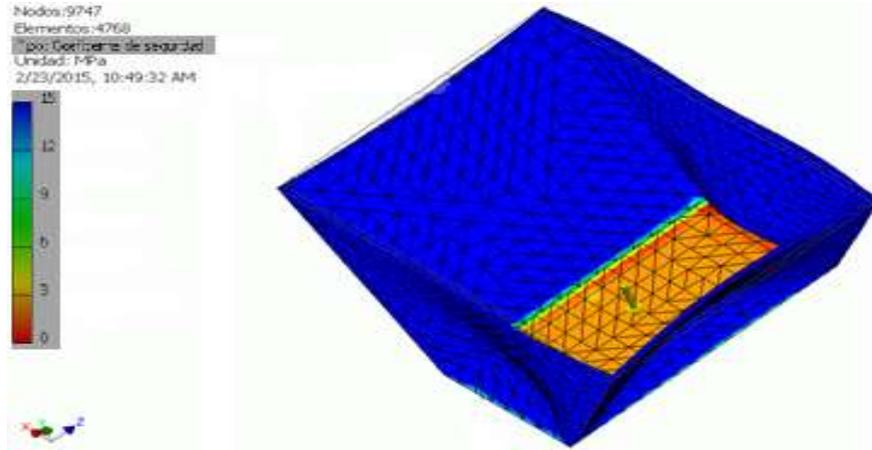


Figura 37: Coeficiente de Seguridad de la Tolva

Fuente: Autor

### 3.11.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA TOLVA

Los requerimientos de la sembradora de zanahoria son que se debe sembrar ocho horas diarias y que en su interior alcance 1,5 kg de semilla.

Garantizando una siembra continua con el fin de reducir tiempos muertos, el volumen necesario de la tolva será de:

**Volumen de la tolva**

$$V_{Tolva} = \frac{m}{\rho} \quad \text{(Ecuación 49)}$$

Donde:

$m$  = masa semilla 1,5 kg

$\rho$  = densidad semilla 1324 kg/m<sup>3</sup>

$$V_{Tolva} = \frac{1,5 \text{ kg}}{1324 \text{ kg/m}^3} = 1.13 \times 10^{-03} \text{ m}^3$$

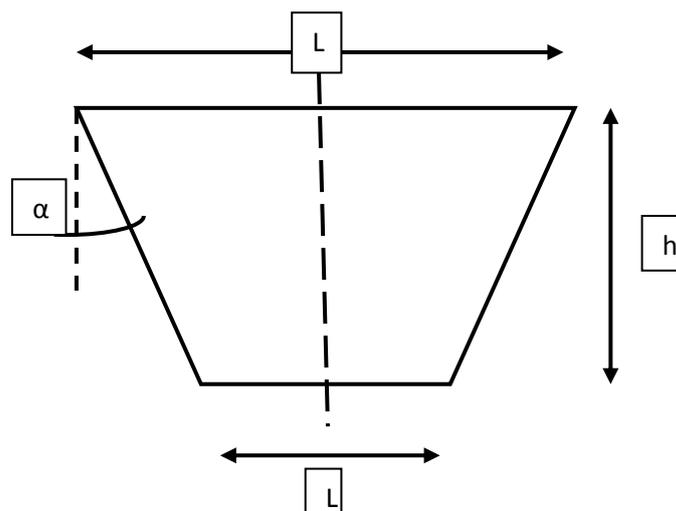


Figura 38: Dimensiones de la Tolva

Fuente: Autor

### Cálculo longitud mayor, menor y altura de la tolva

$$V_{Tolva} = \frac{\pi h}{3} \left[ \left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{Ll}{4}\right) \right] \quad \text{(Ecuación 50)}$$

Donde:

$$V_{Tolva} = 1.13 \times 10^{-03} \text{ m}^3$$

L = Longitud mayor tolva.

l = Longitud menor de la tolva

h = Altura de la tolva

De esta manera relacionando geoméricamente las dimensiones de la tolva y el ángulo de inclinación ( $\alpha = 65^\circ$ ) se tiene:

$$\tan(\alpha) = \frac{a}{h} = \frac{L-l}{h}$$

Despejando h tenemos:

$$h = \frac{L-l}{\tan(65^\circ)}$$

Resolviendo las ecuaciones se tiene:

$$1.13 \times 10^{-03} = \frac{\pi h}{3} \left[ \left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{Ll}{4}\right) \right]$$

$$1.13 \times 10^{-03} = \frac{\pi h}{3} \left[ \frac{L^2}{4} + \frac{l^2}{4} + \left(\frac{Ll}{4}\right) \right]$$

Reemplazando:

$$h = \frac{L-l}{\tan(65^\circ)}$$

$$1.13 \times 10^{-03} = \frac{\pi \frac{L-l}{\tan(65^\circ)}}{3} \left[ \frac{L^2}{4} + \frac{l^2}{4} + \left(\frac{Ll}{4}\right) \right] \longrightarrow l = \frac{1}{2} L$$

$$1.13 \times 10^{-03} = \frac{\pi \frac{L-\frac{1}{2}L}{\tan(65^\circ)}}{3} \left[ \frac{L^2}{4} + \frac{\frac{1}{2}L^2}{4} + \left(\frac{L \frac{1}{2}L}{4}\right) \right]$$

$$1.13 \times 10^{-03} = 0.24 L \left(\frac{7}{16} L^2\right)$$

$$L^3 = 0.0108$$

$$L = 0.221 \text{ m}$$

$$l = \frac{1}{2} 0.221$$

$$l = 0.1105 \text{ m}$$

$$h = \frac{0.221 - 0.1105}{\tan(65^\circ)}$$

$$h = 0.052 \text{ m}$$

### 3.11.3 GROSOR DE LAS PLACAS DE LA TOLVA

Los esfuerzos en la tolva son relativamente bajos, realizar los respectivos cálculos para determinar la resistencia mecánica de dicho elemento.

La presión interna máxima que va a soportar la tolva es:

#### Cálculo de la presión interna tolva

$$p = \frac{m \times g \times h}{V_{Tolva}} \quad [\text{N/m}^2] \quad \text{(Ecuación 51)}$$

Donde:

$p$  = Presión interna  $[\text{N/m}^2]$

$m$  = masa de semilla en la tolva llena, 4 kg (máximo)

$g$  = gravedad,  $9,8 \text{ m/s}^2$

$h$  = altura de la tolva

$V_{Tolva}$  = Volumen de la tolva

De esta manera se obtiene una presión de:

$$p = \frac{4 \times 9,8 \times 0.052}{1.13 \times 10^{-03}}$$

$$p = 1803,89 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Los esfuerzos a los que está sometida la tolva son:

$$\sigma_t = \frac{p l_i}{2t}, \quad \sigma_l = \frac{p l_i}{4t}$$

Donde:

$\sigma_t$  = Esfuerzo tangencial  $[\text{N/m}^2]$

$\sigma_l$  = Esfuerzo Longitudinal  $[\text{N/m}^2]$

$l_i$  = Longitud media

$p$  = Presión interna

t = Espesor de la placa

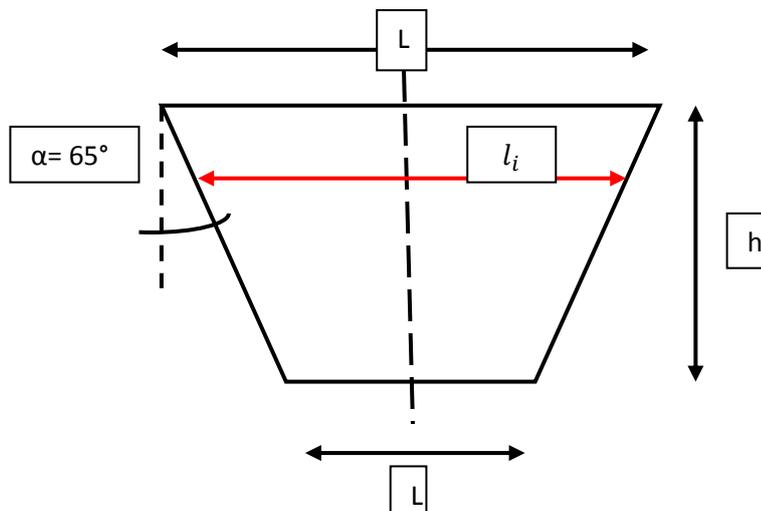


Figura 39: Longitud Media Tolva

Fuente: Autor

Aquí sería la longitud media de la tolva:

**Cálculo de la longitud media de la tolva**

$$l_i = \frac{L+l}{2} \quad (\text{Ecuación 52})$$

$$l_i = \frac{0.221 + 0.1105}{2} = 0.166 \text{ m}$$

Remplazando los valores en la ecuación del esfuerzo tangencial se obtiene lo siguiente:

**Cálculo del esfuerzo tangencial de la tolva**

$$\sigma_t = \frac{1803,89 \times 0.166}{2t} = \frac{149.72}{t} \frac{N}{m^2} \quad (\text{Ecuación 53})$$

De la misma forma se obtiene el esfuerzo longitudinal al que se encuentra sometido la tolva:

**Cálculo del esfuerzo longitudinal de la tolva**

$$\sigma_l = \frac{1803,89 \times 0.166}{4t} = \frac{74.86}{t} \frac{N}{m^2} \quad (\text{Ecuación 54})$$

### 3.11.4 ANÁLISIS DE LA TOLVA MEDIANTE LA TEORÍA DEL ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO

Mediante la aplicación de la teoría del esfuerzo cortante máximo se puede determinar el espesor t de la placa, considerando lo siguiente:

### Cálculo del esfuerzo cortante máximo

$$\sigma_t = \sigma_1 \quad \text{y} \quad \sigma_l = \sigma_2 \quad \text{(Ecuación 55)}$$

Según la teoría del esfuerzo cortante máximo se tiene:

$$\begin{aligned} \sigma_e &= \sigma_1 + \sigma_2 \leq S_y \\ \frac{149.72}{t} + \frac{74.86}{t} &= 250 \times 10^6 \\ t &= \frac{224.58}{250 \times 10^6} \\ t &= 8.98 \times 10^{-7} \text{ m} \end{aligned}$$

Al estar la placa sometida a muy bajos esfuerzos el espesor es muy pequeño, por condiciones de rigidez de la tolva, condiciones climáticas y al estar sometida a trabajos diarios se escoge una placa de acero A36 de 4 mm de espesor.

### 3.12 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para seleccionar el rodamiento adecuado se obtiene la carga que actúa sobre el eje, el diámetro del eje queda fijado al principio por el diseño de la máquina; así pues, el rodamiento es a menudo seleccionado en base a su diámetro interior.

Con estos datos se eligió el rodamiento 6800 ZZ, que por sus características encontradas en el manual SKF, es ideal para el trabajo ver Anexo 5 rodamientos.



*Figura 40: Rodamiento 6800 ZZ*

**Fuente:** Rodamientos NSK; 2012, p.289

Se seleccionó este porque a las características que presta, es apto para el trabajo sometido:

d = 10 mm (diámetro de entrada)

D = 19 mm (Diámetro de salida)

$B = 5 \text{ mm}$  (ancho del anillo)  
 $C = 1720 \text{ N}$  (Carga dinámica)  
 $C_o = 820 \text{ N}$  (Carga estática)  
 $34\,000 \text{ rpm}$  = (Velocidad límite)  
 $F_o = 14.8$  (factor de carga mínima)

### 3.13 DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS

#### 3.13.1 ESTRUCTURA DE EMPUJE DE LA MÁQUINA

La estructura está compuesta por tubos redondos de diferentes diámetros:

Tubo redondo  $\Phi 31 \text{ mm}$  e  $1,5 \text{ mm}$  |  $6 \text{ m}$

Tubo redondo  $\Phi 12 \text{ mm}$  e  $1,5 \text{ mm}$  |  $6 \text{ m}$



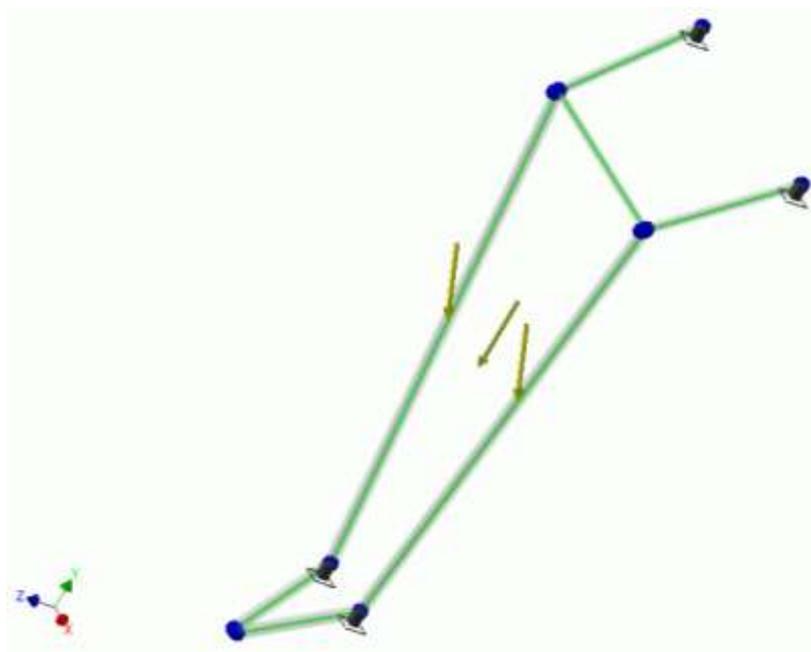
*Figura 41:* Estructura de Empuje de la Máquina

**Fuente:** Autor

#### 3.13.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE EMPUJE DE LA MÁQUINA MEDIANTE INVENTOR PROFESSIONAL CAD

Inventor Professional CAD contiene diferentes librerías y los perfiles que se utilizaran en la construcción de la máquina forman parte de ella permitiendo de esta manera realizar simulaciones que nos pueden ayudar a determinar posibles deformaciones, fallas, factores de seguridad.

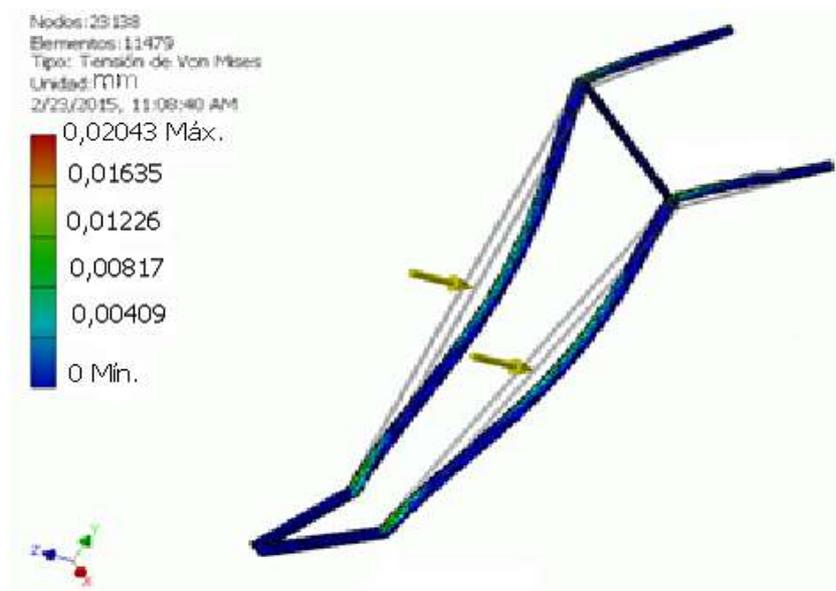
Como se puede apreciar en la Figura 39 se muestran las restricciones y las fuerzas que actúan sobre el sistema de empuje de la máquina.



*Figura 42: Análisis de la Estructura de Empuje de la Máquina*

**Fuente:** Autor

Como se muestra en la Figura 43 el desplazamiento que sufrirá la estructura de empuje de la máquina sembradora de zanahoria es de un máximo de 0,02043 mm y un mínimo de 0 mm sobreentendiéndose que cuenta con un alto grado de confiabilidad.



*Figura 43:* Desplazamiento de la Estructura de Empuje de la Máquina

**Fuente:** Autor

### 3.13.3 ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LA MÁQUINA.

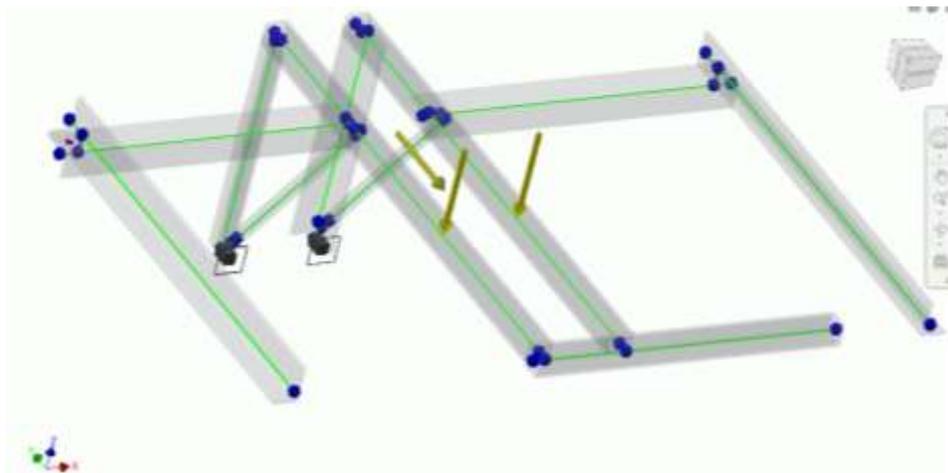
La estructura está formada por perfiles, tubos y varillas cuadradas.



*Figura 44:* Estructura de Soporte de la Máquina

**Fuente:** Autor

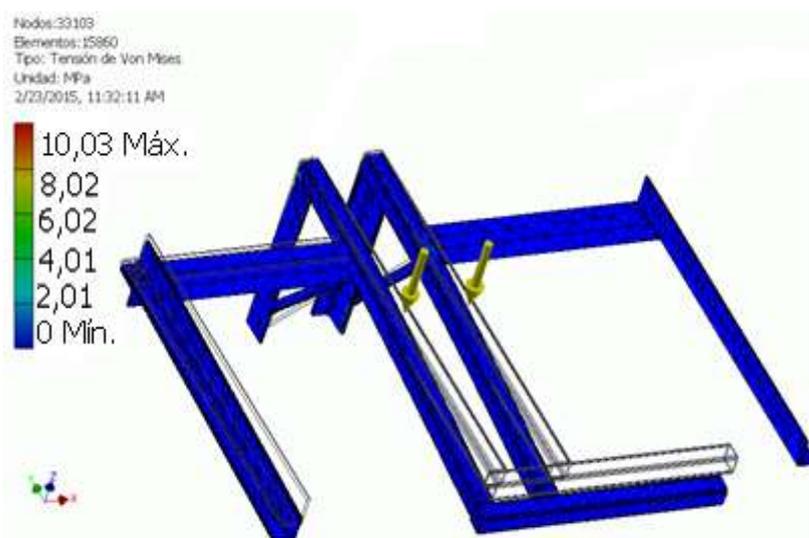
Después de haber realizado la simulación con las respectivas cargas en la estructura de empuje de la máquina realizamos el mismo procedimiento para el soporte de nuestra sembradora de la siguiente manera.



*Figura 45: Análisis de la Estructura de Soporte de la Máquina*

**Fuente:** Autor

Como podemos observar en la Figura 46 después de haber realizado la simulación con las respectivas cargas en la estructura se puede concluir que es capaz de soportar las diferentes fuerzas que intervienen en la máquina, esto se puede confirmar mediante la simulación realizada por el esfuerzo de Von Misses en CAD Inventor Profesional para determinar la fluencia de la estructura obteniendo un máximo de 10,03 MPa que corresponde a la parte en donde se encuentra reposando el sistema de dosificación, tolva, abresurcos, rueda tapadora, sistema de avance de la máquina y tren cinemático.



*Figura 46: Tensión de Von Mises Análisis de la Estructura de Soporte de la Máquina*

**Fuente:** Autor

### 3.13.4 CARGA QUE SOPORTA LA ESTRUCTURA.

Para determinar la carga que soporta la estructura se debe considerar el peso de la tolva, tapa de la tolva, dosificador, órgano de distribución, tren cinemático, estructura de empuje de la máquina y el abresurcos.

Entonces se tiene:

#### Cálculo de la carga que soporta la estructura

$$\omega_t = \omega_{tol} + \omega_{ta} + \omega_{dosi} + \omega_{org} + \omega_{tren} + \omega_{emp} + \omega_{abre} \quad (\text{Ecuación 56})$$

Donde:

$\omega_t$  = Peso total que soporta la estructura.

$\omega_{tol}$  = Peso de la tolva.

$\omega_{ta}$  = Peso de la tapa de la tolva.

$\omega_{dosi}$  = Peso del dosificador.

$\omega_{org}$  = Peso del órgano de distribución.

$\omega_{tren}$  = Peso del tren cinemático.

$\omega_{emp}$  = Peso estructura de empuje de la máquina.

$\omega_{abre}$  = Peso del abresurcos.

Entonces el peso de todos los elementos es de:

$$\omega_t = 6 + 1,5 + 3 + 5,5 + 6,5 + 9 + 1,5 = 33 \text{ kg}$$

### 3.13.5 SELECCIÓN DE LAS RUEDAS PARA EL MOVIMIENTO DE LA MÁQUINA (Bastidor)

Para el movimiento de la máquina se seleccionan dos ruedas giratorias. Esto se lo hace en función de la carga que soporta la estructura (peso total), por la longitud del elemento y dividido para el número de ruedas aplicadas como se observa en la ecuación 57.

#### Capacidad de carga por rueda

$$CP = \frac{\omega_t * L}{D} \quad [\text{Kgf}] \quad (\text{Ecuación 57})$$

Donde:

CP = Capacidad de carga por rueda.

$\omega_t$  = Peso total que soporta la estructura.

$L$  = Longitud del elemento (349 mm).

$D$  = Número de ruedas aplicadas.

$$CP = \frac{33 \times 34.9}{2}$$

$$CP = 575.85 \text{ [Kgf]}$$

Una vez calculada la capacidad de carga por rueda se selecciona el dato mayor a este valor, según datos establecidos por la rueda Westwood 2 x 2. 125 ISO 5775 soporta 800kgf.

### 3.13.5.1 Cálculo del factor de seguridad de las ruedas para el movimiento de la máquina (bastidor)

$$n = \frac{CR}{CT}$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad.

$CR$  = Capacidad de carga real de las ruedas [kgf].

$CT$  = Capacidad de carga teórica de las ruedas [kgf].

$$n = \frac{800 \text{ kgf}}{575.85 \text{ kgf}}$$

$$n = 1.4$$

### 3.13.6 DISEÑO DE LA RUEDA PARA EL RECUBRIMIENTO DE SEMILLAS

Según el valor de carga que se encuentra representada en la siguiente figura 47 podemos encontrar F2 y seleccionar que tipo de rueda necesitamos para el recubrimiento de semilla.



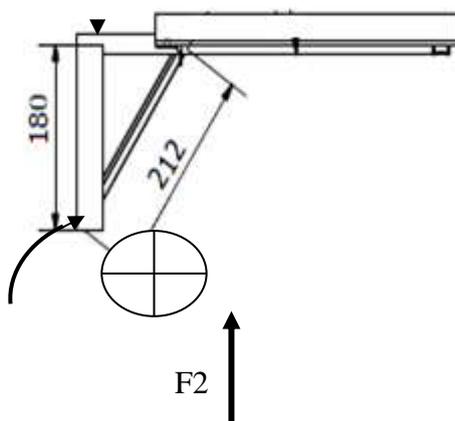


Figura 47: Diagrama de cuerpo libre para el recubrimiento de semillas

Fuente: Autor

$$M1 = F1 \times d$$

Donde:

M1 = Momento generado en la base de la estructura por la carga de 33 [Kgf /cm].

F1 = Fuerza de 33Kgf (elevada 180 mm).

d = Distancia donde se encuentra ubicada la carga.

$$M1 = 33 \text{ Kgf} \times 18 \text{ cm}$$

$$M1 = 594 \text{ Kgf} \times \text{cm}$$

Donde  $M1 = M2 = 594 \text{ Kgf}$  pero en sentido contrario ya que se necesita que el sistema se encuentre en equilibrio.

$$M2 = F2 \times d$$

$$F2 = \frac{M2}{d}$$

$$F2 = \frac{594 \text{ Kgf} \times \text{cm}}{8 \text{ cm}}$$

$$F2 = 74.25 \text{ Kgf}$$

Con este valor seleccionamos la rueda para el recubrimiento de semillas.

### 3.13.6.1 Cálculo del factor de seguridad de la rueda para el recubrimiento de semillas

$$n = \frac{CR}{CT}$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad.

CR = Capacidad de carga real de la rueda [kgf].

CT = Capacidad de carga teórica de la rueda [kgf].

Datos:

CR = [kgf].

CT = [kgf].

$$n = \frac{280 \text{ Kgf}}{74.25 \text{ Kgf}}$$

$$n = 3.77$$

Con este valor del factor de seguridad se verifica que los parámetros de diseño si son los correctos.

### 3.13.7 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

La estructura metálica está constituida por el perfil estructural de ángulo L, la misma que se encuentra soldada por el electrodo 6011 ya que posee un revestimiento celulósico que facilita la rápida solidificación del metal depositado.

Para el respectivo cálculo se estableció una fuerza de 323,62 N que es el peso total de todos los componentes que actuaran en el bastidor de la máquina.

El sistema se asume como una viga sometida a flexión como se muestra en la siguiente figura:

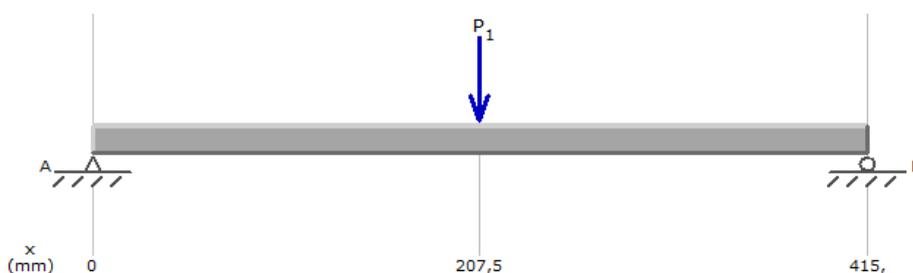


Figura 48: Diagrama de Fuerzas de la Viga

Fuente: Autor

La fuerza total (F):

$$F = 323,62 \text{ N}$$

Como se tienen dos vigas la fuerza resultante es:

$$F1 = \frac{F}{2} = 161,81 \text{ N}$$

De esta manera podemos conocer la fuerza cortante que se aplica sobre la viga de la siguiente manera:

$$V = \frac{F1}{2}$$

Donde:

V = Fuerza cortante

F1 = Fuerza que se ejerce sobre la viga

$$V = 80.905 \text{ N}$$

La fuerza cortante servirá para el cálculo del módulo de sección del perfil estructural.

A continuación determinamos el momento flector máximo mediante la siguiente ecuación:

$$M_{max} = V \frac{L}{2}$$

Donde:

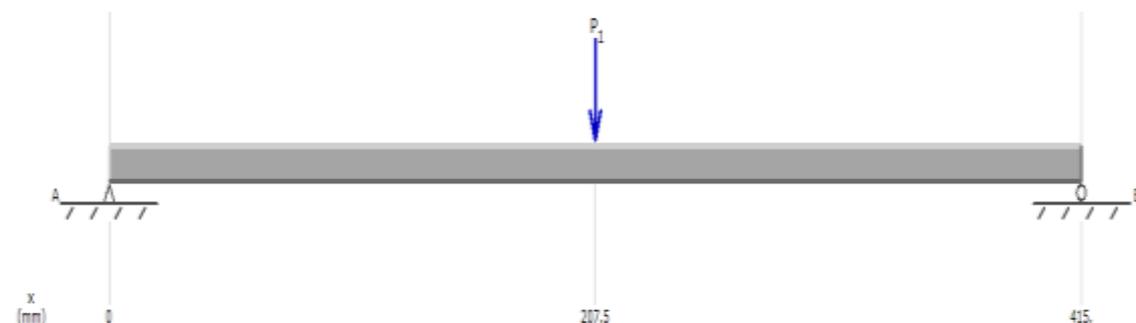
$M_{max}$  = Momento flector máximo

L = longitud de la viga (mm)

$$M_{max} = 80,905 \frac{415}{2}$$

$$M_{max} = 16787,79 \text{ N. mm}$$

A continuación se puede representar gráficamente los valores del esfuerzo cortante máximo y de la fuerza cortante así:



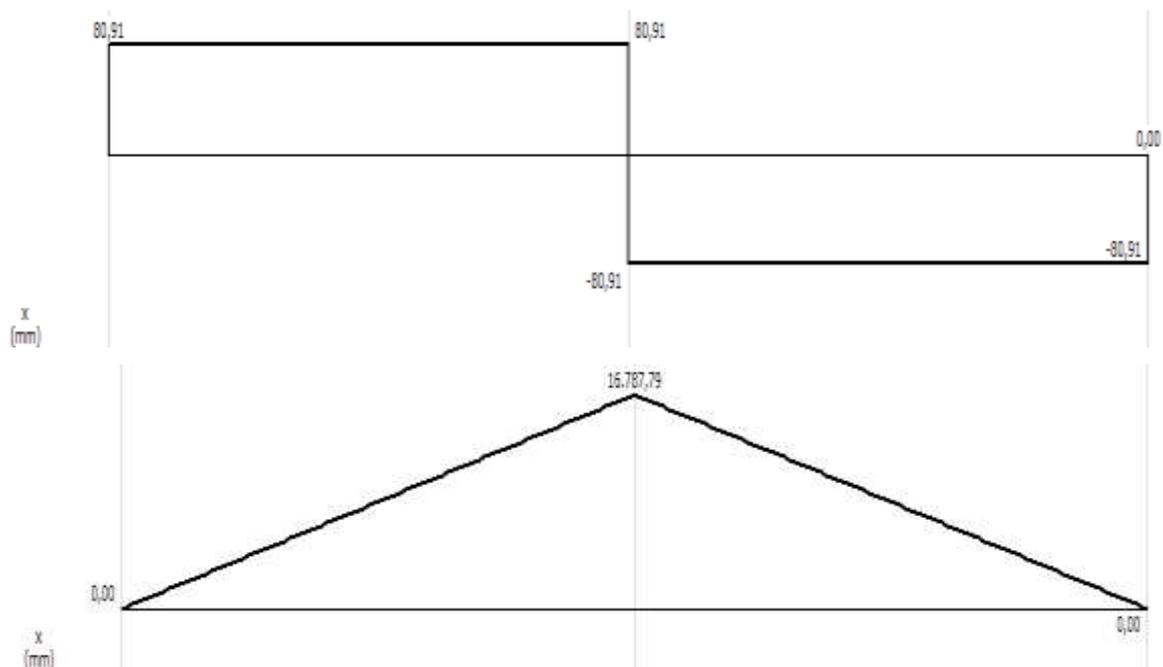


Figura 49: Diagrama de Cortes y Momentos de la Viga

Fuente: Autor

Para determinar el perfil L se emplea un factor de seguridad de la siguiente tabla.

CLASE DE CARGA	ACERO, MATERIALES DÚCTILES	
	Basado en la resistencia máxima	Basado en la resistencia a la fluencia
Carga permanente	3- 4	1,5 - 2
repetida, una dirección, gradual (choque suave)	6	3
Repetida, invertida, gradual (choque suave)	8	3
Choque	10 - 15	5 - 7

Fuente: Diseño de elementos de máquina, (Faires, 2001, p.24)

Como es para carga permanente el factor que se tomará es de 3.

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{max} = \frac{250 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_{max} = 83,33 \text{ MPa}$$

Para calcular las características del perfil se emplea la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{w}$$

$$w = \frac{M \max}{\sigma_{\max}}$$

Donde:

w = Módulo de la sección del perfil.

$$w = \frac{16787,79}{83,33}$$

$$w = 201,46 \text{ mm}^3$$

Una vez que se determinó el módulo de la sección del perfil se procede a elegir un valor que coincida con lo calculado anteriormente, en el Anexo 8 se puede evidenciar los valores correspondientes por lo que se eligió un perfil en L 30 x 30 x 5.

### 3.13.7.1 Límite a la fatiga

Se obtiene mediante la ecuación de Joseph Marín:

#### Cálculo límite a la fatiga (Joseph Marín)

$$S_e = \prod_i K_i \times S'_e$$

Obtenidos experimentalmente coeficientes de Marín

$$S_e = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_f \times S'_e$$

Donde:

$S_e$  = Límite a la fatiga

$K_a$  = Factor de acabado superficial

$K_b$  = Factor de tamaño

$K_c$  = Factor de confiabilidad

$K_d$  = Factor de temperatura

$K_e$  = Factor de concentración de tensiones

$K_f$  = Factor de efectos diversos

$S'_e$  = Resistencia a la fatiga

#### 3.13.7.1.1 Factor de acabado superficial $K_a$

El factor de acabado superficial en este caso para el acero es de  $K_a = 0.925$  que se lo puede apreciar en el gráfico 5.

#### Cálculo del factor de acabado superficial (Anexo 4)

$$K_a = eSut^f$$

Donde:

e y f = Son coeficientes

$Sut$  = Resistencia ultima del material  $Sut = 400$  MPa, para acero ASTM A-36

$$K_a = 57.7 \times 400^{-0.718}$$

$$K_a = 0.781$$

#### 3.13.7.1.2 Factor de tamaño $K_b$

#### Cálculo del factor de tamaño $K_b$

$$K_b = 1.189 d^{-0.097}$$

$$A = b \times h$$

$$d = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{51.30 \times 4 \times 4}{\pi}} = 16 \text{ mm}$$

$$K_b = 1.189 \times 16^{-0.097}$$

$$K_b = 0.91$$

#### 3.13.7.3 Factor de confiabilidad $K_c$

$$K_c = 0.868 \quad \text{para una confiabilidad del 95 \%}$$

#### 3.13.7.4 Factor de temperatura $K_d$

La temperatura modifica algunas propiedades mecánicas de los materiales por lo que lo recomendado es lo siguiente:

$$K_d = 1 \quad T \leq 450 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 3.13.7.5 Factor de concentración de tensiones $K_e$ y factor de efectos diversos $K_f$

#### Cálculo del factor de concentración de tensiones

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

$K_f = 1.7$  recomendado (Ver apéndice, Tablas A15, A16, Shigley)

$$K_e = \frac{1}{1.7} = 0.58$$

### 3.13.7.1.6 Resistencia a la fatiga $S'_e$

#### Cálculo de la resistencia a la fatiga $S'_e$

$$S'_e = 0.506 \times S_{ut}$$

$$S'_e = 0.506 \times 400$$

$$S'_e = 202.4 \text{ MPa}$$

De esta manera encontramos el límite a la fatiga:

$$S_e = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_f \times S'_e$$

$$S_e = 0.781 \times 0.91 \times 0.868 \times 1 \times 0.58 \times 1.7 \times 202.4$$

$$S_e = 199.57 \text{ MPa}$$

De esta manera calculamos los esfuerzos medios:

$$\sigma_{max} = \frac{5599 \text{ Nmm}}{201.46 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{max} = 27.79 \text{ MPa}$$

Remplazando en la ecuación se tiene que:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_m = 13.89 \text{ MPa}$$

Y de igual forma encontramos  $\sigma_a$ :

$$\sigma_a = \left| \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \right|$$

$$\sigma_a = 13.89 \text{ MPa}$$

Para encontrar el factor de seguridad se empleó el criterio de falla de Goodman de la siguiente manera:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}$$

$$n = 8, 13$$

### 3.13.8 CÁLCULO DE PERNOS SUJETADORES DEL BASTIDOR

Los pernos sujetadores del bastidor son M10x 1.5 x 40mm, los cuales son ubicados como se muestra en la figura 50.

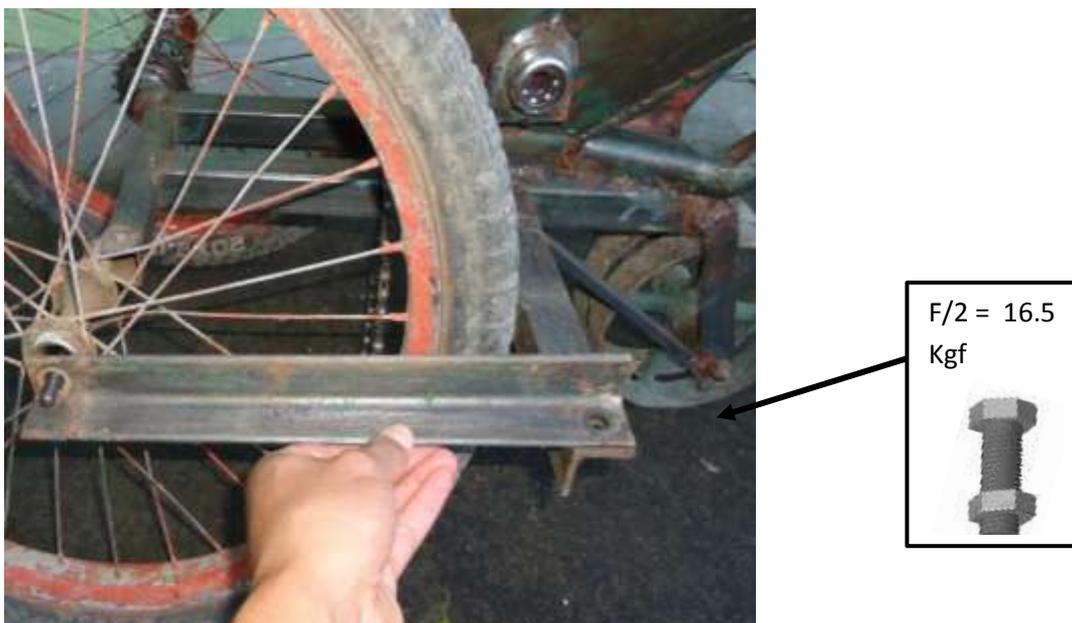


Figura 50: Pernos Sujetadores en el Bastidor

Fuente: Autor

Mediante la fuerza de diseño  $F = 33\text{Kgf}$  transmitida al bastidor y los pernos determinaremos mediante cálculos de carga cortante si el perno M10x1.5 x 40mm es el correcto para los fines de la máquina.

**Esfuerzo cortante en el perno**

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

(Ecuación 58)

Donde:

$R$  = Esfuerzo cortante en el perno.

$F$  = Fuerza que actúa sobre el perno.

$A$  = Área de la sección transversal del perno.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times 10^2}{4}$$

$$A = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$A = 0.78 \text{ cm}^2$$

Reemplazando los valores en la ecuación 58 se tiene:

$$R = \frac{16.5 \text{ Kgf}}{0.78 \text{ cm}^2}$$

$$R = 21.15 \text{ Kgf /cm}^2$$

Tenemos que el esfuerzo cortante que actúa sobre el perno es de 21.15 Kgf /cm<sup>2</sup> este valor comparado con las especificaciones ASTM para pernos según las especificaciones de la tabla 8, se tiene que la resistencia mínima a la fluencia del perno A307 es de 36 kpsi, transformando este valor a Kgf /cm<sup>2</sup> nos da 2531.05

**Tabla 8:** *Especificaciones ASTM para Pernos*

Designación ASTM	Rango del diámetro [pulg]	Resistencia de prueba mínima [kpsi]	Resistencia elástica mínima [kpsi]	Resistencia a la tracción mínima [kpsi]	Material	Marcado de la cabeza
A307	¼ - 1 ½	33	60	36	Acero bajo carbono	
A325 Tipo 1	½ - 1 1 1/8 - 1 ½	85 74	120 105	92 81	Acero de mediano o bajo carbono, templado y revenido	
A325 Tipo 2	½ - 1 1 1/8 - 1 ½	85 74	120 105	92 81	Acero martensítico de bajo carbono, templado y revenido	
A325 Tipo 3	½ - 1 1 1/8 - 1 ½	85 74	120 105	92 81	Acero intemperizado, templado y revenido	
A354 Grado BD	¼ - 4	120	150	130	Acero de aleación, templado y revenido	
A449	¼ - 1 1 1/8 - 1 ½ 1 ¾ - 3	85 74 55	120 105 90	92 81 58	Acero de mediano carbono, templado y revenido	
A490 Tipo 1	½ - 1 ½	120	150	130	Acero intemperizado, templado y revenido	

**Fuente:** Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Richard G. Budynas, 9na edición, 2011, p. 415.

### 3.13.8.1 Cálculo de precarga de los pernos sujetadores del bastidor

Según Goodman establece que “Para cargas estáticas se utiliza una precarga que genera un esfuerzo tan elevado como 90% de la resistencia de prueba. Para cargas variables (FATIGA), se utilizan valores de precarga de 75% o más de la resistencia de prueba”.

$$0.75F_{pr} \leq Fi \leq 0.9 F_{pr}$$

$Fi = 0.75F_{pr}$  para conexiones no permantes.

$Fi = 0.9 F_{pr}$  para conexiones permantes.

**Carga de prueba**

$$F_{pr} = At \times Sp$$

**(Ecuación 59)**

Donde:

$F_{pr}$  = Carga de prueba.

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión (Tabla 9).

$S_p$  = Resistencia de prueba = 0.85  $F_y$ .

$$\text{Donde } S_p = 0.85 \times 2531.05 \quad [\text{Kgf /cm}^2]$$

$$S_p = 2151.39 \quad [\text{Kgf /cm}^2]$$

Y reemplazando en la ecuación 59 se tiene lo siguiente:

$$F_{pr} = A_t \times S_p$$

$$F_{pr} = 58.0 \text{ mm}^2 \times 2151.39 \text{ Kgf /cm}^2$$

$$F_{pr} = 0.58 \text{ cm}^2 \times 2151.39 \text{ Kgf /cm}^2$$

$$F_{pr} = 1247.81 \text{ Kgf}$$

**Tabla 9:** Áreas de esfuerzos de tensión

Diámetro de cresta, $d_c$ , mm	Roscas gruesas (MC)		Roscas Finas (MF)	
	Paso, $p$ , mm	Area resistente a tracción, $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Paso, $p$ , mm	Area resistente a tracción, $A_t$ , mm <sup>2</sup>
1	0.25	0.460	-	-
1.6	0.35	1.27	0.20	1.57
2	0.4	2.07	.25	2.45
2.5	0.45	3.39	.35	3.70
3	0.5	5.03	.35	5.61
4	0.7	8.78	.5	9.79
5	0.8	14.2	.5	16.1
6	1	20.1	.75	22
8	1.25	36.6	1	39.2
10	1.5	58.0	1.25	61.2
12	1.75	84.3	1.25	92.1
16	2	157	1.5	167
20	2.5	245	1.5	272
24	3	353	2	384
30	3.5	561	2	621
36	4	817	3	865
42	4.5	1121	-	-
48	5	1473	-	-

Fuente: BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith, p.394.

$F_i = 0.75F_{pr}$  para conexiones no permantes.

$$F_i = 0.75 \times 1247.81 \text{ Kgf}$$

$$F_i = 935.86 \text{ Kgf}$$

Entonces el par de torsión está dado por:

**Par de torsión para lograr la precarga**

$$\mathfrak{t} = K \times F_i \times d \quad \text{(Ecuación 60)}$$

Donde:

$\mathfrak{t}$  = par de torsión para lograr la precarga.

K = Condición del perno (tabla 10).

$F_i$  = Precarga.

d = diámetro del perno.

$$\mathfrak{t} = 0.30 \times 935.86 \text{ Kgf} \times 10 \text{ mm}$$

$$\mathfrak{t} = 0.30 \times 935.86 \text{ Kgf} \times 0.1 \text{ cm}$$

$$\mathfrak{t} = 28.07 \text{ Kgf} \times \text{cm}$$

De esta manera para lograr la precarga se necesita un par de torsión de 28.07 Kgf x cm para garantizar un apriete firme entre los perfiles.

**Tabla 10:** Condición del perno (Factor del par de torsión)

Condición del perno	K
Sin recubrimiento, acabado negro	0.30
Galvanizado	0.20
Lubricado	0.18
Con recubrimiento de cadmio	0.16
Con Anti-Seize Bowman	0.12
Con tuercas Bowman-Grip	0.09

**Fuente:** BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith, p.419.

### 3.13.8.2 Cálculo de pernos sujetadores de las cerdas sintéticas en el órgano de distribución

Los pernos sujetadores de las cerdas sintéticas en el órgano de distribución son M5x 1.5 x 14mm, los cuales son ubicados como se muestra en la figura 51.

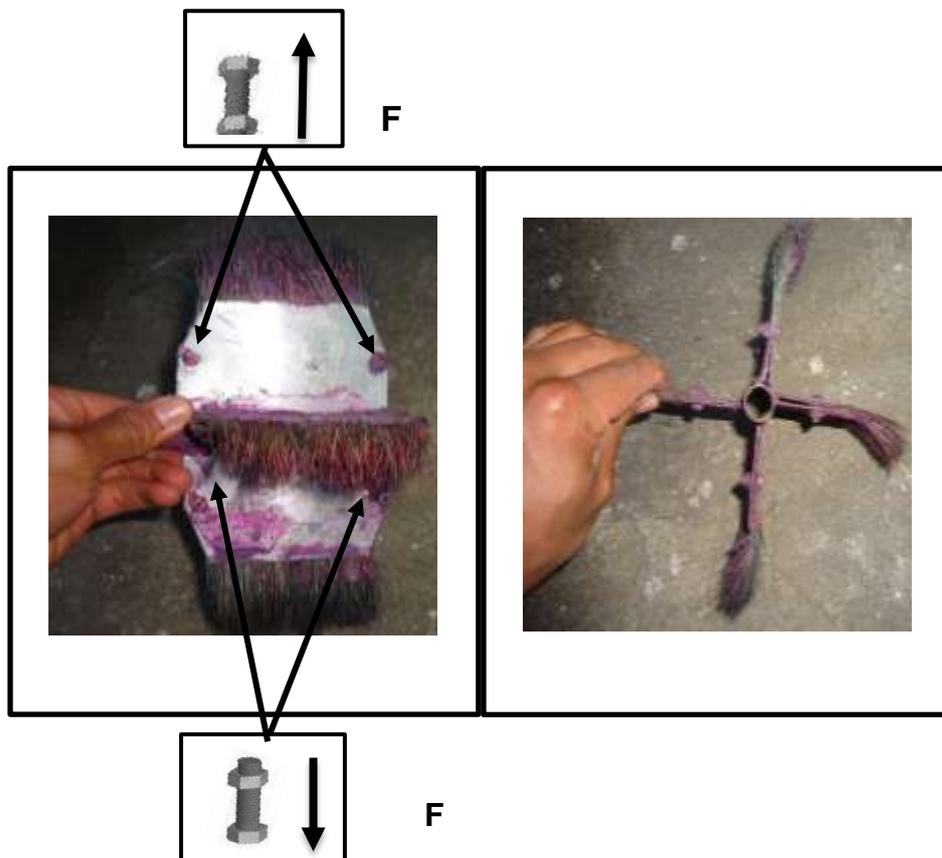


Figura 51: Ubicación de los pernos M5 x 1.5 x14

Fuente: Autor

Mediante la fuerza de diseño  $F = 33\text{Kg}$  transmitida al sistema de distribución determinaremos mediante cálculos de carga cortante si el perno M5x1.5 x 14mm es el correcto para los fines de la máquina.

**Esfuerzo cortante en el perno**

$$R = \frac{F}{A} \quad \text{(Ecuación 61)}$$

Donde:

$R$  = Esfuerzo cortante en el perno.

$F$  = Fuerza que actúa sobre el perno.

$A$  = Área de la sección transversal del perno.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times 5^2}{4}$$

$$A = 19.63 \text{ mm}^2$$

$$A = 0.196 \text{ cm}^2$$

Reemplazando los valores en la ecuación 61 se tiene:

Pero como son 8 pernos la fuerza es de  $(33 / 8 = 4.13 \text{ Kgf})$ .

$$R = \frac{4.13 \text{ Kgf}}{0.196 \text{ cm}^2}$$

$$R = 21.07 \text{ Kgf /cm}^2$$

Tenemos que el esfuerzo cortante que actúa sobre el perno es de  $21.07 \text{ Kgf /cm}^2$  este valor comparado con las especificaciones ASTM para pernos según las especificaciones de la tabla 8, se tiene que la resistencia mínima a la fluencia del perno A307 es de 36 kpsi, transformando este valor a  $\text{Kgf /cm}^2$  nos da 2531.05

### 3.13.8.3 Cálculo de precarga de los pernos sujetadores de las cerdas sintéticas en el órgano de distribución

Según Goodman establece que “Para cargas estáticas se utiliza una precarga que genera un esfuerzo tan elevado como 90% de la resistencia de prueba. Para cargas variables (FATIGA), se utilizan valores de precarga de 75% o más de la resistencia de prueba”.

$$0.75F_{pr} \leq Fi \leq 0.9 F_{pr}$$

$Fi = 0.75F_{pr}$  para conexiones no permantes.

$Fi = 0.9 F_{pr}$  para conexiones permantes.

$$F_{pr} = At \times Sp$$

Donde:

$F_{pr}$  = Carga de prueba.

$At$  = Área de esfuerzo de tensión (Tabla 9).

$Sp$  = Resistencia de prueba =  $0.85 Fy$ .

$$S_p = 0.85 \times 2531.05 \quad [\text{Kgf /cm}^2]$$

$$S_p = 2151.39 \quad [\text{Kgf /cm}^2]$$

Y reemplazando en la ecuación se tiene lo siguiente:

$$F_{pr} = A_t \times S_p$$

$$F_{pr} = 14.2 \text{ mm}^2 \times 2151.39 \text{ Kgf /cm}^2$$

$$F_{pr} = 0.142 \text{ cm}^2 \times 2151.39 \text{ Kgf /cm}^2$$

$$F_{pr} = 305.49 \text{ Kgf}$$

$F_i = 0.75F_{pr}$  para conexiones no permantes.

$$F_i = 0.75 \times 305.49 \text{ Kgf}$$

$$F_i = 229.12 \text{ Kgf}$$

Entonces el par de torsión está dado por:

$$\mathfrak{t} = K \times F_i \times d$$

Donde:

$\mathfrak{t}$  = Par de torsión para lograr la precarga.

K = Condición del perno (tabla 10).

$F_i$  = Precarga.

d = Diámetro del perno.

$$\mathfrak{t} = 0.30 \times 229.12 \text{ Kgf} \times 5 \text{ mm}$$

$$\mathfrak{t} = 0.30 \times 229.12 \text{ Kgf} \times 0.05 \text{ cm}$$

$$\mathfrak{t} = 3.44 \text{ Kgf} \times \text{cm}$$

De esta manera para lograr la precarga se necesita un par de torsión de 3.44 Kgf x cm para garantizar un apriete firme entre los perfiles.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONSTRUCCIÓN**

#### **4.1 GENERALIDADES**

La construcción de la máquina sembradora de zanahoria se la debe llevar a cabo en un taller mecánico industrial donde existan todos los equipos necesarios para su desarrollo de cada uno de los elementos que la conforman.

##### **4.1.1 DEFINICIÓN**

La palabra “construir” resulta ser muy frecuente dado que a partir de ella se designa la acción de edificar una obra determinada. (Soto P., 2003, p. 50).

“En los campos de ingeniería, la construcción es el arte o técnica de fabricar infraestructuras, a todo aquello que exige, antes de hacerse, disponer de un proyecto y una planificación predeterminada” (Barreto, 2006, p.87).

#### **4.2 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN**

##### **Construcción de la máquina sembradora de zanahoria**

Se requiere determinar:

- Máquinas y equipos
- Herramientas
- Instrumentos de medición y verificación
- Elementos de seguridad
- Elementos a construir

#### **4.2.1 MÁQUINAS Y EQUIPOS**

- Dobladora
- Cizalla
- Esmeril
- Fresadora
- Soldadora eléctrica
- Equipo de pintura
- Prensa de banco
- Moladora

#### **4.2.2 HERRAMIENTAS**

- Brocas
- Escuadras
- Limas
- Martillo
- Rayador
- Llaves de boca mixta
- Sierra de arco
- Llaves de tubo
- Discos de corte
- Llave inglesa

#### **4.2.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN**

- Calibrador pie de rey
- Compas
- Flexómetro
- Escuadra

#### **4.2.4 ELEMENTOS DE SEGURIDAD**

- Orejeras
- Guantes
- Gafas para protección al momento de soldar o cortar
- Mascaras para soldar

#### **4.2.5 LISTADO DE ELEMENTOS A CONSTRUIR**

Los elementos a construir son los siguientes:

- Bastidor
- Tolva
- Eje órgano de distribución
- Órgano de distribución
- Abre surcos
- Órgano de tapado
- Dosificador de semilla

### **4.3 PIEZAS A MANUFACTURAR**

Manufactura o fabricación, consiste en la transformación de materia prima en producto manufacturado, producto elaborado o producto terminado.

En la tabla 8 se muestra un listado de piezas que se emplearan para la construcción de la máquina sembradora de zanahoria.

La siguiente tabla muestra los elementos constitutivos de la máquina.

## PLAN DE CONSTRUCCIÓN

**Tabla 11:** Elementos constitutivos de la máquina sembradora de zanahoria

SISTEMA	ELEMENTO	MATERIAL	CANTIDAD	
ESTRUCTURA	Bastidor	Tubo redondo $\Phi$ 31 mm e 1,5 mm l 6m	1	
		Tubo redondo $\Phi$ 12 mm e 1,5 mm l 6m		
		Ángulo estructural 90° ASTM A-36 (30x30x5)		
		Tubo cuadrado ASTM A-500 (30x30x1,5)		
		Varilla cuadrada calibre 10 mm NTC - 422		
		Tornillos hexagonales DIN 933 M10		2
	Tuerca métrica hexagonal DIN 934 M10			
	Tolva	Plancha de acero PL ASTM A-36 (1500x2440x4)	1	
Cubre Tolva	Plancha aluminio AA-1100 H14 (1100x3000x16)	1		
	Bisagra Phillips serie 830			
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	Dosificador	Plancha de acero PL ASTM A-36 1 mm	1	
		Tornillo cabeza redonda combinada DIN 966 M3		
		Tuerca métrica hexagonal DIN 934 Class 8		
	Órgano de Distribución	Barra de acero SAE 1020 $\Phi$ 12 mm	8	
		Punta de acero cabeza plana 2,50 x 50		
		Tubo estructural redondo 3/4 x 1,5 ASTM A123		
		Tornillos cabeza redonda DIN 966 M21		
		Tuercas métrica hexagonal		
		Brochas cerdas sintéticas mango tipo plana 2½ "		4
		Adhesivo nacional cemento de contacto Africano		1
Empaques (caucho natural)	4			
TREN CINEMÁTICO	Rueda de bicicleta 2 x 2,125 ISO 5775	Neumáticos (cubierta) caucho	2	
		Tubos de caucho de butilo (cámara de aire)		
		Llantas (aro metálico, aluminio) tipo Westwood		
		Bujes SHIMANO DURACE	4	
		Radios	72	
		Válvulas	2	
		Ejes de rueda de tornillo 210mm x 9mm		
		Rodamientos de bola 6800 ZZ	5	
		Tuerca con base DIN 6923 M10	2	
		Tuerca hexagonal baja DIN 439-B M8	6	
Tuerca hexagonal de seguridad DIN 980-V	5			

		M10	
		Piñón libre Salt "AM" 19 dientes	2
		Cadena SHIMANO Deore CN-HG53	1
		Contratuerca rosca withworth (a-351/ansi b 16.3)	2
ABRESURCOS		Reja tallada (ASTM A-36)	1
		Tornillo rosca - metal DIN 84 M3.5	
		Arandela plana DIN 9021 M6	
		Tuerca hexagonal DIN 6915 M16	
CUBRIDOR DE SEMILLAS	Rueda Cast Iron Wheels -Double Flanged	Plancha de acero PL ASTM A-36 (1500x2440x6)	1
		Eje de rueda de tornillo 210mm x 9mm	
		Tuerca hexagonal baja DIN 439-B M8	2

Fuente: Autor

#### 4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

Para la construcción de la máquina sembradora de zanahoria se cumplió a cabalidad con el siguiente cronograma que se detalla a continuación:

**Tabla 12:** Cronograma de construcción de la máquina

Actividad /Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Determinación del Marco Teórico	■	■																		
Arquitectura del Sistema			■	■	■															
Diseño Mecánico de la Estructura					■	■	■													
Planos							■													
Piezas a manufacturar y partes a comprar								■	■	■	■	■								
Secuencia de Ensamble											■	■	■	■						
Acoplamientos Mecánicos														■	■					
Pruebas de la Estructura																■	■	■	■	
Modificaciones																				■
Análisis y Resultados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Autor

#### 4.4.1 BASTIDOR



*Figura 52:* Bastidor máquina sembradora de zanahoria

**Fuente:** Autor

El bastidor es la parte que soportará todos los elementos que forman parte de la máquina, está hecho de:

Tubo redondo $\Phi$ 31 mm e 1,5 mm l 6m
Tubo redondo $\Phi$ 12 mm e 1,5 mm l 6m
Angulo estructural de 90° ASTM A-36 (30x30x5)
Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 (30x30x1,5)
Varilla cuadrada calibre 10 mm NTC - 422

Se realizó la soldadura con el electrodo 6011.

#### 4.4.2 TOLVA

La tolva es la parte que contendrá la semilla de zanahoria, está hecha de una plancha de acero PL ASTM A-36 (1500x2440x4).



*Figura 53: Tolva máquina sembradora de zanahoria*

**Fuente:** Autor

Para que no exista salida de semillas o ingreso de impurezas que viajan con el aire, está recubierta por un cubre tolvas hecho de una plancha de aluminio lisa calidad

AA-1100 H14 (1100x3000x16) sujeta a la misma con una Bisagra Phillips serie 830 para facilitar su desplazamiento verticalmente.

#### **4.4.3 DOSIFICADOR**

Es la parte que se encarga de la variación de semilla es decir es regulable según características quiera el agricultor, consta de 4 agujeros de distintos diámetros según necesidad requerida de semillas en el surco.

Está hecho de una plancha de acero PL ASTM A-36 1 mm, sujetado a la superficie de la tolva internamente por un tornillo cabeza redonda combinada DIN 966 M3 y una Tuerca métrica hexagonal DIN 934 Class 8.

#### 4.4.4 ÓRGANO DE DISTRIBUCIÓN

Este elemento consta de un eje que va dentro del sistema del dosificador como podemos ver en la figura 42 y a la misma vez del extremo inferior esta soldado un engranaje de 19 dientes que va hacer de tren cinemático para el movimiento de la máquina.

El eje está construido de una barra de acero SAE 1020  $\Phi$  12 mm con una longitud de 45m que atraviesa la tolva este hace que mediante el avance de la máquina gire en su interior el órgano de distribución.



*Figura 54:* Eje órgano de distribución máquina sembradora de zanahoria

**Fuente:** Autor

##### 4.4.4.1 Constitución órgano de distribución

Se encarga de hacer girar 360 grados la semilla de zanahoria dentro de la tolva para permitir la salida de semilla por el dosificador y ser transportada por el conducto al abresurcos para ser depositada en el interior de la tierra, está formado por un tubo estructural redondo 3/4 x 1,5 ASTM A123 el cual va sujeto al eje, de este se desprenden cuatro aletas construidas de aluminio liso calidad AA-1100 H14 (1100x3000x12) que son los soportes que contendrán en su interior un conjunto de cerdas de brochas sintéticas sujetas con 8 Tornillos cabeza redonda combinada DIN 966 M2 y 8 tuercas métricas hexagonales las mismas que se encargan de mover las semillas para que no se queden en el fondo de la tolva y

así permitir el empuje de las pepas por el orificio de salida en este caso el dosificador.



*Figura 55: Órgano de distribución máquina sembradora de zanahoria*

**Fuente:** Autor

El uso del Adhesivo nacional cemento de contacto Africano para sellar en las ranuras donde existan imperfecciones y los empaques (caucho natural) que se ubican tanto en el interior como exterior de la tolva por donde pasa el eje de distribución para posibilitar que no salgan la semillas o se remuerdan con el movimiento entre el eje y la estructura de la tolva cuando se realiza el movimiento de avance de la máquina ya que internamente giran para su salida.

#### **4.4.5 TREN CINEMÁTICO**

Es la parte más importante ya que se encarga de realizar el movimiento del órgano de distribución respecto al avance de la máquina, constituido por dos

piñones libres Salt "AM" de 19 dientes y una cadena SHIMANO Deore CN-HG53 de 60 eslabones.



*Figura 56:* Tren cinemático máquina sembradora de zanahoria

**Fuente:** Autor

El primer piñón viene soldado a la mitad del buje SHIMANO DURACE trasero y al eje del órgano de distribución, ensamblado con un rodamiento de bola 6800 ZZ y además con su respectiva grasa en los orificios para facilitar disminuir el rozamiento, menos desgaste y mejorar la vida útil de las piezas.

En la parte superior del piñón se soldó un pedazo de varilla rectangular calibre 3 mm en x para evitar si alguna vez se arranque o se desborde la cadena esta no ingrese en medio de la rueda o pueda destruir los radios.



*Figura 57: Tren cinemático y órgano de distribución*

**Fuente:** Autor

En la parte inferior derecha del lado de donde va introducido el eje se tiene el sistema de complemento de avance de la máquina que está constituido por medio de dos ruedas de bicicletas 20 x 2,125 ISO 5775 las que permiten hacer el avance de la maquina según la fuerza necesaria emitida por el operador en este caso la persona que esté realizando la siembra.

Partes de las ruedas de bicicleta:

2	Neumáticos (cubierta) caucho
2	Tubos de caucho de butilo (cámara de aire)
2	Llantas (aro metálico, aleación de aluminio ) tipo Westwood
72	Radios
2	Válvulas



*Figura 58:* Ruedas máquina sembradora de zanahoria

**Fuente:** Autor

Para complementar la sujeción de las ruedas se utilizó dos ejes de rueda de tornillo 210 mm x 9 mm uno para cada lado pero en el que se encuentra la cadena se implementó lo siguiente:

Se soldó el eje de rueda de tornillo de un extremo a la superficie interna del bastidor con una contratuerca rosca withworth (A-351/ANSI B 16.3) 3/4" que hace de tuerca auxiliar que se superpone a otra para evitar que esta se afloje o ceda debido a las vibraciones y una tuerca hexagonal de seguridad todo metal DIN 980-V M10, se utilizó la mitad restante del buje SHIMANO DURACE ( trasero) para soldarlo al segundo piñón libre Salt "AM" 19 dientes y a eso aumentarle un buje más para que exista espacio necesario entre la rueda y el eje de distribución o sino habría problemas de movimiento, al espacio añadido se adjuntó la rueda de bicicleta 20 x 2,125 con sus respectivos rodamientos de bola 6800 ZZ y la grasa necesaria para su lubricación.

Para dar por terminado la sujeción del otro extremo restante se utilizó una tuerca hexagonal de seguridad todo metal DIN 980-V M10 para que quede fija la rueda a la canasta, la tuerca hexagonal baja DIN 439-B M8 para que exista mayor apriete entre el sistema interno y el bastidor en este caso conformado por la estructura ángulo de 90.

Para finalizar al otro lado de la estructura se utilizó una tuerca con base DIN 6923 M10 la que permite que quede fija la sujeción de todos los elementos incluidos.



*Figura 59: Bujes Shimano Durace*

**Fuente:** Autor

De igual manera se realizó en la parte izquierda de la máquina con la única diferencia de que en este caso ya no va la cadena con el piñón sino los elementos anteriormente mencionados pero con el buje SHIMANO DURACE (delantero), no se necesita generar algún esfuerzo sino que sirve para que la máquina se la pueda transportar de un lugar a otro sin ninguna dificultad.

#### **4.4.6 ABRESURCOS**

Es la parte con la que se realiza el rayado en el surco para depositar las semillas que viajan desde la tolva por medio del conducto hacia la superficie.

Es una reja talla de acero ASTM A-36 en forma de bota, en la parte superior tiene una abertura para delimitar a que altura o profundidad elija el agricultor que

vaya la semilla o en este caso el rayado y en su parte inferior esta reforzada por la parte interna para romper la tierra y abrir el surco.

Cuando la punta de la reja se desgasta de tanto arar, se la aviva en la fragua, si su deterioro es tan exagerado que se queda corta se suplementa con un trozo de hierro y se da la forma requerida.

La reja se desgasta más o menos en razón del tiempo que are, sino según el tipo de tierra.

Esta va sujeta al conducto de salida por medio de un Tornillo rosca - metal DIN 84 M3.5 y del otro extremo por una Arandela plana DIN 9021 M6 y una Tuerca hexagonal DIN 6915 M16 para que exista mayor apriete.



*Figura 60: Abresurcos*

**Fuente:** Autor

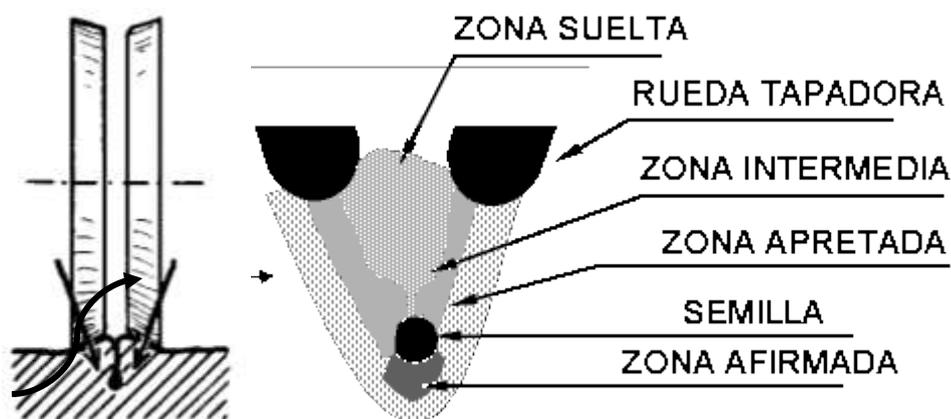
#### **4.4.7 ELEMENTO PARA EL CUBRIMIENTO DE SEMILLAS**

Este elemento es el que recubre la semilla una vez depositada en el interior de la tierra se la diseño en forma circular porque dependiendo del avance de la maquina esta también gire trescientos sesenta grados permitiendo así recubrir las semillas sin ningún problema, consta de dos pestañas para mejorar su rendimiento y que no existan problemas en suelos pesados y fuertes.

Esta rueda deja la zona central sin compactar para facilitar la nascencia, en suelos ligeros, sin piedras ni terrones, la rueda trasera puede ser estrecha y rodar por el surco.

Un “cubridor” ideal debe cubrir la semilla, presionar el suelo para facilitar el movimiento del agua y al mismo tiempo conservar el suelo lo suficiente suelto para que no se formen costras, como podemos observar en el siguiente gráfico.

Gráfico 9: Representación esquemática del trabajo de la rueda tapadora de semillas



**Fuente:** Maquinaria de Producción Agrícola, Pedro España Martínez, (2008)

Esta va sujeta al bastidor por medio de un eje de rueda de tornillo 210mm x 9mm y con sus respectivas tuercas hexagonales bajas DIN 439-B M8 a cada lado como se puede ilustrar a continuación.



*Figura 61: Rueda tapadora de semillas*

**Fuente:** Autor

#### **4.5 PIEZAS Y PARTES A COMPRAR**

Las piezas y partes a comprar se detallan a continuación:

**Tabla 13:** *Piezas y partes a comprar máquina sembradora zanahoria*

PIEZAS y PARTES	MATERIAL / MODELO
1	Tubo redondo $\Phi$ 31 mm e 1,5 mm l 6m
1	Tubo redondo $\Phi$ 12 mm e 1,5 mm l 6m
1	Ángulo estructural de 90° ASTM A-36 (30x30x5)
1	Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 (30x30x1,5)
1	Varilla cuadrada calibre 10 mm NTC - 422
2	Tornillos hexagonales DIN 933 M10
2	Tuerca Métrica hexagonal DIN 934 M10
1	Plancha de acero PL ASTM A-36 (1500x2440x4)
1	Plancha de aluminio lisa calidad AA-1100 H14 (1100x3000x16) Bisagra Phillips serie 830
1	Plancha de acero PL ASTM A-36 1 mm Tornillo cabeza redonda combinada DIN 966 M3 Tuerca métrica hexagonal DIN 934 Class 8
1	Barra de acero SAE 1020 $\Phi$ 12 mm

	Punta de acero cabeza plana 2,50 x 50
1	Tubo estructural redondo 3/4 x 1,5 ASTM A123
1	Plancha de aluminio lisa calidad AA-1100 H14 (1100x3000x12)
8	Tornillos cabeza redonda combinada DIN 966 M2
8	Tuercas métrica hexagonal
4	Brochas con cerdas sintéticas mango de madera tipo plana 2½ "
1	Adhesivo nacional cemento de contacto Africano
2	Empaques (caucho natural)
2	Neumáticos (cubierta) caucho
2	Tubos de caucho de butilo (cámara de aire)
2	Llantas (aro metálico, aleación de aluminio ) tipo Westwood
4	Bujes SHIMANO DURACE (un delantero y tres traseros)
72	Radios
2	Válvulas
3	Ejes de rueda de tornillo 210mm x 9mm
5	Rodamientos de bola 6800 ZZ
2	Tuerca con base DIN 6923 M10
8	Tuerca hexagonal baja DIN 439-B M8
5	Tuerca hexagonal de seguridad todo metal DIN 980-V M10
2	Piñón libre Salt "AM" 19 dientes
1	Cadena SHIMANO Deore CN-HG53
2	Contratuerca rosca Withworth (a-351/ansi b 16.3) 3/4" 304
1	Reja tallada
1	Tornillo rosaca - metal DIN 84 M3.5
1	Arandela plana DIN 9021 M6
1	Tuerca hexagonal DIN 6915 M16
1	Plancha de acero PL ASTM A-36 (1500x2440x6)

**Fuente:** Autor

#### 4.6 SECUENCIA DE ENSAMBLE

En la secuencia de ensamble de la máquina sembradora de zanahoria se desarrollaran las siguientes operaciones mecánicas.

**Tabla 14:** Operaciones Ejecutadas en el Ensamblaje

SISTEMA	ELEMENTO	OPERACIONES	TIEMPO
ESTRUCTURA	Bastidor	Cortado	1,5
		Soldado	1,5

		Limado	0,5
		Taladrado	0,25
		Doblado	0,25
		Atornillado	0,25
	Tolva	Cortado	0,5
		Limado	0,3
		Soldado	0,4
		Taladrado	0,2
	Cubre Tolva	Dibujado	1
		Cortado	1
		Doblado	0,5
		Atornillado	0,25
	<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b>	Dosificador	Dibujado
Cortado			0,3
Taladrado			0,3
Atornillado			0,3
Eje Dosificador		Cortado	0,2
		Torneado	0,45
		Soldado	0,25
		Taladrado	0,15
Distribución		Cortado	0,2
		Dibujado	0,15
		Taladrado	0,25
		Atornillado	0,25
		Pegado (adhesivo)	0,4
<b>TREN CINEMÁTICO</b>	Ruedas de Bicicleta	Montaje	2,5
	Piñones	Limpieza	0,25
		Lubricación	0,15
	Cadena	Limpieza	0,3
		Montaje	1
		Lubricación	0,15
	Extras	Soldado	1
		Empernado	0,5
Montaje		0,5	
<b>ABRESURCOS</b>	Modelado	15	
	Tallado	20	
	Taladrado	0,3	
	Empernado	0,15	
<b>TAPADOR DE SEMILLAS</b>	Modelado	10	
	Dibujado	6	
	Cortado	3	

	Taladrado	1
	Empernado	0,4
<b>TOTAL</b>		<b>73,6</b>

Fuente: Autor

## CAPÍTULO V

### IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y ANÁLISIS

#### 5.1 MONTAJE DEL SISTEMA

Una vez que se encuentran las piezas diseñadas, construidas y seleccionadas las diferentes partes constitutivas de la máquina sembradora de zanahoria vamos a realizar los diferentes montajes de los sistemas que la conforman.

**Tabla 15:** *Montaje del mecanismo de ingreso de semilla*

<b>MONTAJE DEL MECANISMO DE INGRESO DE SEMILLA</b>	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M1
Montaje de la tolva sobre el bastidor	M2
Montaje cubre tolva sobre la tolva	M3
Sujeción de la bisagra	M4

Fuente: Autor

### 5.1.1 MONTAJE DEL MECANISMO DE SALIDA DE SEMILLA

**Tabla 16:** *Montaje del mecanismo de salida de semilla*

<b>MONTAJE DE MECANISMO DE SALIDA DE SEMILLA</b>	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M5
Montaje del dosificador	M6
Montaje del sistema de distribución	M7
Montaje tren cinemático	M8
Ajuste de pernos	M9

Fuente: Autor

### 5.1.2 MONTAJE DEL MECANISMO DE RAYADO

**Tabla 17:** *Montaje del mecanismo de rayado*

<b>MONTAJE DEL MECANISMO DE RAYADO</b>	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M10
Montaje conducto de salida de la semilla	M11
Montaje de la reja talla	M12
Reajuste de pernos	M13

Fuente: Autor

### 5.1.3 MONTAJE DE TAPADO DE SEMILLA

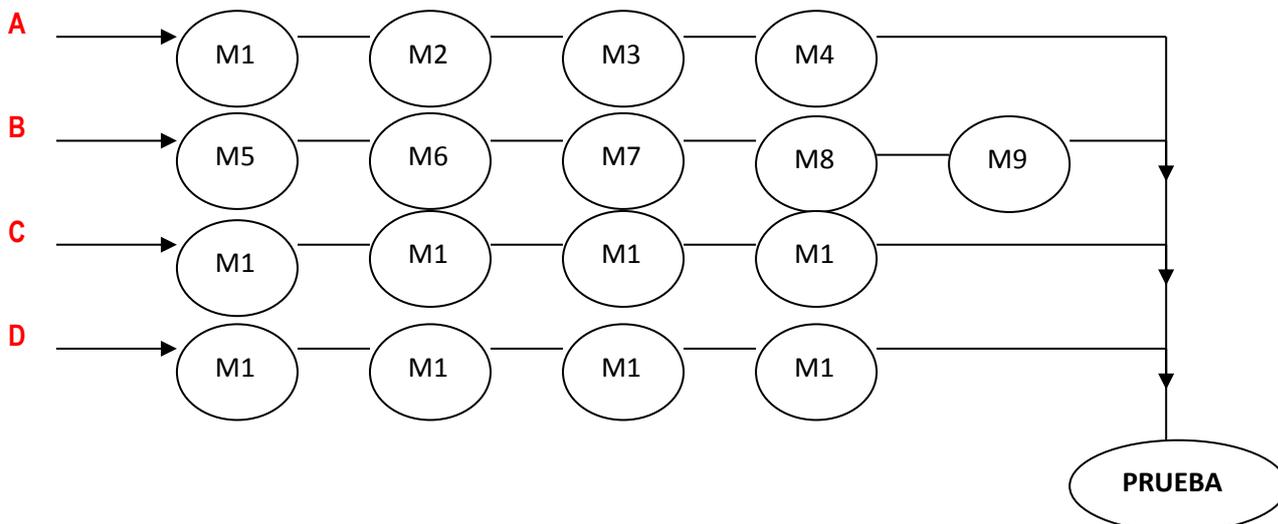
**Tabla 18:** *Montaje de tapado de semilla*

<b>MONTAJE DE TAPADO DE SEMILLA</b>	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M14
Montaje ejes sujetadores	M15

Montaje paletas tapadoras	M16
Ajuste de pernos	M17

Fuente: Autor

#### 5.1.4 Cursograma del montaje máquina sembradora de zanahoria



## 5.2 PRUEBAS

En este apartado se consideran las pruebas que deben realizarse para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina sembradora de zanahoria una vez construida, las mismas que certificarán que la máquina opera en óptimas condiciones, en el anexo 7 están las tablas No. 15,16, 17, 18 para ser llenadas correspondientemente por el operador de la máquina sembradora de zanahoria.

Las pruebas que se realizarán son las siguientes:

### 5.2.1 VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

Verificar las dimensiones principales en la sembradora de zanahoria construida para comparar con las dimensiones de la sembradora diseñada.

**Tabla 19:** Verificación de las dimensiones principales

DIMENSIONES PRINCIPALES				
Dimensión	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			SI	NO
Largo Total (mm)			SI	
Ancho Total (mm)			SI	

Peso Total (g)			SI	
----------------	--	--	----	--

**Fuente:** Propia  
**Elaborado:** Autor

### 5.2.2 VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

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

**Tabla 20:** Verificación de los componentes principales

VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES			
Elemento	Funcionamiento		
	Bueno	Regular	Malo
Eje dosificador			
Lubricación rodamientos			
Tensión de la cadena			
Tren cinemático			

**Fuente:** Propia  
**Elaborado:** Autor

### 5.2.3 TRABAJO EN VACÍO DE LA SEMBRADORA DE ZANAHORIA

Se verifica el normal funcionamiento de la sembradora de zanahoria sin ninguna carga es decir sin semillas.

**Tabla 21:** Trabajo en vacío de la sembradora de zanahoria

SISTEMA / ELEMENTO																
Tiempo (min)	Bastidor		Tolva		Cubre Tolva		Dosificador		Órgano de Distribución		Tren Cinemático		Abresurcos		Cubridor de Semillas	
	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla
5		x		x		x		x		x		x		x		x
10		x		x		x		x		x		x		x		x
15		x		x		x		x		x		x		x		x
20		x		x		x		x		x		x		x		x

**Fuente:** Autor

### 5.2.4 TRABAJO CON CARGA DE LA SEMBRADORA DE ZANAHORIA

En esta prueba se verifica la capacidad y calidad de la siembra de la máquina.

**Tabla 22:** Trabajo con carga de la sembradora de zanahoria

NÚMERO DE SEMILLAS POR METRO (m)	DIÁMETRO DE LOS ORIFICIOS ( $\phi$ )			
	Orificio 1 (2mm)	Orificio 2 (4 mm)	Orificio 3 (6 mm)	Orificio 4 (14 mm)
1	58	124	189	450
2	121	256	386	906
3	184	386	572	1354
4	238	504	765	1809
5	294	627	954	2296

Fuente: Autor

### 5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Aquí se analiza cuáles son los inconvenientes encontrados cuando se realizó el trabajo en vacío y trabajo con carga de la sembradora de zanahoria.

Cuando se realizó el trabajo en vacío de la sembradora de zanahoria se analizaron las diferentes partes por las cuales está constituida como es el caso de la tolva aquí no existieron problemas porque el límite de diseño era de almacenar en su interior la cantidad de 1,5 kg y esta supera dicho parámetro, en el caso del bastidor como las fuerzas ejercidas no superan la resistencia del material el rozamiento existente entre el abresuros y la tierra es sumamente inferior lo que permite el desempeño óptimo.

En el caso del tren cinemático en un principio no se podía hacer el avance de la máquina porque la parte que conforman las llantas con el bastidor estaban sumamente ajustadas, se realizaba el movimiento de la máquina y esta cuando se encontraba en terrenos con dificultades como terrones o restos de malezas tendía a mover a todo el conjunto por lo que se volvió a reajustar las llantas dejando un juego de movimiento entre ellas si la una fallaba la vibración que esta genera solo se queda en la parte que se produce así no afectando al resto del sistema, de igual manera el órgano de distribución trabaja sin alteraciones alguna ya que se encuentra bien sujeto a la cadena accediendo rotar circularmente con el peso de la semilla, como el sistema es directamente proporcional a la máquina si esta se mueve la semilla sale al exterior.

El cubridor de semilla en un principio era un neumático pero resulto muy pesado haciendo que los surcos queden borrados, no se identificaba dónde estaba la semilla y no permitía el paso del agua para que estas germinen, el cambio fue lo siguiente realizarlo en forma circular pero con un espesor de 6 mm entonces realizaba el tapado pero mantenía la forma inicial del surco.

Y por último para que no existan problemas a futuro se debe realizar el mantenimiento preventivo que consiste en engrasar todas las partes donde están los ejes y la cadena, verificar si el desgaste de las cerdas del órgano de distribución se encuentra en perfectas condiciones o sino realizar su cambio porque por estas pueden ya no empujar la suficiente semilla.

## 5.4 COSTOS

El estudio financiero es necesario para establecer la rentabilidad del proyecto, el análisis económico se lo realiza en base a diversos factores que influyen en el costo total del proyecto.

Según (Himmelblau D., 1940, pág. 48). El costo de un producto o servicio es el valor de los recursos económicos utilizados para su producción.

### 5.4.1 COSTOS DE MATERIALES

#### 5.4.1.1 Estructura de la máquina

**Tabla 23:** Costo del material para la estructura de la máquina

Concepto	Cantidad	Costo/u (USD)	Costo total (USD)
Tubo redondo $\Phi$ 31 mm e 1,5 mm l 6m	1	12,50	12,50
Tubo redondo $\Phi$ 12 mm e 1,5 mm l 6m	1	8,30	8,30
Angulo estructural de 90° ASTM A-36 (30x30x5)	1	9,40	9,40

Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 (30x30x1,5)	1	9,80	9,80
Varilla cuadrada calibre 10 mm NTC - 422	1	6,20	6,20
Tornillos hexagonales DIN 933 M10	2	0,40	0,80
Tuerca Métrica hexagonal DIN 934 M10	2	0,20	0,40
Plancha de acero PL ASTM A-36 (1500x2440x4)	1	85	85
Plancha de aluminio lisa calidad AA-1100 H14 (1100x3000x16)	1	30	30
Bisagra Phillips serie 830	1	0,60	0,60
<b>Subtotal</b>			<b>163</b>

Fuente: Autor

#### 5.4.1.2 Sistema de distribución

**Tabla 24:** Costo del material para el sistema de distribución

Concepto	Cantidad	Costo/u (USD)	Costo total (USD)
Plancha de acero PL ASTM A-36 1 mm	1	60	60
Tornillo cabeza redonda combinada DIN 966 M3	1	0,12	0,12
Tuerca métrica hexagonal DIN 934 Class 8	1	0,08	0,08
Barra de acero SAE 1020 $\Phi$ 12 mm	1	12	12
Punta de acero cabeza plana 2,50 x 50	1	0,06	0,06
Tubo estructural redondo 3/4 x 1,5 ASTM A123	1	13	13
Tornillos cabeza redonda combinada DIN 966 M2	8	0,12	0,96
Tuercas métrica hexagonal	8	0,08	0,64
Brochas con cerdas sintéticas mango de madera tipo plana 2½ "	4	2,20	8,80
Adhesivo nacional cemento de contacto Africano	1	1,50	1,50
empaques (caucho natural)	4	0,25	1
<b>Subtotal</b>			<b>98,16</b>

Fuente: Autor

#### 5.4.1.3 Tren cinemático

**Tabla 25:** Costo del material para el tren cinemático

Concepto	Cantidad	Costo/u	Costo total
----------	----------	---------	-------------

		(USD)	(USD)
Neumáticos (cubierta) caucho	2	22	44
Tubos de caucho de butilo (cámara de aire)	2	5,50	11
Llantas (aro metálico, aleación de aluminio ) tipo Westwood	2	12	24
Bujes SHIMANO DURACE (un delantero y tres traseros)	4	18,50	74
Radios	72	0,30	21,60
Válvulas	2	1	2
Ejes de rueda de tornillo 210mm x 9mm	2	7	14
Rodamientos de bola 6800 ZZ	5	3,50	17,50
Tuerca con base DIN 6923 M10	2	0,40	0,80
Tuerca hexagonal baja DIN 439-B M8	6	0,40	2,40
Tuerca hexagonal de seguridad todo metal DIN 980-V M10	5	0,40	2
Piñón libre Salt "AM" 19 dientes	2	5,60	11,20
Cadena SHIMANO Decore CN-HG53	1	32,80	32,80
Contratuerca rosca withworth (a-351/ansi b 16.3) 3/4" 304	2	0,65	1,30
		<b>Subtotal</b>	<b>258,60</b>

Fuente: Autor

#### 5.4.1.4 Abresurcos

**Tabla 26:** Costo del material para abresurcos

Concepto	Cantidad	Costo/u (USD)	Costo total (USD)
Reja tallada	1	13	13
Tornillo rosca - metal DIN 84 M3.5	1	0,12	0,12
Arandela plana DIN 9021 M6	1	0,12	0,12
Tuerca hexagonal DIN 6915 M16	1	0,12	0,12
		<b>Subtotal</b>	<b>13,36</b>

Fuente: Autor

#### 5.4.1.5 Tapador de semillas

**Tabla 27:** Costo del material para tapador de semillas

Concepto	Cantidad	Costo/u (USD)	Costo total (USD)
Plancha de acero PL ASTM A-36 (1500x2440x6)	1	89	89
Eje de rueda de tornillo 210mm x 9mm	1	7	7
Tuerca hexagonal baja DIN 439-B M8	2	0,12	0,24
		<b>Subtotal</b>	<b>96,24</b>

Fuente: Autor

#### 5.4.1.6 Materiales adicionales

**Tabla 28:** Costo de materiales adicionales

Concepto	Cantidad	Costo/u (USD)	Costo total (USD)
Disco corte	1	2,10	2,10
Electrodos 6011 3/32"	25	0,45	11,25
Juego de brocas	1	5,60	5,60
Pintura	1	2,80	2,80
Thinner	1	1	1
Guantes	1	1,30	1,30
Lima triangular	1	1	1
Juego llaves boca mixta	1	7,80	7,80
Llave inglesa 10"	1	3	3
Desarmador estrella PH2x1-1/2"	1	1,75	1,75
		<b>Subtotal</b>	<b>37,60</b>

Fuente: Autor

#### 5.4.2 COSTO DE FABRICACIÓN

Aquí se detallan las horas empleadas para la construcción de la máquina como podemos ver en la tabla 13 del capítulo 4.

Total horas	Costo/u (USD)	Costo total (USD)
74	5,5	407

##### 5.4.2.1 Costo total de fabricación

**Tabla 29:** Costo total de fabricación

Sistema	Costo total
Estructura máquina	163
Sistema de distribución	98,16
Tren cinemático	258,60
Abresurcos	13,36
Tapador de semillas	96,24
Total horas (construcción)	407
Costo de materiales adicionales	37,60
Otros materiales	407

<b>Total</b>	<b>1480,96</b>
--------------	----------------

Fuente: Autor

### 5.4.3 TASA DE DESCUENTO

La tasa de descuento es un coeficiente matemático utilizado para calcular el valor actual de una renta o capital futuros. Este coeficiente es función del tipo de interés y del número de años de descuento.

La tasa de interés establecida por el Banco Nacional de Fomento para proyectos de desarrollo es del 5 % de interés generado al capital propio.

**Tabla 30:** Tasa de descuento

<b>TASA DE DESCUENTO</b>			
DESCRIPCIÓN	VALOR	%	TASA PONDERANTE
INVERSIÓN	1480,96	100	5%

Fuente: Autor

#### Tasa de rendimiento medio

$$\text{TRM} = (1 + \text{TP}) \times (1 + \text{IF}) - 1 \quad (\text{Ecuación 62})$$

Donde:

TD= Tasa de descuento

TP= Tasa Ponderante

IF= Índice de inflación (5,41%)

Reemplazando los valores tenemos lo siguiente:

$$\text{TRM} = (1 + 0,05) \times (1 + 0,0541) - 1$$

$$\text{TRM} = 0,107$$

$$\text{TRM} = 10,7 \%$$

### 5.4.4 VALOR ACTUAL NETO (V.A.N)

También conocido como valor actualizado neto o valor presente neto, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$\text{VAN} = \sum U_n (1 + cp)^{-m} \quad (\text{Ecuación 63})$$

Donde:

VAN = Valor actual neto

$\sum U_n$  = Sumatoria de los saldos de caja para cada periodo

n = Periodo de análisis en años

cp = Costo del capital (10.7%)

m = 1, 2,3, etc. Año de operación

Cabe destacar que este indicador económico establecerá si el proyecto es o no variable si se encuentra dentro de los siguientes criterios.

**Tabla 31:** *Indicador económico para la aceptación del proyecto*

Valor	Significado	Decisión a tomar
VAN > 0	La inversión produciría ganancias	El proyecto puede aceptarse
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas	El proyecto debería rechazarse
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	El proyecto es analizado para aceptarse o rechazarse

**Fuente:** Turrioz del Campo, Javier: Economía aplicada

**Elaboración:** Autor

#### 5.4.5 TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (T.I.R.)

Es la tasa de descuento con la que el valor actual neto (VAN) es igual a cero. La fórmula para el cálculo del TIR es la siguiente:

**Tasa Interna de Rentabilidad**

$$I = \sum U_n (1 + TIR)^{-m} \quad \text{(Ecuación 64)}$$

Donde:

I = Inversión inicial del proyecto

$\sum U_n$  = Sumatoria de los saldos de caja para cada periodo

n = Periodo de análisis en años

TIR = Tasa interna de rentabilidad

m = -1,-2,-3 etc. Año de operación

Los criterios de evaluación son los siguientes:

TIR > costo del capital, se acepta el proyecto.

TIR < costo del capital, se rechaza el proyecto.

#### 5.4.6 RELACIÓN BENEFICIO COSTO

Podemos estimar el impacto financiero acumulado por cada dólar invertido en el proyecto.

La fórmula para calcular la relación beneficio costo es la siguiente:

##### Relación Beneficio Costo

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\sum \text{Ingresos} / (1+i)^n}{\sum \text{Costos} / (1+i)^n} \quad \text{(Ecuación 65)}$$

Donde:

i = Tasa de descuento

n = Año de operación

En la siguiente tabla 32 se presentan los resultados de los indicadores anteriormente mencionados.



**Tabla 32: Indicadores económicos costos**

**EVALUACIÓN FINANCIERA**

**INDICADORES FINANCIEROS**

**FLUJO NETO DE EFECTIVO**

Mes de operación	Ingresos totales*	Inversiones para el proyecto				Valor de Rescate		Flujo Neto de Efectivo
		Egresos totales	Fija	Diferida	Cap de trab.	Valor Residual	Recup. De cap. De Trab.	
0								-1,500.00
1	120.00	22.00	1,480.96	300.00	1,500.00			98.00
2	180.00	33.00						147.00
3	100.00	22.00						78.00
4	200.00	36.00						164.00
5	150.00	22.00						128.00
6	130.00	22.00						108.00
7	130.00	22.00						108.00
8	90.00	18.00						72.00
9	230.00	44.00						186.00
10	70.00	11.00						59.00
11	160.00	25.00						135.00
12	190.00	28.00				115.28	1,445	162.00

**CALCULO DEL VAN, R B/C Y TIR CON UNA TASA DE DESCUENTO DEL 10,7%**

Mes de operación	Costos totales (\$)	Beneficios totales (\$)	Factor de actualización 10.7%	Costos actualizados (\$)	Beneficios actualizados (\$)	Flujo neto de efectivo act. (\$)
0	0		1.000	0.00	0.00	0.00
1	22.00	120.00	0.500	11.00	60.00	49.00
2	33.00	180.00	0.444	14.67	80.00	65.33
3	22.00	100.00	0.332	7.30	33.18	25.88
4	36.00	200.00	0.318	11.44	63.57	52.13
5	22.00	150.00	0.252	5.53	37.74	32.20
6	22.00	130.00	0.260	5.72	33.82	28.10
7	22.00	130.00	0.198	4.36	25.76	21.40
8	18.00	90.00	0.235	4.24	21.19	16.95
9	44.00	230.00	0.149	6.56	34.30	27.74
10	11.00	70.00	0.249	2.74	17.43	14.69
11	25.00	160.00	0.087	2.17	13.86	11.69
12	28.00	190.00	0.369	10.33	70.13	59.79
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>1,750</b>		<b>86.07</b>	<b>490.98</b>	<b>404.91</b>

Los indicadores financieros que arroja el proyecto son:

<b>VAN=</b>	<b>404.91</b>	<b>Se acepta</b>
<b>TIR =</b>	<b>23.58%</b>	<b>Se acepta</b>
<b>B/C =</b>	<b>5.70</b>	<b>Se acepta</b>

Fuente: Autor

## 5.5 NORMAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO

Para el desarrollo del proyecto se utilizó las siguientes normas:

Norma NMX-FF-024-1982, para productos alimenticios no industrializados para uso humano.

Norma CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas), clasificación de aceros de construcción general.

Norma ASTM (American Society for Testing and Materials), determina la aplicación no la composición para los aceros estructurales.

Norma AISI (Society Iron and Steel Institute), utiliza un esquema general para realizar las especificaciones de los aceros.

Norma SAE (Society of Automotive Engineers), clasificación de los aceros en un alto contenido de carbono.

Norma ISO (International Organization for Standardization), aseguramiento de la calidad en el diseño, producción, instalación y servicio.

Norma DIN (Deutsches Institut für Normung), normas de formatos, tipos de líneas, rotulación, características de elementos y equipos mecánicos.

Norma ANSI (American National Standards Institute), estandarización de productos, servicios y procesos.

Norma AWS (American Welding Society), procesos de corte, soldadura fuerte, revestimiento y roceado térmico.

Norma APA (American Psychological Association), guía para realizar trabajos escritos y documentos de investigación.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

- Mediante un estudio de campo que se llevó a cabo durante un año se pudo determinar los métodos existentes de siembra de zanahoria más comunes que son al boleado, una estaca de mano y sembradoras de precisión. En estos procesos el valor económico son muy altos porque intervienen alimentación a los trabajadores (desayuno, almuerzo), transporte de los mismos y pago de mano de obra.
- La máquina sembradora de zanahoria tiene un rendimiento del 200 % porque fue diseñada y construida para sembrar 1.5 kg (3,3 libras de semilla) en dos horas y cuarenta minutos por esta razón duplica la extensión de terreno en el mismo tiempo y con tan solo una persona quien la manipule gracias a los parámetros de diseño que fueron tomados en cuenta como son que no debía de existir consumo de energía a combustión, fácil mantenimiento y operación.
- Para el diseño de la máquina sembradora se basó en todas las normas ISO 4254 las que manifiestan los materiales a utilizarse para su construcción, de igual manera utilizando el software Autodesk Inventor Professional 2014 con las herramientas análisis de tensión y de estructura se analizó las piezas que contienen partes críticas como son en el caso del eje dosificador con un factor de seguridad máximo de 5,34; en el caso del abresurcos mediante el criterio de diseño de Goodman se obtuvo un factor de seguridad de 14,71; brazos de empuje de la máquina obteniéndose un desplazamiento que sufrirá un máximo de 0,02043 mm y un mínimo de 0 mm mediante cálculo realizado por la Tensión de Von Mises, para el bastidor un factor de seguridad de 8,13 mediante el criterio de diseño de Goodman sobreentendiéndose que cuenta con un alto grado de confiabilidad y el factor de resistencia de la soldadura

máximo es 8,45 mediante la utilización del electrodo E6011 por lo que es resistente para esta aplicación.

- En la construcción se debe tomar en cuenta el diámetro 11,5 mm del eje del dosificador para la selección de los rodamientos que van en el interior de la tolva porque van sujetos y engrasados para su durabilidad, otro factor que hay que tomar en cuenta es en la construcción del abresurcos en la parte de la inclinación de la reja que es de 183,5° y 1,9 mm de diámetro porque es la esencia del rayado, si fuera con un diámetro mayor borraría el surco y se acumularían sobras de malezas de los terrenos ya que a la velocidad de avance chocarían y se irían acumulando una sobre otra impidiendo un desempeño óptimo de la máquina, claro no suele pasar siempre sino que depende de la superficie donde se esté trabajando. La máquina puede ser usada no solo para sembrar zanahoria sino también para semillas que estén dentro de los límites establecidos de los diámetros del dosificador estos pueden ser, col, rábano, remolacha, lechuga etc.
- En las pruebas de verificación y calibración apareció cierto inconveniente como es el siguiente: si los neumáticos están sumamente ajustados al bastidor el sistema se hace uno solo, cuando se encuentre en condiciones no favorables para la siembra el hecho de que una rueda choque con impurezas la reacción que se produce es que salta la máquina impidiendo un rayado continuo, por lo que en las pruebas de ensayo dio mejor resultado que exista un juego entre eje – neumático así se obvia el inconveniente.

### **Recomendaciones**

- Para una óptima germinación de la semilla de zanahoria influyen diferentes factores como son, la superficie del suelo, preparación de nutrientes orgánicos e inorgánicos, cabe destacar la velocidad con la que el operador realiza la siembra, el diámetro de selección de salida de semilla, estos son factores de los cuales depende su germinación.

- Se recomienda calibrar el dosificador según a la cantidad de salida de semilla que se requiera por el agricultor ya que es un sistema arbitrario es decir esto depende del propietario, si es para la comercialización o para alimentación ganadera.
- Verificar que todo el sistema de distribución este acoplado al eje para que pueda girar cuando se realiza el avance de la máquina (tren cinemático). Al momento de poner la máquina en funcionamiento es aconsejable revisar todos los componentes para verificar que se encuentren funcionando de manera óptima, lo que quiere decir rodamientos lubricados, estructura bien acoplada y sujeta, cadena templada, etc.
- Según las horas de operación de la máquina, cambiar las cerdas sintéticas (brochas) porque existen desgastes ocasionados por el rozamiento de la semilla y el material de la tolva.

## Bibliografía

- **Libros.**

- Faires, M. (2003). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Limusa.
- Parker. (2000). *Neumática Industrial*. (4ta ed.). México.
- MC Cormac, Jack. (2005). *Análisis de Estructuras*. (3ra ed.). México: Prentice Hall.
- Terradonis, *Sembradoras de Precisión*. ICS. La Jarrie – Francia.
- Ismith, William; F. & Hashemi; Javad. (2006). *Fundamentos de La Ciencia e Ingeniería de Materiales*. (3ra ed).
- Riley, William F. (1996) *Ingeniería Mecánica Estática*.
- Robert L. Norton. (1999). *Diseño de Máquina*.
- Juan Marin, *Diseño de Máquinas*.
- Fitzgerald, M. (2007) *Mecánica De Materiales*. Edición Revisada.
- Caplab, (2001). *Manual de Soldadura Universal*. (2da ed).
- Mir, Zinoviev, V. (2003); *Teoría de los Mecanismos*. (1era ed).
- Shigley, C.R. Mische. (2002). “*Diseño en ingeniería mecánica*”. McGraw-Hill. México.
- Hibbeler, R. (2003). “*Mecánica para ingenieros, Estática*”. CECSA. México.
- Gili, Gustavo, *Maquinas Herramientas 1: Rectificado*. Gustavo Gili.
- Hibbeler, R.C. (2010). *Ingeniería Mecánica Estática*. Pearson Education.
- Hibbeler, C; Rusell. (2010). *Ingeniería Mecánica Dinámica*. Pearson Education.
- Wolf, John; T, & Beer, Ferdinand; P, Johnston, Jr; E, Rusell. (2010). *Mecánica de Materiales*. McGraw-Hill.
- Goodno, Barry; & Gere, James; M. (2009). *Mecánica de Materiales*. Cengage Learning.
- Millan, Gomez; Simon. (2006). *Procedimientos de Mecanizado*. Thomson.
- Helsel, Jay; D, Short, & Jensen, Dennis; Cecil. (2004). *Dibujo y Diseño en Ingeniería*. N McGraw-Hill.
- Hashemi, Smith; Javad, William. (2006). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. McGraw-Hill.
- Askeland, Donald; R. (2001). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Thompson.
- Krar, Steve; F., & Gill, Arthur. (2009). *Tecnología de las Maquinas Herramientas*. Alfaomega.
- Bawa, H; S., (2004). *Procesos de Manufactura*. Reprolndia.
- Skf Textilmaschinen Komponenten GmbH., (2007). *Agenda SKF Hilas*. Gestion.
- Messer, Griesheim, *Aleaciones Especiales para la Soldadura de Mantenimiento y de*

*Reparaciones. GMBH.*

Vereingte, Edelstahlwerke, *Manual del Soldador*. Bahler.

Ares, José; Antonio., (2007). *El Metal: Técnicas de Conformado, Forjado y Soldadura*.

Parraman.

Giesecke, Frederick; Mitchel, Alba., (1992). *Dibujo Técnico*. Limusa.

López, Vicente; José, Manuel., (1987). *Mecánica de Taller: Soldaduras, Uniones y Caldería*. Cultural.

Pereyra, José; C, *Cultivo y Comercialización de Hortalizas*. S.E.

Gazzaniga, Luigi. (1982). *Roscas y Tornillos*. Dossat.

Vargas, Juan; Carlos, *manual del Automóvil: Manual Básico de Mecánica par Ingenieros*. S.E.

Apilluela, José; M. (2000). *Dibujo Industrial: Conjuntos y Despieces*. Paraninfo.

Gualiev, A.P.( 1990). *Metalografía*. Pueblo y Educación.

Pero, J; A, & Sanz, Elorz; J.( 1988). *Materiales Metálicos*. Dossat.

Martínez, Francisco; Pérez. (1985). *Teoría y Tecnología del Tratamiento Térmico*. Pueblo y Educación.

Galvete, José; R. (1979). *Corrosión Monografía Nro. 21*. O.E.A.

Lajtin, Yum. (1973). *Metalografía y Tratamiento Térmico de los Metales*. Pueblo y Educación.

- **Artículos.**

Gáinza, Jose; Pérez De Ciriza, Jesús. (2003). *La Sembradora de*

*Chorrillo*.Nickerson.Pamplona- Huesca, Km.1231470 ELORZ (Navarra).

Lobo. (2010). *Sembradoras Principios y Características*.

Hilling. (2008). *Sembradoras*.

Baker, Jhon; C, *Modelos de Sembradoras y de Sembradoras de Precisión para Labranza cero – Maquinas para Trabajo en gran Escala*.

Electrodos Infra. (2010). *Manual de Electrodo para Soldar*.AnsiRab.

- **Internet.**

Obraweb.(2005).*Sembarodoras de precisión industriales*.

Recuperado:[http://www.obraweb.com/browse\\_items.aspx?ctl\\_id=1&cat\\_](http://www.obraweb.com/browse_items.aspx?ctl_id=1&cat_)

stitle=lamigal&productlevel=1&levelone=0&cat\_parent\_id=6410.

Scribd.(2009). *Transmisiones*. Recuperado: <http://www.scribd.com/doc/25882475/TRANSMISION-MECANICA>.

Infoagro.(2011). Recuperado: <http://www.infoagro.com/hortalizas/zanahoria.htm>.

Terradonis. Recuperado: <http://www.terradonis.com/es-sembradoras-hortícolas-semillas-pequeñas.php?lg=es>.

Ejes. Recuperado: <http://www.all.biz/es/buy/goods/?group=1042823>.

Globalfarms.(2004). *Maquinaria para trabajos*. Recuperado:

<http://www.armstrongchile.cl/products/view/16>.

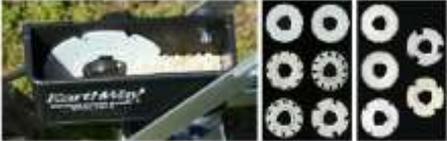
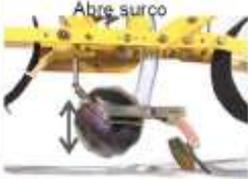
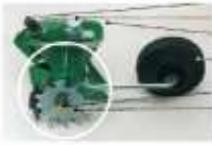
Modelos de Sembradoras. Matermacc. <http://www.matermacc.it/es/seminatrici.html>.

Fasilisimo.com.(2008). *Documentales Sembradores*. Recuperado: [http://bricolaje.fasilisimo.com/reportajes/carpintería/muebles-de-madera/una-sembradora-paso-a-paso\\_190377.html](http://bricolaje.fasilisimo.com/reportajes/carpintería/muebles-de-madera/una-sembradora-paso-a-paso_190377.html).

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA

SEMRADORAS	VARIABLES	ADAPTABILIDAD Tamaño de la semilla 	DOSIFICACIÓN Espacio de sembrado 	PROFUNDIDAD DE SIEMBRA 
	Regulación conjunta con platos Alveolados y perforados 		Regulando el Abre surco 	
	Rodillos 	Cambio de engranajes 	Regulando el Abre surco 	
	Tamaño fijo 2mm, 3mm, 4mm Para otro tamaño Deberá fabricarse a medida	Fija - 25mm Cualquier otra diferencia Deberá fabricarse a medida 	Según presión Ejercida 	
	Plato único Perforado 	Cambio de engranajes 	Regulando el Abre surco 	
Fabricación nacional Por "don carlos" 	Plato único Perforado 	A chorillo 	Regulando el Abre surco 	

Fuente: Terradonis; Sembradoras de Precisión, pp. 1- 5

## ANEXO 2

### SIGNIFICADO DEL SUFIJO PARA ELECTRODOS REVESTIDOS

CIFRA	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Las 2 ó 3 primeras	Mínima resistencia a la tracción	E 60 XX = 60 000 lb/pulg <sup>2</sup> (mínimo).
Penúltima	Posición de soldadura	E XX1X = toda posición E XX2X = plana y horizontal E XX4X = P, H, VD, SC
Ultima	Tipo de corriente Tipo de escoria Tipo de arco Penetración Presencia de compuestos químicos en el revestimiento	Ver Tabla 2

**NOTA:** El prefijo "E" significa electrodo para soldadura por arco.

**Fuente:** Shigley, Ingeniería mecánica tercera edición en español, p. 455.

### SIGNIFICADO DEL SUFIJO DE LA ÚLTIMA CIFRA DE LOS ELECTRODOS

ULTIMA	E-XX10	E-XX11	E-XX12	E-XX13	E-XX14
Tipo de corriente	CDPI e+ Polaridad invertida	CA o CD e+ Polaridad invertida	CA o CD Polaridad Directa e-	CA o CD e+ - Ambas Polaridades	CA o CD e+ Polaridad invertida
Tipo de revestimiento	b Orgánico	Orgánico	Rutilo	Rutilo	Rutilo
Tipo de arco	Fuerte	Fuerte	Mediano	Suave	Suave
Penetración	c Profunda	Profunda	Mediana	Ligera	Ligera

**Fuente:** Shigley, Ingeniería mecánica tercera edición en español, p. 456

## ANEXO 3

## SELECCIÓN TIPO DE CADENA SIMPLE (paso 15.875 mm)

		Cadenas simples				Cadenas dobles				Cadenas triples				
Referencia	Norma	Paso P		Ancho interior mínimo	Diámetro del rodillo	Diámetro del eje	Ancho máximo sobre ejes	Ancho sobre ejes de unión	Separación entre filas	Superficie de articulación	Carga aprox. de rotura	Eslabones por metro aprox.	Peso por metro	
		Pulgadas	mm											A mm
<b>Cadenas simples</b>	JORESA	ISO	Pulgadas	mm	A mm	D mm	d mm	H mm	C mm	E mm	cm <sup>2</sup>	daN	Kg	
	25*	04 C	1/4	6,35	3,18	3,30	2,31	8,00	9,60	-	0,11	450	157	0,140
	35*	06 C	3/8	9,525	4,77	5,08	3,59	11,90	13,18	-	0,27	1.050	105	0,330
	40	08 A-1	1/2	12,70	7,95	7,92	3,96	16,30	21,70	-	0,45	1.850	79	0,640
	41	85	1/2	12,70	6,35	7,77	3,58	13,40	18,70	-	0,32	910	79	0,400
	50	10 A-1	5/8	15,875	9,53	10,16	5,08	20,10	25,90	-	0,71	2.900	63	1,060
	60	12 A-1	3/4	19,05	12,70	11,91	5,94	28,00	31,50	-	0,97	3.900	53	1,580
	80	16 A-1	1	25,40	15,88	15,88	7,92	35,30	38,90	-	1,76	6.700	39	2,610
	100	20 A-1	1 1/4	31,75	19,05	19,05	9,53	43,40	47,20	-	2,58	11.000	31	3,850
	120	24 A-1	1 1/2	38,10	25,40	22,23	11,10	53,40	57,40	-	3,90	15.500	27	5,550
	140	28 A-1	1 3/4	44,45	25,40	25,40	12,70	66,50	62,30	-	4,67	21.000	23	7,700
	160	32 A-1	2	50,80	31,75	28,58	14,27	88,50	73,40	-	6,40	26.500	19	10,000
	200	40 A-1	2 1/2	63,50	38,10	39,67	19,84	119,50	90,30	-	10,85	43.000	15	16,690
	240	48 A-1	3	76,20	47,63	47,63	23,80	149,30	105,50	-	16,11	60.000	13	25,170
<b>Cadenas dobles</b>	JORESA	ISO	Pulgadas	mm	A mm	D mm	d mm	H mm	C mm	E mm	cm <sup>2</sup>	daN	Kg	
	2035*	06 C-2	3/8	9,525	4,77	5,08	3,59	22,00	27,40	10,13	0,54	2.100	105	0,850
	2040	08 A-2	1/2	12,70	7,95	7,92	3,96	30,70	36,20	14,38	0,90	3.700	79	1,280
	2050	10 A-2	5/8	15,875	9,53	10,16	5,08	38,20	39,90	18,11	1,42	5.800	63	2,100
	2060	12 A-2	3/4	19,05	12,70	11,91	5,94	47,90	54,40	22,78	1,94	7.800	53	3,150
	2080	16 A-2	1	25,40	15,88	15,88	7,92	61,40	68,10	29,29	3,60	13.400	39	5,190
	2100	20 A-2	1 1/4	31,75	19,05	19,05	9,53	79,20	83,10	35,76	5,16	22.000	31	7,700
	2120	24 A-2	1 1/2	38,10	25,40	22,23	11,10	98,90	102,90	45,44	7,80	31.000	27	11,100
	2140	28 A-2	1 3/4	44,45	25,40	25,40	12,70	125,40	110,40	48,87	9,34	42.000	23	15,400
	2160	32 A-2	2	50,80	31,75	28,58	14,27	157,10	131,90	58,55	12,80	53.000	19	20,000
	2200	40 A-2	2 1/2	63,50	38,10	39,67	19,84	209,00	161,00	71,55	21,70	86.000	15	33,000
	2240	48 A-2	3	76,20	47,63	47,63	23,80	269,00	193,00	87,83	32,22	120.000	13	50,000
<b>Cadenas triples</b>	JORESA	ISO	Pulgadas	mm	A mm	D mm	d mm	H mm	C mm	E mm	cm <sup>2</sup>	daN	Kg	
	3035*	06 C-3	3/8	9,525	4,77	5,08	3,59	32,20	37,50	10,13	0,81	3.150	105	0,950
	3040	08 A-3	1/2	12,70	7,95	7,92	3,96	45,10	50,60	14,38	1,35	5.550	79	1,900
	3050	10 A-3	5/8	15,875	9,53	10,16	5,08	56,30	62,00	18,11	2,13	8.700	63	3,140
	3060	12 A-3	3/4	19,05	12,70	11,91	5,94	70,70	77,20	22,78	2,91	11.700	53	4,710
	3080	16 A-3	1	25,40	15,88	15,88	7,92	90,60	97,10	29,29	5,28	20.100	39	7,760
	3100	20 A-3	1 1/4	31,75	19,05	19,05	9,53	115,00	119,10	35,76	7,74	33.000	31	11,500
	3120	24 A-3	1 1/2	38,10	25,40	22,23	11,10	144,40	147,60	45,44	11,70	46.500	27	16,600
	3140	28 A-3	1 3/4	44,45	25,40	25,40	12,70	174,30	154,30	48,87	18,00	63.000	23	23,000
	3160	32 A-3	2	50,80	31,75	28,58	14,27	204,60	189,90	58,55	19,20	79.500	19	30,000
	3200	40 A-3	2 1/2	63,50	38,10	39,67	19,84	274,50	233,00	71,55	32,55	129.000	15	49,310
	3240	48 A-3	3	76,20	47,63	47,63	23,80	344,00	281,00	87,83	48,33	180.000	13	74,830

\* Cadena de casquillos. Norma ISO 1395  
1 daN = 1 Kg

Fuente: Cadenas de transmisión SKF, julio 2008, p. 8

## ANEXO 4

### CÁLCULO DEL FACTOR DE ACABADO SUPERFICIAL

**K<sub>a</sub>: FACTOR DE ACABADO SUPERFICIAL**

**K<sub>a</sub> es función de**

- Calidad del acabado superficial
- Resistencia última del material ( $\uparrow S_u \Rightarrow \downarrow S_e$ )

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

!!!  $S_{ut}$  en MPa !!!

Acabado superficial	Coficiente a (MPa)	Exponente b
Pulido	1	0
Acabado fino (esmerilado, rectificado, )	1.58	-0.085
Mecanizado sin acabar/estirado en frío	4.51	-0.265
Laminado en caliente	57.7	-0.718
Forjado	272	-0.995

**Fuente:** Álvarez F., Fundamentos Teóricos para su Análisis Cinemático y Dinámico, p. 104.

**K<sub>b</sub>: FACTOR DE TAMAÑO**

**SECCIÓN NO CIRCULAR (Ejemplo: Sección rectangular)**

"Diámetro de una probeta de sección circular sometida a flexión rotatoria, que tenga un área de 95% del esfuerzo igual al área de 95% del esfuerzo de la sección considerada"

- Sección de viga rotatoria  

$$A_{0,95} = \frac{\pi}{4} [d^2 - (0,95 \cdot d)^2] = 0,0766 \cdot d^2 \quad (I)$$
- Sección rectangular h x b  

$$A_{0,95} = 0,05 \cdot h \cdot b \quad (II)$$

(I) = (II)  $\longrightarrow$   $d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{\frac{1}{2}}$

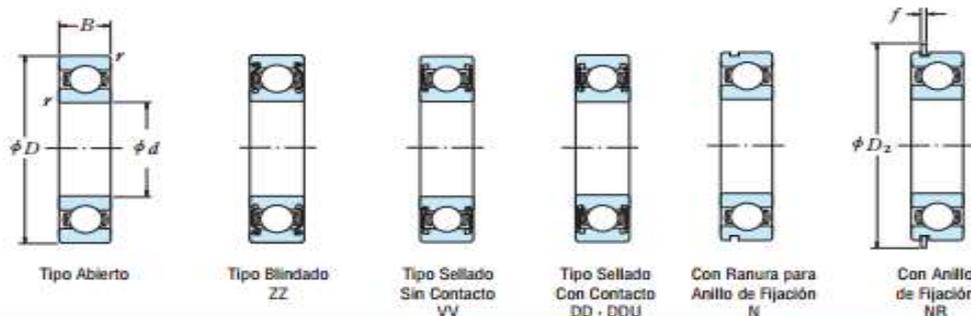



Área de Ingeniería Mecánica

**Fuente:** Área de ingeniería mecánica, p. 26

## ANEXO 5 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Diámetro interior 10~22 mm



d	Dimensiones (mm)			Índices de Carga Básica (N)				Factor $f_0$	Velocidad Límite (rpm)			Números de Rodamiento			
	D	B	r min.	$C_r$	$C_{0r}$	$C_r$	$C_{0r}$		Grasa Abierto Z · ZZ V · VV	Du DDu	Aceite Abierto Z	Abierto	Blindado	Sellado	
10	19	5	0.3	1 720	840	175	85	14.8	34 000	24 000	40 000	6800	ZZ	VV	DD
	22	6	0.3	2 700	1 270	275	129	14.0	32 000	22 000	36 000	6900	ZZ	VV	DD
	26	8	0.3	4 550	1 970	465	201	12.4	30 000	22 000	36 000	6900	ZZ	VV	DDU
	30	9	0.6	5 100	2 390	520	244	13.2	24 000	18 000	30 000	6200	ZZ	VV	DDU
12	35	11	0.6	8 100	3 450	825	350	11.2	22 000	17 000	26 000	6300	ZZ	VV	DDU
	21	5	0.3	1 920	1 040	195	106	15.3	32 000	20 000	38 000	6801	ZZ	VV	DD
	24	6	0.3	2 890	1 460	295	149	14.5	30 000	20 000	36 000	6901	ZZ	VV	DD
	28	7	0.3	5 100	2 370	520	241	13.0	28 000	—	32 000	16001	—	—	—
15	28	8	0.3	5 100	2 370	520	241	13.0	28 000	18 000	32 000	6001	ZZ	VV	DDU
	32	10	0.6	6 800	3 050	685	310	12.3	22 000	17 000	28 000	6201	ZZ	VV	DDU
	37	12	1	9 700	4 200	960	425	11.1	20 000	16 000	24 000	6301	ZZ	VV	DDU
	24	5	0.3	2 070	1 260	212	128	15.8	28 000	17 000	34 000	6802	ZZ	VV	DD
17	28	7	0.3	4 350	2 260	440	230	14.3	26 000	17 000	30 000	6902	ZZ	VV	DD
	32	8	0.3	5 600	2 830	570	289	13.9	24 000	—	28 000	16002	—	—	—
	32	9	0.3	5 600	2 830	570	289	13.9	24 000	15 000	28 000	6002	ZZ	VV	DDU
	35	11	0.6	7 650	3 750	780	380	13.2	20 000	14 000	24 000	6202	ZZ	VV	DDU
20	42	13	1	11 400	5 450	1 170	555	12.3	17 000	13 000	20 000	6302	ZZ	VV	DDU
	26	5	0.3	2 630	1 570	266	160	15.7	26 000	15 000	30 000	6803	ZZ	VV	DD
	30	7	0.3	4 600	2 550	470	260	14.7	24 000	15 000	28 000	6903	ZZ	VV	DDU
	35	8	0.3	6 000	3 250	610	330	14.4	22 000	—	26 000	16003	—	—	—
22	35	10	0.3	6 000	3 250	610	330	14.4	22 000	13 000	26 000	6003	ZZ	VV	DDU
	40	12	0.6	9 550	4 800	975	490	13.2	17 000	12 000	20 000	6203	ZZ	VV	DDU
	47	14	1	13 600	6 650	1 390	675	12.4	15 000	11 000	18 000	6303	ZZ	VV	DDU
	32	7	0.3	4 000	2 470	410	252	15.5	22 000	13 000	26 000	6804	ZZ	VV	DD
20	37	9	0.3	6 400	3 700	650	375	14.7	19 000	12 000	22 000	6904	ZZ	VV	DDU
	42	8	0.3	7 900	4 450	810	455	14.5	18 000	—	20 000	16004	—	—	—
	42	12	0.6	9 400	5 000	955	510	13.8	18 000	11 000	20 000	6004	ZZ	VV	DDU
	47	14	1	12 800	6 600	1 300	670	13.1	15 000	11 000	18 000	6204	ZZ	VV	DDU
22	52	15	1.1	15 900	7 900	1 620	805	12.4	14 000	10 000	17 000	6304	ZZ	VV	DDU
	44	12	0.6	9 400	5 050	960	515	14.0	17 000	11 000	20 000	60/22	ZZ	VV	DDU
	50	14	1	12 900	6 800	1 320	695	13.5	14 000	9 500	16 000	62/22	ZZ	VV	DDU
	56	16	1.1	18 400	9 250	1 870	940	12.4	13 000	9 500	16 000	63/22	ZZ	VV	DDU

Notas: (1) Para tolerancias dimensionales de las ranuras y de los anillos de fijación, consulte las Páginas A50 a A53.  
 (2) Cuando se aplican cargas axiales pesadas, aumente  $d_2$  y disminuya  $D_2$  respecto a los valores indicados.  
 (3) Los tipos de anillo N y NR sólo son aplicables a los rodamientos de tipo abierto.

Fuente: Catálogo SKF (2012)

## ANEXO 6

### TORNILLO Y TURCAS CON ROSCA MÉTRICA

DIMENSIONES TORNILLO Y TUERCA (mm)				TORNILLO TUERCA	Ø BROCA TUERCA (mm)		Ø AGUJERO PASANTE (mm)	
Ø nominal	Paso	Ø Flancos	Ø Núcleo	Profund. (mm)	Serie I	Serie II	Fino	Medio
2	0,4	1,74	1,48	0,26	1,5	1,6	2,2	2,4
2,5	0,45	2,208	1,948					
3	0,5	2,675	2,35	0,325	2,4	2,5	3,2	3,6
3,5	0,6	3,11	2,72	0,39	2,8	2,9	3,7	4,2
4	0,7	3,545	3,09	0,455	3,2	3,3	4,3	4,8
5	8	4,48	3,96	0,52	4,1	4,2	5,2	5,8
6	1	5,35	4,7	0,65	4,8	5	6,4	7
8	1,25	7,188	6,376	0,812	6,5	6,7	8,4	9,8
10	1,5	9,026	8,052	0,974	8,2	8,4	10,5	11,5
12	1,75	10,863	9,726	1,137	9,9	10	13	14
14	2	12,701	11,402	1,299	11,5	11,75	15	16
16	2	14,701	13,402	1,299	13,5	13,75	17	18
18	2,5	16,376	14,752	1,624	15	15,25	19	20
20	2,5	18,376	16,752	1,624	17	17,25	21	23
22	2,5	20,376	18,752	1,624	19	19,25	23	25
24	3	22,051	20,102	1,949	20,5	20,75	25	27
27	3	25,051	23,102	1,949	23,5	23,75	29	30
30	3,5	27,727	25,454	2,273	25,75	26	32	33
33	3,5	30,727	28,454	2,273	28,75	29	35	36
36	4	33,402	30,804	2,598	31	31,5	38	40
39	4	36,402	33,804	2,598	34	34,5	40	42
42	4,5	39,077	36,154	2,923	36,5	37	44	45
45	4,5	42,077	39,154	2,923	39,5	40	47	48
48	5	44,752	41,504	3,248	42	42,5	50	52
52	5	48,752	45,504	3,248	46	46,5	54	56

**Fuente:** Vilorio J., Prontuario de Mecánica Industrial, p.235

## ANEXO 7

### VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

**Tabla 19:** *Verificación de las dimensiones principales*

<b>DIMENSIONES PRINCIPALES</b>				
<b>Dimensión</b>	<b>Diseño</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Aceptación</b>	
			SI	NO
Largo Total (mm)				
Ancho Total (mm)				
Peso Total (g)				

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Autor

### VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

**Tabla 20:** *Verificación de los componentes principales*

<b>VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Funcionamiento</b>		
	Bueno	Regular	Malo
Eje dosificador			
Lubricación rodamientos			
Tensión de la cadena			
Tren cinemático			

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Autor

## TRABAJO EN VACÍO DE LA SEMBRADORA DE ZANAHORIA

**Tabla 21:** Trabajo en vacío de la sembradora de zanahoria

SISTEMA / ELEMENTO																	
Tiempo (min)	Bastidor		Tolva		Cubre Tolva		Dosificador		Órgano de Distribución		Tren Cinemático		Abresurcos		Cubridor de Semillas		
	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	falla	no falla	
5																	
10																	
15																	
20																	

Fuente: Autor

## TRABAJO CON CARGA DE LA SEMBRADORA DE ZANAHORIA

**Tabla 22:** Trabajo con carga de la sembradora de zanahoria

NÚMERO DE SEMILLAS POR METRO (m)	DIÁMETRO DE LOS ORIFICIOS ( $\phi$ )			
	Orificio 1 (2mm)	Orificio 2 (4 mm)	Orificio 3 (6 mm)	Orificio 4 (14 mm)
1				
2				
3				
4				
5				

Fuente: Autor

## ANEXO 8

### TUBOS, PERFILES, VARILLAS, PLANCHAS DE ACERO

TUBERÍA PARA MALLA EN HIERRO NEGRO Y GALVANIZADO						
Producto	Espesor (mm)	Largo (m)	H.G.	Peso (kg/unidad) en H.G.	H.N.	Peso (kg/unidad) en H.N.
12 mm	1.5	6	*	4.62	*	4.48
19 mm			*	5.76	*	5.6
25 mm			*	7.32	*	7.22
31 mm			*	9.31	*	9.16
38 mm			*	10.72	*	10.43
50 mm			*	13.28	*	13.1
63 mm			*	16.12	*	15.9
75 mm			*	19.53	*	19.23
100mm			*	25.21	*	24.86
12 mm			1.8	6	*	
19 mm	*				*	6.8
25 mm	*	8.75			*	8.65
31 mm	*	11.13			*	11.01
38 mm	*	12.66			*	12.52
50 mm	*	15.89			*	15.71
63 mm	*	19.29			*	19.06
75 mm	*	23.37			*	23.11
100 mm	*	30.17			*	29.84

H.G. = Acabado Galvanizado / H.N. = Acabado en Hierro Negro

#### PERFILES ÁNGULO

Los Perfiles Ángulo, son productos cuyas alas son iguales y forman un ángulo de 90° entre sí.

Este perfil después de ser laminado es enderezado en frío según NCh203.Of2006.

##### Especificaciones generales

Calidades normales: A270ES, ASTM A36 y Comercial (Ver composición y propiedades en pág. 26 y 27).

Todos los Perfiles Ángulo vienen identificados con su marca de calidad, las dimensiones del producto, el grado del acero y la colada de donde provienen.



#### 3.1 Dimensiones, pesos y secciones normales

Dimensiones H x B x e	Masa (1)	Sección
mm x mm x mm	kg/m	cm <sup>2</sup>
20 x 20 x 3	0,879	1,12
25 x 25 x 3	1,12	1,43
25 x 25 x 5	1,78	2,27
30 x 30 x 3	1,38	1,74
30 x 30 x 5	2,18	2,78
40 x 40 x 3	1,84	2,35
40 x 40 x 4	2,42	3,08
40 x 40 x 5	2,97	3,79
40 x 40 x 6	3,52	4,48
50 x 50 x 3	2,33	2,98
50 x 50 x 4	3,06	3,89
50 x 50 x 5	3,77	4,80
50 x 50 x 6	4,47	5,69
65 x 65 x 5	4,97	6,34
65 x 65 x 6	5,91	7,53
65 x 65 x 8	7,73	9,85
65 x 65 x 10	9,49	12,1
80 x 80 x 6	7,34	9,35
80 x 80 x 8	9,63	12,3
80 x 80 x 10	11,9	15,1
80 x 80 x 12	14,0	17,9
100 x 100 x 6*	9,26	11,8
100 x 100 x 8*	12,2	15,5
100 x 100 x 10*	15,0	19,2
100 x 100 x 12*	17,6	22,7

\* Perfiles sólo en la calidad ASTM A36, estos son productos importados.  
(1) Tolerancia en la masa final + 2,0% sobre el valor nominal.

## BARRAS REDONDAS

Las Barras Redondas lisas son productos cuya sección transversal es circular, siendo suministradas en barras rectas, en su estado de laminación en caliente y sin tratamientos posteriores.

### Especificaciones generales

Grados y calidades normales:  
SAE 1020, SAE 1045,  
Estructurales soldables A270ES y Comercial,  
(Ver composición y propiedades en pág. 26 y 27).



### 6.1 Diámetros normales, pesos y tolerancias nominales (1)

Características nominales					Tolerancias (1) (2)	
Diámetro, φ		Mesa (3)	Sección	Perímetro	En e	Oval, (4)
mm	pulg.					
8	-	0,396	0,503	2,51	0,60	0,80
10	-	0,617	0,785	3,14	0,60	0,80
12	-	0,888	1,13	3,77	0,60	0,95
12,7	1/2"	0,994	1,27	3,99	0,60	0,95
15,8	5/8"	1,55	1,98	4,99	0,60	0,95
16	-	1,58	2,01	5,03	0,60	0,95
18	-	2,00	2,54	5,65	0,60	0,95
19	-	2,23	2,84	5,97	0,70	1,15
19,1	3/4"	2,24	2,85	5,98	0,70	1,15
22	-	2,98	3,80	6,91	0,70	1,15
22,2	7/8"	3,05	3,88	6,98	0,70	1,15
25	-	3,85	4,91	7,85	0,70	1,15
25,4	1"	3,98	5,07	7,98	0,70	1,15
28,6	1 1/8"	5,03	6,41	8,98	0,70	1,15
31,7	1 1/4"	6,22	7,92	9,97	0,80	1,30
36,1	1 1/2"	8,95	11,4	12,0	0,80	1,30

Medidas en stock permanente

- (1) La fabricación de medidas o tolerancias especiales están sujetas a consulta.  
(2) Tolerancias especiales con base a la norma ASTM A270ES (SAE 1045).  
(3) Tolerancia en la masa final + 3,0% sobre el valor nominal.  
(4) La ovalización es la diferencia entre los diámetros máximo y mínimo de una sección de la barra.

### Largos normales

El largo normal de las barras redondas es de 6 m. Otros largos especiales están sujetos a consulta.

20

[» Español](#)   [» English](#)   [» Contacto](#)

**01 INICIO**

**02 Quiénes Somos**

**03 Servicios**

**04 Bobinas L/C**

**05 Bobinas Inoxidables**

**06 Vigas Laminadas**

**07 Perfiles**

**08 Planchas**

**09 Nuestros Servicios**

**10 C. Acero en línea**

**Objetivos**

### Planchas

**ASTH - A - 36**

1220 x 2440 x 2 mm.	1500 x 6000 x 4 mm.	1800 x 6000 x 5 mm.
1220 x 2440 x 3 mm.	1500 x 6000 x 5 mm.	1800 x 6000 x 6 mm.
1220 x 2440 x 4 mm.	1500 x 6000 x 6 mm.	1800 x 6000 x 8 mm.
1220 x 2440 x 5 mm.	1500 x 6000 x 8 mm.	1800 x 6000 x 10 mm.
1220 x 2440 x 6 mm.	1500 x 6000 x 10 mm.	1800 x 6000 x 12 mm.
1220 x 2440 x 8 mm.	1500 x 6000 x 12 mm.	1800 x 6000 x 15 mm.
1220 x 2440 x 9 mm.	1500 x 6000 x 15 mm.	1800 x 6000 x 18 mm.
1220 x 2440 x 10 mm.	1500 x 6000 x 18 mm.	1800 x 6000 x 20 mm.
1220 x 2440 x 12 mm.	1500 x 6000 x 20 mm.	1800 x 6000 x 22 mm.
1220 x 2440 x 15 mm.	1500 x 6000 x 22 mm.	1800 x 6000 x 25 mm.
1220 x 2440 x 18 mm.	1500 x 6000 x 25 mm.	
1220 x 2440 x 20 mm.		
1220 x 2440 x 22 mm.	<b>2440 x 6096 x 6 mm.</b>	<b>2440 x 11.200 x 6.0 mm.</b>
1220 x 2440 x 25 mm.	2440 x 6096 x 8 mm.	2440 x 11.200 x 8.0 mm.
1220 x 2440 x 30 mm.	2440 x 6096 x 9 mm.	2440 x 11.200 x 9.0 mm.
1220 x 2440 x 35 mm.	2440 x 6096 x 10 mm.	2440 x 11.200 x 10.0 mm.
1220 x 2440 x 40 mm.	2440 x 6096 x 12 mm.	2440 x 11.200 x 12.0 mm.
1220 x 2440 x 45 mm.	2440 x 6096 x 15 mm.	2440 x 11.200 x 15.0 mm.
1220 x 2440 x 50 mm.	2440 x 6096 x 18 mm.	2440 x 11.200 x 18.0 mm.
1220 x 2440 x 65 mm.	2440 x 6096 x 20 mm.	2440 x 11.200 x 20.0 mm.
1220 x 2440 x 75 mm.	2440 x 6096 x 22 mm.	2440 x 11.200 x 22.0 mm.
	2440 x 6096 x 25 mm.	

**ASTH - A - 283 GR. C.**

8" x 40" x 1/4	6" x 40" x 3/16
8" x 40" x 5/16	6" x 40" x 1/4
8" x 40" x 3/8	6" x 40" x 5/16
8" x 40" x 7/16	6" x 40" x 3/8
8" x 40" x 1/2	6" x 40" x 7/16
8" x 40" x 5/8	6" x 40" x 1/2
	6" x 40" x 5/8
	6" x 40" x 3/4

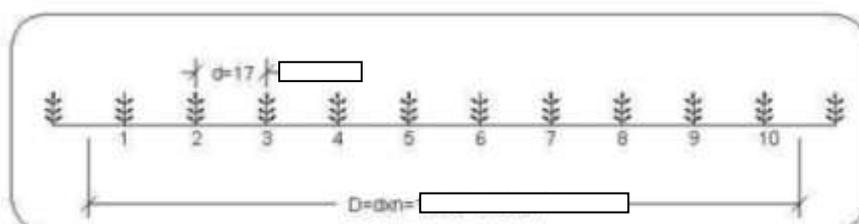
[Inicio](#) | [Quiénes Somos](#) | [Servicios](#) | [Bobinas](#) | [Bobinas Inoxidables](#) | [Vigas](#) | [Perfiles](#) | [Planchas](#) | [Nuestros Servicios](#) | [Contacto](#)

## ANEXO 9

### MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA

Antes de iniciar con la operación de la máquina sembradora de zanahoria se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para su correcta operación.

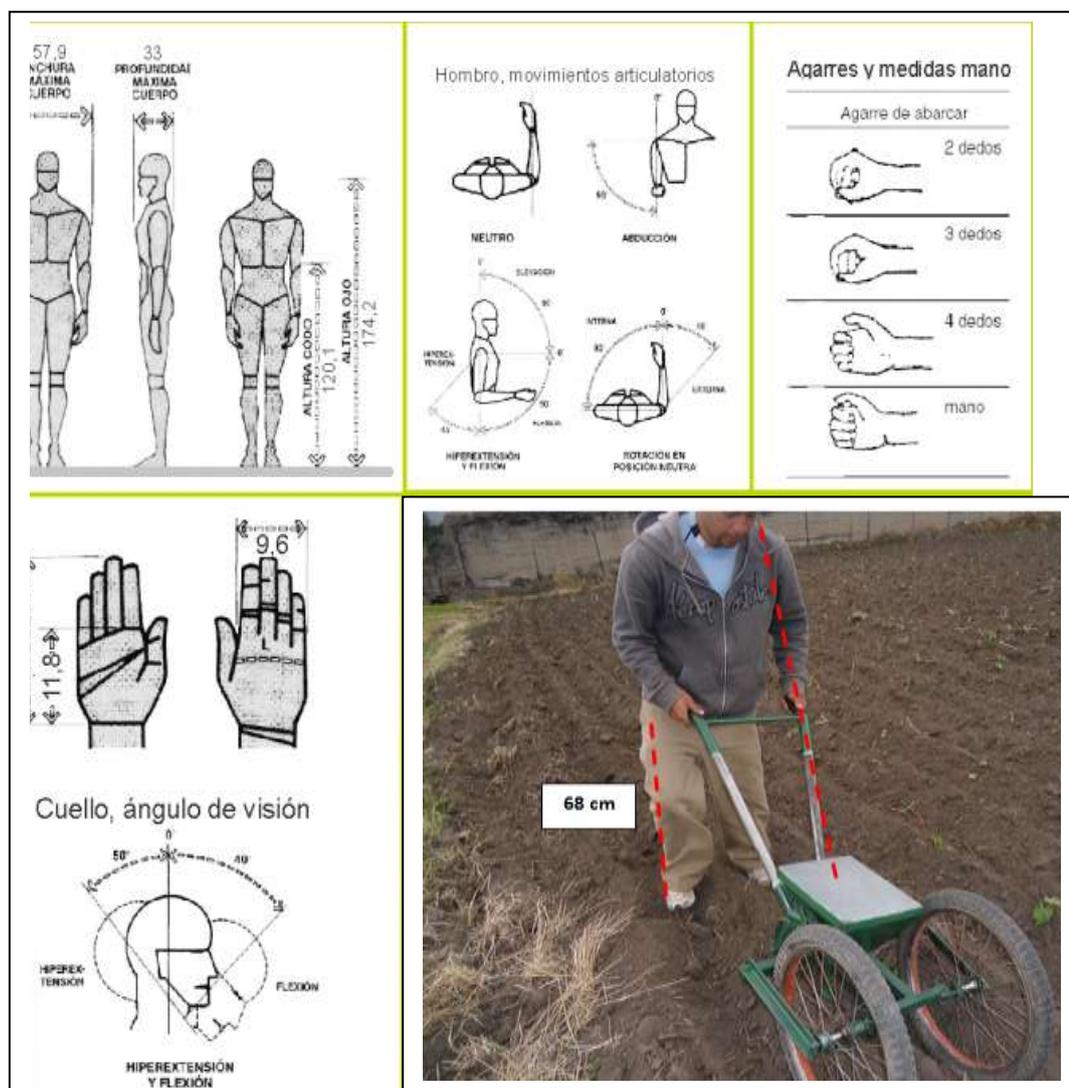
1. Cada vez que vaya a utilizar la máquina sembradora de zanahoria, revise previamente todas las partes móviles para verificar que se encuentren en condiciones apropiadas de operación.
2. Verificar que los componentes no presenten daños visibles o no se desplazan correctamente, no utilice la máquina sembradora de zanahoria hasta solucionar el desperfecto.
3. Utilice repuestos originales de fábrica, de no ser así cualquier otro tipo de pieza compromete seriamente la calidad y seguridad de la máquina.
4. No debe dar mal uso a la unidad, realice solo las funciones para las cuales está diseñada.
5. No permita que los niños operen la unidad, manténgalos alejados porque podrían sufrir cualquier accidente.
6. El área de trabajo debe estar en óptimas condiciones para que no existan obstrucciones en todo momento.
7. Abrir la tapa de la tolva para el ingreso de semilla de zanahoria.
8. Seleccionar el tipo de diámetro del agujero para la salida de semilla, recorra una distancia de unos 6 m, cuente las semillas depositadas en este tramo y compare con la tabla de dosificación, (depende del dueño).



1. Ajustar a que profundidad va el rayador (depende tipo de semilla).

2. Mueva la sembradora unos metros y observe si las semillas están saliendo sin ningún problema.
3. Una vez terminado el proceso repetir los pasos 7, 8, 9,10 hasta finalizar todo el trabajo.
4. En caso de alguna situación inesperada parar la máquina y verificar su estado de funcionamiento.
5. En la siguiente tabla se presenta como debe ser el agarre y medidas de la mano, ángulo de visión y movimiento de articulaciones.

**Tabla 33:** *Agarre, movimientos y posiciones para utilizar la máquina sembradora de zanahoria*



## Detección de problemas y posibles soluciones

**Tabla 34:** *Detección de problemas y posibles soluciones*

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>SOLUCIÓN</b>
<b>Órgano de distribución no gira</b>	Rodamientos en mal estado	Cambio rodamientos
	Falta lubricación	Utilización de lubricantes (aceites, grasas)
	Cadena suelta	Verificar si esta engranando la cadena con los piñones
<b>Cubre tolva no abre</b>	Rozamiento entre las placas, deterioro bisagra	Cambio de bisagra, lubricación adecuada
<b>Abresurco de siembra no raya</b>	Resistencia del suelo a la penetración	Aradura y subsolado
	Presencia de piedras, raíces de plantas	Surcado (formar camellones, canales de drenaje)
	Velocidad de operación	Reducir velocidades
<b>Tapado de semilla defectuoso</b>	Desgaste del eje (falta lubricación)	Rectificación, soldadura o cambio
	Acumulación de malezas sobre la rueda	Limpieza de los filos de la rueda
<b>Avance de la máquina</b>	Neumáticos deteriorados o tubos de caucho de butilo faltos de aire	Cambio de neumáticos, medir presión correspondiente
<b>Ruido excesivo</b>	Pernos de sujeción flojos	Sujeción de pernos

**Fuente:** Autor

## **ANEXO 10**

### **MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA**

El mantenimiento que se realizará en la máquina es de tipo preventivo porque permite detectar fallos repetitivos, disminuir costos de reparaciones.

Al iniciar cada periodo de mantenimiento se debe tomar en cuenta que no exista semilla en la tolva, estar en un lugar acorde a la situación sin ninguna interferencia y con las herramientas necesarias para un trabajo óptimo.

#### **Alineación de cerdas sintéticas (sistema de distribución)**

Sujetar correctamente las cerdas sintéticas de las brochas al porta cerdas ya que por el movimiento que se produce pueden deformarse y no desgastarse de manera uniforme, se debe cambiar cada 2 años de trabajo o dependiendo del uso que se le dé a la máquina.

#### **Engrase**

La misión principal del sistema de engrase es evitar el desgaste de los elementos de la máquina, debido a su continuo rozamiento, creando esta lubricación, una fina capa de aceite entre cada uno de los mismos, Deben engrasarse regularmente los siguientes puntos:

- Bujes de las ruedas, soltando la tuerca hexagonal de seguridad.
- Eje del dosificador.
- Cadena Shimano Decore.

#### **Presión de neumáticos**

Las presiones que se indican a continuación son las facilitadas por el fabricante, en terrenos mal preparados se recomienda disminuir algo la presión para absorber las irregularidades del suelo y lograr mayor regularidad de siembra.

**Tabla 35: Presión de neumáticos**

Serie Neumático	40-60 kg	60-80 kg	+80 kg
28-622	4,5 bar	5 Bar	6 Bar
32-622 & 630	4 Bar	5 Bar	6 Bar
35/37-559 & 590 & 622	3,5 Bar	4,5 Bar	5,5 Bar
40/42-622	3 Bar	4 Bar	5 Bar
47-559 & 622	3 Bar	3,5 Bar	4,5 Bar

Fuente: Autor

### Tornillería y cambio de cadena

Luego de horas de trabajo deben revisarse todos los tornillos, tuercas sometidas a esfuerzos.

Se sugiere proceder por grupos:

- Bastidor (estructura de la máquina).
- Sistema de distribución.
- Tren cinemático.
- Abresurcos (Rayador).
- Tapador de semillas (rueda trasera).

Las cadenas de bicicleta tienen una vida útil de 3.000 a 10.000 kilómetros, no existe un parámetro fijo para conocer su kilometraje por lo que es aconsejable medir su desgaste para saber cuándo hay que reemplazarla.

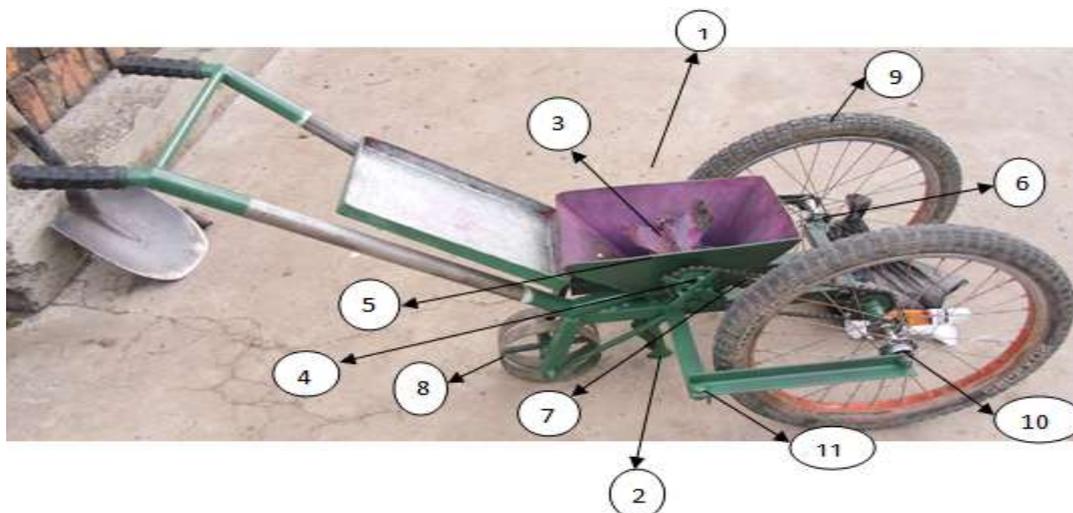
Si se alargado más de 1 milímetro por cada 10 pines de eslabón, esto se puede controlar mediante un calibrador pie de rey en el interior de los eslabones y verificando que la medida no es superior a la que consigna el fabricante.

**Tabla 36: Revisión de los componentes de la máquina sembradora**

Frecuencia Revisión de componentes		COMPONENTES DE LA MÁQUINA					
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
1	Limpieza de la máquina	X					
2	Abresurcos		X				
3	Porta cerdas			X			
4	Tren cinemático			X			
5	Dosificador		X				
6	Lubricación de rodamientos					X	
7	Lubricación de cadena				X		
8	Rueda tapadora de semilla				X		
9	Presión de neumáticos			X			
10	Bujes					X	
11	Ajuste de pernos (Bastidor)						X

Fuente: Autor

### Esquema de la revisión de los componentes de la máquina sembradora



Fuente: Autor

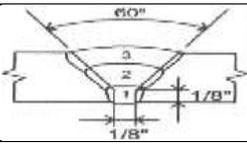
## ANEXO 11

## ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

<b>WPS</b>		ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
Nombre de la Empresa: Proceso(s) de soldadura: TIPO: MANUAL [ ] SEMIAUTOMÁTICO [ ] AUTOMÁTICO [ ] Soldador:			Identificación No.: Soporte del PQR No.: Revisión:                      Fecha:                      Por: Autorizado por:						
<b>DISEÑO DE UNIÓN</b>			<b>POSICIÓN</b>						
Tipo de Unión: Tipo de soldadura:                      SIMPLE [ ] DOBLE [ ] Abertura de Raíz:                      Longitud de cara de Raíz: Ángulo de ranura                      Radio (J/U): Soporte:                      Si [ ] No [ ]                      Material del soporte: Limpieza de raíz: Si [ ] No [ ]                      Método:			RANURA                      FILETE PLANCHA [ ]                      TUBERÍA [ ]  CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW): CORTO CIRCUITO [ ] GLOBULAR [ ] SPRAY [ ]  CORRIENTE                      AC [ ]                      DCEP [ ] PULSO [ ] DCEN [ ]						
METAL BASE                      MB1                      MB2 Grupo: Especificación del Acero: Grado: Espesor de Plancha: Diámetro (Tubería):			TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA [ ]                      OSCILANTE [ ] PASE:                      SIMPLE [ ]                      MÚLTIPLE [ ] Limpieza entre pases: SI [ ] NO [ ]                      Método:						
METAL DE APORTE Especificación AWS: Clasificación AWS: Marca: Tamaño del electrodo:			PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: Temperatura de interpase:						
PROTECCIÓN Fundente:                      Gas: Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:			POSTCALENTAMIENTO  Temperatura: Tiempo:						
<b>PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>									
Pase	Proceso	Progresión	Metales de Aporte		Corriente			Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura
			Clase	Diám. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
Elaborado por:				Fecha:					
Aprobado por:				Compañía:					

### ANEXO 12

**ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) JUNTAS  
SOLDADAS**

<b>WPS</b>										<b>ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>									
Nombre de la Empresa: <b>TESIS</b>					Identificación No.: <b>1</b>					Proceso(s) de soldadura: <b>SMAW</b>					Soporte del PQR No.: <b>1</b>				
TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO <input type="checkbox"/>					Revisión:                      Fecha:                      Por:					Soldador: <b>GEOVANNY CHIRIBOGA</b>					Autorizado por:				
<b>DISEÑO DE UNIÓN</b>										<b>POSICIÓN</b>									
Tipo de Unión: <b>a Tope</b>					RANURA <b>3G</b>					FILETE ---									
Tipo de soldadura: <b>Ranura en V</b>					SIMPLE <input checked="" type="checkbox"/> DOBLE <input type="checkbox"/>					PLANCHA <input checked="" type="checkbox"/> TUBERÍA <input type="checkbox"/>									
Abertura de Raíz: <b>3.2 mm</b>					Longitud de cara de Raíz: <b>3.2mm</b>					CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS									
Ángulo de ranura: <b>60°</b>					Radio (J/U): -					MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW):									
Soporte: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>					Material del soporte: -					CORTO CIRCUITO <input type="checkbox"/>									
Limpieza de raíz: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>					Método: <b>esmeril</b>					GLOBULAR <input type="checkbox"/>									
										SPRAY <input type="checkbox"/>									
										CORRIENTE AC <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/>									
										PULSO <input type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/>									
METAL BASE		MB1		MB2		TÉCNICA													
Grupo:		<b>1</b>		<b>1</b>		APORTACIÓN: RECTA <input type="checkbox"/> OSCILANTE <input checked="" type="checkbox"/>													
Especificación del Acero:		<b>ASTM A-36</b>		<b>ASTM A-36</b>		PASE: SIMPLE <input type="checkbox"/> MÚLTIPLE <input checked="" type="checkbox"/>													
Grado:		-----		-----		Limpieza entre													
Espesor de Plancha:		<b>9.5 mm</b>		<b>9.5 mm</b>		pases: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Método: <b>Esmeril</b>													
Diámetro (Tubería):		-----		-----															
METAL DE APORTE		A 5.1		PRECALENTAMIENTO															
Especificación AWS:		<b>E 6011</b>		Temperatura de precalentamiento: -----															
Clasificación AWS:		<b>Indura</b>		Temperatura de interpase: -----															
Marca:		<b>3.2 mm</b>																	
Tamaño del electrodo:																			
PROTECCIÓN		POSTCALENTAMIENTO																	
Fundente: <b>Revestimiento</b>		Gas: -----																	
Composición:		Temperatura: -----																	
Velocidad de flujo:		Tiempo: -----																	
Tamaño de la boquilla:																			
<b>PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>																			
Pase	Proceso	Progresión	Metales de Aporte		Corriente			Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura										
			Clase	Diám. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)												
1	SMAW	ASCEND.	E6011	3.2	DCEP	105	17 - 19	84											
Elaborado por:					Fecha:														
Aprobado por:					Compañía:														

**ANEXO 13**

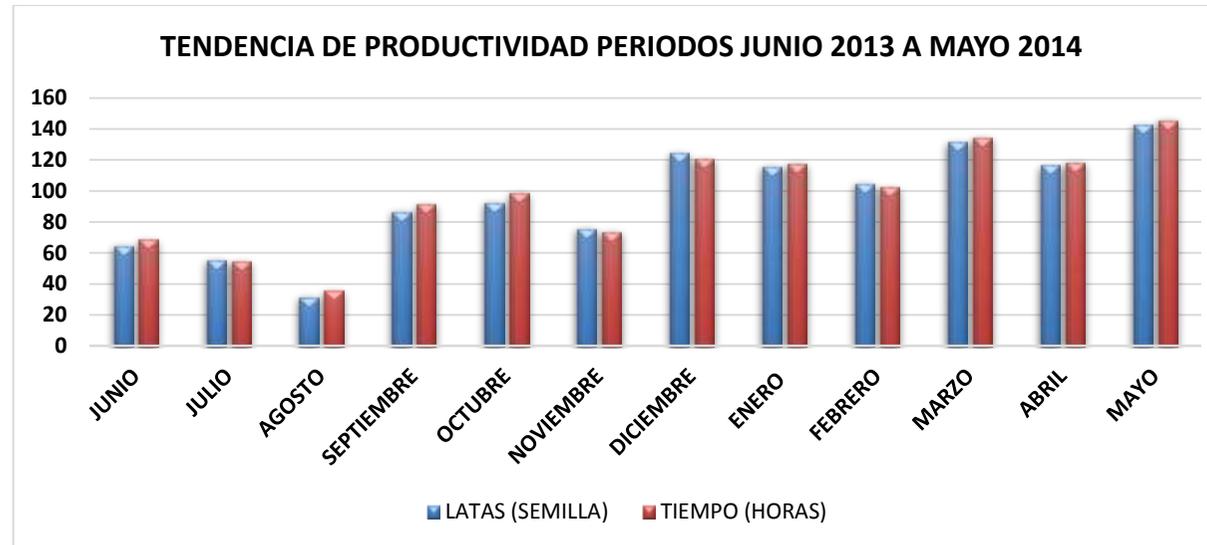
## CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (PQR)

PQR		CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO									
Nombre de la Empresa: Proceso(s) de soldadura: TIPO: MANUAL [ ] SEMIAUTOMÁTICO [ ] AUTOMÁTICO [ ] Soldador:				Identificación No.: Soporte del PQR No.: Revisión:                      Fecha:                      Por: Autorizado por:							
DISEÑO DE UNIÓN				POSICIÓN							
Tipo de Unión: Tipo de soldadura:                      SIMPLE [ ] DOBLE [ ] Abertura de Raíz:                      Longitud de cara de Raíz: Ángulo de ranura                      Radio (J/U): Soporte:                      Si [ ] No [ ] Material del soporte: Limpieza de raíz: Si [ ] No [ ] Método:				RANURA                      FILETE PLANCHA [ ]                      TUBERÍA [ ]		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW): CORTO CIRCUITO [ ] GLOBULAR [ ] SPRAY [ ]  CORRIENTE                      AC [ ] DCEP [ ] PULSO [ ] DCEN [ ]					
METAL BASE                      MB1                      MB2 Grupo: Especificación del Acero: Grado: Espesor de Plancha: Diámetro (Tubería):				TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA [ ] OSCILANTE [ ] PASE:                      SIMPLE [ ] MÚLTIPLE [ ] Limpieza entre pases: SI [ ] NO [ ] Método:							
METAL DE APORTE Especificación AWS: Clasificación AWS: Marca: Tamaño del electrodo:				PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: Temperatura de interpase:							
PROTECCIÓN Fundente:                      Gas: Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:				POSTCALENTAMIENTO  Temperatura: Tiempo:							
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA											
Pase	Proceso	Progresión	Metales de Aporte		Corriente			Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura		
			Clase	Diám. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)				
Elaborado por:					Fecha:						
Aprobado por:					Compañía:						

## ANEXO 14

### SEGUIMIENTO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA EN LOS PERIODOS JUNIO 2013 A MAYO 2014

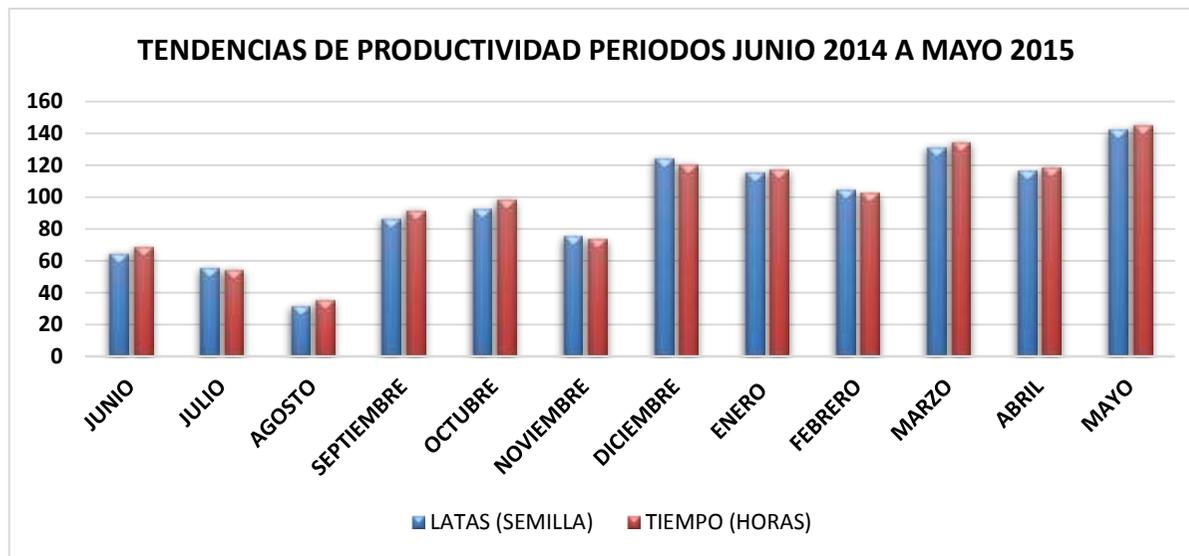
PRODUCTIVIDAD											
MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA PERIODO JUNIO 2013 A MAYO 2014											
JUNIO				JULIO				AGOSTO			
CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.
25	12500000	28	6.25	65	32500000	76	17	87	43500000	93	22
SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.
123	61500000	136	32	138	69000000	146	37	112	56000000	118	26
DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO			
CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.
156	78000000	166	39	128	64000000	132	32	111	55500000	118	28
MARZO				ABRIL				MAYO			
CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.
78	39000000	82	23	96	48000000	103	24	123	61500000	127	32
TOTAL (Latas)		TOTAL (Tiempo)		TOTAL (Área)							
1242		1325		318.25							



**SEGUIMIENTO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA EN LOS PERIODOS JUNIO 2014 A MAYO 2015**

PRODUCTIVIDAD											
MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA PERIODO JUNIO 2014 A MAYO 2015											
JUNIO				JULIO				AGOSTO			
CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.
65	32500000	69	17	56	28000000	55	14	32	16000000	36	9
SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.
87	43500000	92	22	93	46500000	99	24	76	38000000	74	19

DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO			
CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.
125	62500000	121	32	116	58000000	118	29	105	52500000	103	27
MARZO				ABRIL				MAYO			
CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.	CANTIDAD (Latas)	SEMILLAS	TIEMPO (Horas)	ÁREA Ha.
132	66000000	135	33	117	58500000	119	30	143	71500000	146	36
TOTAL (Latas)		TOTAL (Tiempo)		TOTAL (Área)							
1147		1167		292							



## ANEXO 15

## FICHA DE MANTENIMIENTO PERIODOS JUNIO 2013 A MAYO 2014

TESIS	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			
	<b>MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA QUE ME OPTIMICCE LA DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA</b>			
EQUIPO	Máquina sembradora de zanahoria	CODIGO	000	
LOCALIZACION	Av. Mantilla y García Moreno Bolívar – Carchi			
FECHA PARADA	12 de Julio del 2014	HORA	14H00	
FECHA REPARACION	13 de Julio del 2014	HORA	9H00	
<b>DAÑOS OBSERVADOS</b>				
Desgaste adhesivo (Tren cinemático)				
<b>MOTIVO DE LA AVERÍA</b>				
Órgano de distribución no gira (Rodamientos en mal estado, falta lubricación, cadena suelta).				
<b>TRABAJO EFECTUADO</b>				
<b>PIEZAS SUSTITUIDAS</b>	<b>PIEZAS REPARADAS</b>	<b>HERRAMIENTAS ESPECIALES</b>		
Tornillo hexagonal DIN 933 M10				
Empaques eje dosificador (2)				
3 Radios				
<b>HORAS DE TRABAJO</b>	DIAS	1		
	HORAS	3		
<b>EMPRESA EXTERNA</b>				
<b>Nº ALBARAN DE TRABAJO</b>	0001			
<b>REPARACION EN PLANTA</b>				
<b>DESPLAZA EQUIPO</b>				
FECHA Y FIRMA				
13 de Julio del 2014				

## FICHA DE MANTENIMIENTO PERIODOS JUNIO 2014 A MAYO 2015

TESIS	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			
	<b>MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA QUE ME OPTIMICCE LA DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA</b>			
EQUIPO	Máquina sembradora de zanahoria	CODIGO	000	
LOCALIZACION	Av. Mantilla y García Moreno Bolívar – Carchi			
FECHA PARADA	12 de Julio del 2015	HORA	14H00	
FECHA REPARACION	13 de Julio del 2015	HORA	9H00	
<b>DAÑOS OBSERVADOS</b>		<b>MOTIVO DE LA AVERIA</b>		
Desgaste abrasivo (abresurcos). Desgaste adhesivo (Tren cinemático) Desgaste por impacto		Órgano de distribución no gira (Rodamientos en mal estado, falta lubricación, cadena suelta). Cubre tolva no abre (Rozamiento entre las placas, deterioro bisagra). Tapado de semilla defectuoso (Desgaste del eje, acumulación de malezas sobre la rueda). Avance de la máquina (Neumáticos deteriorados o tubos de caucho de butilo faltos de aire) Ruido excesivo (pernos de sujeción flojos)		
<b>PIEZAS SUSTITUIDAS</b>	<b>PIEZAS REPARADAS</b>	<b>HERRAMIENTAS ESPECIALES</b>		
2 Tornillo DIN 966 M21				
Empaques eje dosificador (4)				
2 ruedas 2 x 2,125 ISO 5775				
Cerdas sintéticas (4 brochas 2 $\frac{1}{2}$ " )				
<b>EQUIPO NUEVO</b>	<b>Nº SERIE</b>	<b>MARCA / MODELO</b>		
2 Rodamientos de bola	6800 ZZ			
Pintura	Poliuretano Monocomponente	DURETANO UI acabado POLYNER 75		
HORAS DE TRABAJO	DIAS	2		
	HORAS	12		
Nº ALBARAN DE TRABAJO	0002			
FECHA Y FIRMA				
13 de Julio del 2015				

## ANEXO 16

## **PATENTES DE INVENCION**

Según el Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual IEPI “Una patente es un conjunto de derechos exclusivos concedidos por el estado a un inventor o a su cesionario, por un período de 20 años a cambio de la divulgación de una invención”.

### **QUIÉN PUEDE REGISTRAR UNA PATENTE**

“Los inventores/ titulares y/o los cesionarios pueden presentarse ante el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual y registrar las patentes, los modelos de utilidad y los diseños industriales.

La Unidad de Gestión de Patentes es la encargada de proteger los derechos de los Titulares y además se encuentra comprometida con la educación y sociabilización de la Propiedad Intelectual en el país desde temprana edad para el desarrollo de la investigación científica” (IEPI, 2015).

### **TIPS PARA INICIAR EL PROCESO DE PATENTAR UN PRODUCTO**

“Se aconseja a los Titulares (especialmente inventores ecuatorianos) antes de presentar una patente, solicitar una búsqueda de los antecedentes para saber si el producto o procedimiento que desean patentar presenta novedad, tiene nivel inventivo a nivel mundial.

Solicitar asesoría de los Examinadores de la Unidad de Gestión de patentes sobre el trámite, la documentación que necesitan presentar y los requerimientos básicos que una patente debe cumplir” (IEPI, 2015).

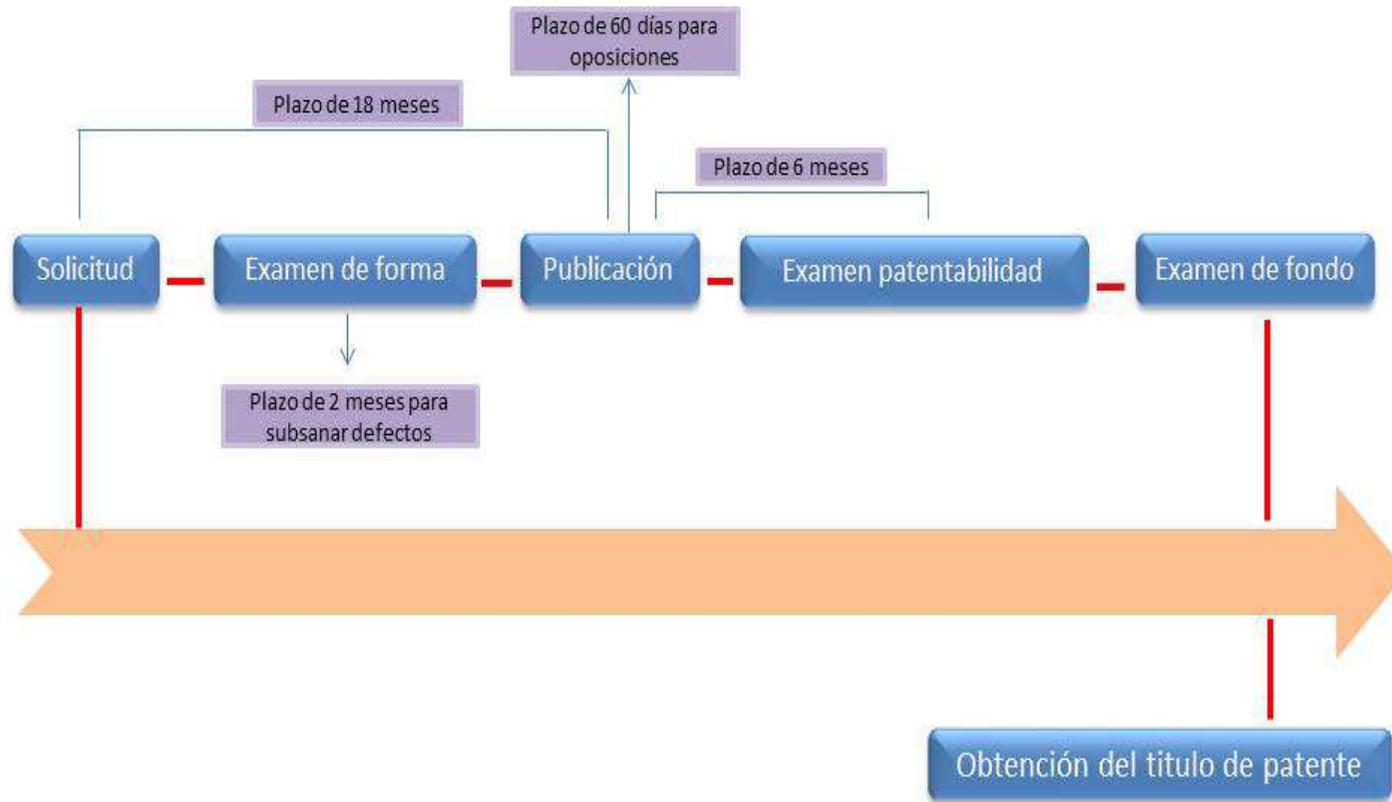
## **REGISTRO DE PATENTES EN ECUADOR: TRAMITACIÓN**

“La autoridad administrativa en materia de propiedad industrial en Ecuador, que tiene, entre otras facultades, la de registrar patentes es el Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual (IEPI).

El procedimiento para el registro de una patente en Ecuador tiene los siguientes pasos:

- ✓ Presentación de la solicitud ante el IEPI y pago de la tasa de mantenimiento de la primera anualidad.
- ✓ Examen de forma. Tras la solicitud el Instituto realiza un examen de forma de la documentación para comprobar que la solicitud es clara y está correctamente presentada. En el caso no se cumpla con los requisitos formales, el solicitante tiene un periodo de 2 meses para subsanar los defectos.
- ✓ Publicación en un plazo de 18 meses a partir de la fecha de solicitud. A partir de la publicación, se abre un plazo de 60 días para oposición. Si se llevan a cabo oposiciones, se abre un periodo para discutir las; si no hay oposición el Instituto efectuará un examen final y decidirá si conceder o negar la patente solicitada.
- ✓ Solicitación de un examen de patentabilidad. Se recuerda que para la tramitación de una patente en Ecuador es necesario solicitar este examen, que puede hacerse dentro de 6 meses a partir de la publicación, y se puede realizar aunque hayan oposiciones.
- ✓ Examen de fondo. Se determina la patentabilidad de la invención.
- ✓ Resolución de concesión” (IEPI, 2015).



**Tabla 37:** Diagrama de registro de patentes

**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual IEPI, 2015.

**ANEXO 17**  
**PLANOS**