

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**“DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA  
GRAVIMÉTRICA PARA EL LLENADO CON TIERRA DE BOLSAS  
USADAS EN VIVEROS FORESTALES”**

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

**JUAN GABRIEL CANGAS HERRERA  
CHRISTIAN JAVIER CHAGUAMATE REMACHE**

**DIRECTOR: ING. JUAN ANTONIO SERRANO**

**Quito, Abril 2007**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Juan Gabriel Cangas Herrera, Christian Javier Chaguamate Remache declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Juan Gabriel Cangas H.**

---

**Christian Javier Chaguamate R**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Gabriel Cangas Herrera y Christian Javier Chaguamate Remache, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Juan Antonio Serrano**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

- Al divino Niño Jesús, por darme la sabiduría y fuerzas para cumplir todas mis metas
- A todas las personas que colaboraron en la elaboración de este proyecto de manera especial a los Ings. Hugo Dután, Patricio Estupiñán, Gabriel Velasteguí.
- Al Ing. Juan Antonio Serrano, por su acertada dirección.

CHRISTIAN Y JUAN

## **DEDICATORIA**

- A nuestros padres y hermanos, por el constante apoyo brindado a lo largo de nuestra formación profesional

CHRISTIAN Y JUAN

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	18
<b>CAPITULO 1</b> .....	19
<b>GENERALIDADES</b> .....	19
1.1    INTRODUCCIÓN.....	19
1.2    VIVEROS FORESTALES .....	19
1.2.1    TIERRA A USARSE PARA EL LLENADO DE LA BOLSAS .....	20
1.2.2    PREPARACIÓN DE LAS BOLSAS PARA EL LLENADO.....	20
1.3    IMPORTANCIA DEL PALMITO.....	21
1.3.1    PROCESO DE GERMINACIÓN DEL PALMITO .....	21
1.3.1.1    Tratamiento de la semilla y siembra .....	21
1.3.1.2    Germinación .....	22
1.3.1.3    El palmito en el Ecuador.....	23
1.3.1.4    Distribución geográfica de la producción .....	23
1.4    OBJETIVOS .....	24
1.4.1    OBJETIVO GENERAL: .....	24
1.4.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	24
1.5    ALCANCES.....	25
<b>CAPITULO 2</b> .....	25
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	25
2.1    MANEJO DE MATERIALES .....	25
2.1.1    MANEJO DE MATERIALES .....	26
2.1.2    IMPORTANCIA DEL MANEJO DE MATERIALES .....	26
2.1.3    SISTEMAS PARA EL MANEJO DE MATERIALES.....	26
2.2    SISTEMA DE DOSIFICACIÓN .....	27
2.2.1    DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS.....	28
2.2.1.1    Dosificadores de tornillo .....	29
2.2.1.2    Dosificadores de compuerta rotativa .....	30
2.2.1.3    Dosificador de banda rodante.....	30
2.2.2    DOSIFICADORES GRAVIMÉTRICOS .....	31
2.2.2.1    Dosificadores gravimétricos de banda .....	31
2.2.2.2    Dosificador de pérdida de peso .....	32
2.3    TIPOS DE TRANSPORTADORES DE MATERIALES .....	32
2.3.1    TRANSPORTADORES DE PALETAS .....	33
2.3.2    TRANSPORTADORES DE SINFÍN O HELICOIDALES .....	34
2.3.3    TRANSPORTADORES DE BANDA.....	34
2.3.4    TRANSPORTADORES DE CADENAS .....	35
2.4    CORROSIÓN.....	35
2.4.1    TIPOS DE CORROSIÓN .....	36
2.4.1.1    General o Uniforme .....	36
2.4.1.2    Galvánica.....	37
2.4.1.3    Metales Líquidos.....	38
2.4.1.4    Altas Temperaturas .....	38
2.4.1.5    Localizada .....	38
2.5.1.5.1    Corrosión por Fisuras o “Crevice”.....	38
2.5.1.5.2    Corrosión por Picadura o “Pitting” .....	39

2.5.1.6	Corrosión Microbiológica (MIC) .....	40
2.4.2	<b>CONTROL DE LA CORROSIÓN</b> .....	40
2.5.1.7	Protección catódica .....	40
2.5.1.8	Protección anódica .....	40
2.5.1.9	Selección de materiales .....	41
2.5.1.10	Recubrimientos .....	41
2.5.1.10.1	Recubrimientos metálicos .....	41
2.5.1.10.2	Recubrimientos inorgánicos .....	42
2.5.1.10.3	Recubrimientos orgánicos .....	42
2.5.1.11	Diseño .....	42
2.5.2	<b>ABRASIÓN</b> .....	43
2.4.2.1	Tipos de desgaste por abrasión .....	44
2.4.2.1.1	Desgaste por adherencia .....	44
2.4.2.1.2	Desgaste por abrasión .....	44
2.4.2.1.3	Desgaste por ludimiento .....	45
2.4.2.1.4	Desgaste por fatiga .....	45
2.4.2.1.5	Desgaste por erosión .....	45
2.4.2.1.6	Erosión por cavitación .....	46
2.4.2.2	Diseño para proporcionar resistencia al desgaste por adherencia y por abrasión 46	
2.4.2.2.1	Capa Protectora .....	47
2.4.2.2.2	Principio de Conversión .....	48
2.4.2.2.3	Principio de Diversificación .....	48
2.5	<b>ANTECEDENTES DE MAQUINARIA PARA ENVASAR TIERRA, EXISTENTE EN EL PAÍS</b> .....	49
	<b>CAPITULO 3</b> .....	50
	<b>PREFACTIBILIDAD</b> .....	50
3.1	<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	50
3.1.1	<b>SITUACIÓN INICIAL</b> .....	50
3.1.2	<b>SITUACIÓN FINAL</b> .....	50
3.2	<b>ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	50
3.3	<b>RESTRICCIONES Y LIMITACIONES</b> .....	51
3.3.1	<b>MATERIALES A UTILIZAR</b> .....	51
3.3.2	<b>ENERGÍA DISPONIBLE</b> .....	51
3.3.3	<b>PESO DE LA MÁQUINA</b> .....	51
3.3.4	<b>COSTO MÁXIMO</b> .....	51
3.3.5	<b>FACILIDAD DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b> .....	52
3.4	<b>ESPECIFICACIONES</b> .....	52
3.4.1	<b>PARÁMETROS FUNCIONALES</b> .....	52
3.4.2	<b>AMBIENTE DE TRABAJO</b> .....	52
3.4.2.1	Características Medio Ambientales .....	52
3.4.2.2	Características de la tierra envasar .....	52
3.4.3	<b>VIDA ÚTIL DE LA MÁQUINA</b> .....	53
3.4.4	<b>COSTOS DE LA MÁQUINA</b> .....	53
3.4.5	<b>APARIENCIA</b> .....	53
3.4.6	<b>MATERIALES</b> .....	54
3.4.7	<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b> .....	54
	<b>CAPITULO 4</b> .....	55
	<b>FACTIBILIDAD</b> .....	55

4.1	ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	55
4.1.1	SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y ENVASADO DE TIERRA .....	55
4.1.1.1	Dosificadores de Compuerta Rotativa .....	55
4.1.1.2	Dosificadores con dispositivos de compuerta .....	56
4.1.1.3	Dosificadores con compuerta tipo revólver.....	57
4.1.2	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL TRANSPORTE DE TIERRA. 57	
4.1.2.1	Transportadores de sinfín o helicoidales.....	58
4.1.2.2	Transportadores de banda o cinta .....	60
4.1.3	ALTERNATIVAS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA.....	61
4.1.3.1	Aceros especiales (Chronit).....	61
4.1.3.2	Acero galvanizado .....	61
4.1.3.3	Acero común, con recubrimiento de pintura anticorrosiva .....	62
4.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	62
4.2.1	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA DOSIFICACIÓN Y ENVASADO DE TIERRA .....	62
4.2.1.1	Método de selección .....	63
4.2.1.2	Decisión de la alternativa .....	64
4.2.1.3	Evaluación de los factores involucrados en la selección de la alternativa 64	
4.2.1.3.1	Cantidad de tierra a envasar.....	65
4.2.1.3.2	Costo.....	65
4.2.1.3.3	Rapidez de envasado .....	65
4.2.1.3.4	Peso de la dosificadora.....	66
4.2.1.3.5	Mantenimiento .....	66
4.2.1.3.6	Precisión deseada .....	67
4.2.1.3.7	Facilidad de operación .....	67
4.2.1.3.8	Facilidad de construcción.....	68
4.2.1.3.9	Durabilidad .....	68
4.2.1.3.10	Montaje y desmontaje .....	69
4.2.1.4	Matriz de decisión.....	69
4.2.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL TRANSPORTE DE TIERRA. 70	
4.2.2.1	Parámetros para la selección del transportador .....	73
4.2.2.2	Tornillo helicoidal o sinfín .....	74
4.2.2.2.1	Cálculo de la potencia requerida.....	74
4.2.2.2.2	Cálculo de la longitud a transportar .....	76
4.2.2.2.3	Cálculo de la capacidad corregida de material a transportar (Cc) .....	76
4.2.2.2.4	Cálculo del factor por el material (F).....	77
4.2.2.2.5	Cálculo del factor de tamaño de transportador helicoidal (A).....	78
4.2.2.2.6	Determinación de las revoluciones máximas para el transportador.....	79
4.2.2.3	Bandas o cintas transportadoras.....	80
4.2.2.3.1	Potencia requerida para mover la banda vacía .....	80
4.2.2.3.2	Potencia requerida para mover la carga horizontalmente .....	80
4.2.2.3.3	Potencia requerida para subir la carga si el transportador está inclinado 81	
4.2.2.3.4	Inclinación de la banda.....	81
4.3	DISEÑO DE LA MAQUINA DOSIFICADORA-ENVASADORA.....	82



4.3.1	DISEÑO DE LA TOLVA .....	82
4.3.1.1	Selección del Material.....	82
4.3.1.2	Requerimientos funcionales de la tolva .....	83
4.3.1.3	Espesor de las placas de la tolva.....	85
4.3.1.4	Análisis de la tolva según la Teoría del esfuerzo cortante máximo.....	88
4.3.1.5	Diseño Estático para la Soldadura de la Tolva .....	88
4.3.1.6	Factor de seguridad estático para la soldadura de la tolva .....	91
4.3.1.7	Diseño Dinámico para la Soldadura de la Tolva .....	91
4.3.1.8	Factor de seguridad dinámico para la soldadura de la tolva .....	94
4.3.2	DISEÑO DE LOS CILINDROS DOSIFICADORES .....	95
4.3.2.1	Selección del Material para los cilindros dosificadores.....	95
4.3.2.2	Dimensionamiento de los cilindros dosificadores .....	95
4.3.2.3	Espesor de las paredes del los cilindros dosificadores.....	96
4.3.2.3.1	Esfuerzo tangencial ( $\sigma_t$ ) .....	97
4.3.2.3.2	Esfuerzo longitudinal ( $\sigma_l$ ) .....	98
4.3.3	DISEÑO DE LOS DISCOS DE DOSIFICACIÓN .....	99
4.3.3.1	Selección del Material.....	99
4.3.3.2	Diseño del disco superior .....	100
4.3.3.3	Diseño del disco inferior .....	100
4.3.4	DISEÑO DE LOS ACOPLER DE UNIÓN CILINDROS DOSIFICADORES – DISCO SUPERIOR .....	101
4.3.4.1	Selección del Material para el acople de unión Cilindros dosificadores – Disco superior .....	102
4.3.5	DISEÑO DE LA SOLDADURA ACOPLER DE UNIÓN – CILINDRO DOSIFICADOR.....	103
4.3.6	DISEÑO DE LAS REDUCCIONES PARA EL ENVASADO DE TIERRA 103	
4.3.6.1	Selección del Material para la reducción de salida de la tierra .....	104
4.3.7	SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR .....	105
4.3.7.1	Selección de la velocidad de salida del motorreductor (rpm) .....	105
4.3.7.2	Selección de la potencia del motorreductor .....	106
4.3.7.2.1	Determinación del Momento de inercia del Sistema de Dosificación <sup>37</sup> 106	
4.3.7.2.2	Momento del Eje Central .....	106
4.3.7.2.3	Momento de Inercia del Disco Superior de la dosificadora .....	107
4.3.7.2.4	Momento de Inercia de los Cilindros Dosificadores.....	108
4.3.7.2.5	Momento de Inercia de la tierra .....	109
4.3.8	ANÁLISIS DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO DE LA DOSIFICADORA - ENVASADORA .....	113
4.3.8.1	Velocidad y aceleración del mecanismo .....	115
4.3.8.1.1	Análisis de velocidad .....	116
4.3.8.1.2	Análisis de Aceleración.....	117
4.3.9	DISEÑO DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO DE LA DOSIFICADORA – ENVASADORA.....	119
4.3.9.1	Selección del material .....	120
4.3.9.2	Diseño del eje para la salida del motorreductor .....	120
4.3.9.3	Diseño del acople de unión eje – brazo del mecanismo.....	121
4.3.9.4	Diseño del pasador para el eje – bocín.....	122
4.3.9.5	Diseño del brazo guía del mecanismo.....	124

4.3.9.6	Diseño del acople de unión brazo guía - porta rodamientos .....	124
4.3.9.7	Diseño del porta rodamientos .....	125
4.3.9.8	Selección de los cojinetes de rodamiento para el brazo guía .....	126
4.3.9.9	Diseño del brazo actuador .....	128
4.3.9.10	Diseño del anillo metálico .....	130
4.3.9.11	Selección del resorte .....	131
4.3.10	DISEÑO DEL SOPORTE PARA LA TOLVA .....	135
4.3.10.1	Anclajes del soporte de la tolva al disco inferior .....	136
4.3.11	DISEÑO DEL EJE CENTRAL DE LA DOSIFICADORA – ENVASADORA .....	137
4.3.11.1	Diseño estático .....	137
4.3.11.2	Diseño dinámico .....	139
4.3.11.3	Selección del Cojinete de rodamiento .....	142
4.3.12	DISEÑO DEL DISCO DE ACOPLA EJE CENTRAL – DISCO SUPERIOR .....	144
4.3.12.1	Selección del Material para el disco de acople eje central – disco superior 144	
4.3.13	DISEÑO DE SOPORTE DE LA DOSIFICADORA – ENVASADORA. 145	
4.3.13.1	Selección del Material para el soporte de la dosificadora - envasadora 146	
4.3.13.2	Determinación de la dimensiones del soporte de la dosificadora - envasadora 146	
4.3.14	DISEÑO DEL DISCO DE ACOPLA SOPORTE – DISCO INFERIOR.. 151	
4.3.14.1	Selección del Material para el disco de acople Soporte – disco inferior 151	
4.3.14.2	Diseño de la soldadura soporte – disco de acople inferior .....	152
4.3.14.2.1	Soldadura de filete .....	153
4.3.14.3	Factor de seguridad para la soldadura soporte – disco de acople inferior 155	
4.3.15	DISEÑO DE LA MESA DE SOPORTE PARA EL SISTEMA DE LA DOSIFICADORA – ENVASADORA .....	155
4.3.15.1	FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA MESA SOPORTE .....	156
4.4	CONSTRUCCION DE LA DOSIFICADORA-ENVASADORA .....	157
4.4.1	MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA DOSIFICADORA-ENVASADORA .....	157
4.4.2	PERSONAL REQUERIDO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA .....	158
4.4.3	PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN .....	159
4.4.3.1	Construcción de la Tolva .....	159
4.4.3.2	Construcción de los cilindros dosificadores .....	159
4.4.3.3	Construcción de los discos de dosificación .....	160
4.4.3.4	Construcción de las placas de flujo y placa base de la tolva .....	161
4.4.3.5	Construcción de las reducciones para el envasado de tierra .....	161
4.4.3.6	Construcción de los acoples de unión .....	162
4.4.3.7	Construcción de los ejes .....	162
4.4.3.8	Construcción del tubo soporte de la dosificadora-ensavadora .....	163
4.4.3.9	Construcción de las platinas soportes de la tolva .....	163
4.4.3.10	Construcción de los porta rodamientos .....	164
4.4.3.11	Construcción del brazo guía y brazo actuador del mecanismo .....	164

4.4.3.12	Construcción del anillo metálico .....	165
4.4.3.13	Construcción de los discos de acople.....	165
4.4.4	Proceso de pintura.....	166
4.5	PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	166
4.5.1	VERIFICACIÓN DEL MONTAJE.....	166
4.5.2	PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN.....	167
4.5.2.1	Pruebas en vacío .....	167
4.5.2.2	Pruebas a plena carga.....	167
4.5.3	PRUEBAS DE LLENADO EN LAS BOLSAS.....	167
4.5.4	VERIFICACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS .....	168
4.6	COSTO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA-ENVASADORA .....	168
4.6.1	COSTOS DEL MOTORREDUCTOR .....	169
4.6.2	COSTOS DE MATERIALES .....	169
4.6.3	COSTOS DE MANO DE OBRA.....	170
4.6.4	COSTO DE MONTAJE Y PRUEBAS.....	171
4.6.5	COSTO DE DISEÑO Y OTROS .....	172
4.6.6	COSTO TOTAL .....	172
	<b>CAPITULO 5</b> .....	174
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	174
5.1	CONCLUSIONES .....	174
5.2	RECOMENDACIONES .....	175
	BIBLIOGRAFIA .....	176
	<b>ANEXOS</b> .....	178
	TABLAS PARA SELECCIONAR ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE TIERRA.....	A1
	PARAMETROS DE SELECCIÓN PARA BANDAS TRANSPORTADORAS.....	A2
	CATALOGOS DE ACERO “DIPAC”.....	A3
	CATALOGOS DE ACERO “BOHLER”.....	A4
	CATALOGOS DE MOTORES .....	A5
	CATALOGOS DE PERNOS Y TORNILLOS.....	A6
	CATALOGOS DE RODAMIENTOS “FAG”.....	A7
	RESULTADOS DEL PROGRAMA “SAP” .....	A8
	WPS.....	A9
	ANEXOS FOTOGRAFICOS.....	A10
	PLANOS DE FABRICACIÓN.....	A11

## 1 ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 1.1 Distribución geográfica de producción de palmito .....	8
CAPÍTULO 4 .....	39
Tabla 4.1 Matriz de calificación de factores .....	47
Tabla 4.2 Importancia y características de los factores de decisión 48 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 4.3 Cantidad de tierra a envasar .....	49
Tabla 4.4 Costo de la máquina .....	49
Tabla 4.5 Rapidez de envasado.....	50
Tabla 4.6 Peso de la dosificadora .....	50
Tabla 4.7 Mantenimiento .....	51
Tabla 4.8 Precisión de la dosis deseada .....	51
Tabla 4.9 Facilidad de operación .....	51
Tabla 4.10 Facilidad de construcción.....	52
Tabla 4.11 Durabilidad.....	52
Tabla 4.12 Facilidad de montaje y desmontaje .....	53
Tabla 4.13 Matriz de decisión .....	53
Tabla 4.14 Margen de seguridad de los motores .....	59
Tabla 4.15 Reducción de la capacidad del helicoidal en planos inclinados.....	60
Tabla 4.16 Grupos característicos de algunos materiales .....	61
Tabla 4.17 Tamaño del diámetro de la hélice.....	62
Tabla 4.18 Factor de tamaño de transportador helicoidal (A).....	63
Tabla 4.19 Revoluciones máximas para distintos diámetros.....	63
Tabla 4.20 Vida de cojinetes recomendadas para maquinaria diversa .....	107
Tabla 4.21 Factores de aplicación de carga.....	108
Tabla 4.22 Constantes a emplear para estimar la resistencia a la tensión de algunos aceros para resortes .....	114
Tabla 4.23 Factores de carga radial equivalente.....	124
Tabla 4.24 Peso de los diferentes elementos de la dosificadora – envasadora.....	128
Tabla 4.25 Construcción de la tolva .....	140
Tabla 4.26 Construcción de los discos de dosificación.....	140

Tabla 4.27 Construcción de los discos de dosificación.....	141
Tabla 4.28 Construcción de las placas de flujo y placa base de la tolva .....	141
Tabla 4.29 Construcción de los conos de llenado.....	142
Tabla 4.30 Construcción de los bocines.....	142
Tabla 4.31 Construcción de los ejes .....	143
Tabla 4.32 Construcción del tubo soportante .....	143
Tabla 4.33 Construcción de las platinas soportes de la tolva .....	144
Tabla 4.34 Construcción del porta rodamientos .....	144
Tabla 4.35 Construcción del brazo guía del mecanismo.....	145
Tabla 4.36 Construcción del anillo metálico .....	145
Tabla 4.37 Construcción de los discos de acople .....	146
Tabla 4.38 Costos de motorreductor .....	146
Tabla 4.39 Costos de materiales utilizados en la construcción de la dosificadora- envasadora .....	150
Tabla 4.40 Costo de mano de obra.....	151
Tabla 4.41 Costo de montaje y pruebas .....	152
Tabla 4.42 Costo de diseño y otros relacionados.....	152
Tabla 4.43 Costos adicionales .....	152
Tabla 4.44 Costo total de la máquina dosificadora- envasadora .....	153

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 1.1 Proceso manual para el llenado con tierra de bolsas plásticas.....	4
Figura 1.2 Zona productoras de palmito en el Ecuador .....	7
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	10
Figura 2.1 Dosificador de tornillo.....	1;¡Error! Marcador no definido.
Figura 2.2 Dosificador de compuerta rotativa .....	14
Figura 2.3 Dosificador de banda rodante .....	15
Figura 2.4 Dosificador gravimétrico de banda rodante.....	15
Figura 2.5 Dosificador gravimétrico, formado por la combinación de un dosificador volumétrico de compuerta rotativa .....	16
Figura 2.6 Transportador de paletas.....	17
Figura 2.7 Transportador de sin fin o helicoidal.....	18
Figura 2.8 Banda transportadora.....	19
Figura 2.9 Corrosión galvánica.....	21
Figura 2.10 Corrosión por fisuras .....	2;¡Error! Marcador no definido.
Figura 2.11 Corrosión por adherencia.....	28
Figura 2.12 Corrosión por abrasión .....	28
Figura 2.13 Desgaste por fatiga .....	29
Figura 2.14 Desgaste por erosión .....	30
Figura 2.15 Desgaste por cavitación .....	30
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	39
Figura 4.1 . Dosificadores de Compuerta Rotativa.....	40
Figura 4.2 Dosificador con dispositivos de compuerta con regulación volumétrica..	40
Figura 4.3 Dosificador tipo revólver .....	41
Figura 4.4 Esquematización para el dimensionamiento de la máquina .....	57
Figura 4.5 Dimensiones básicas de la tolva.....	67
Figura 4.6 Esquema de la tolva.....	69
Figura 4.7 Dimensiones de la tolva de alimentación .....	70
Figura 4.8 Acción de la presión interna P sobre las paredes de la tolva .....	73
Figura 4.9 Dimensiones de los cilindros dosificadores.....	76

Figura 4.10 Dimensiones para el cálculo del esfuerzo tangencial en los cilindros dosificadores.....	77
Figura 4.11 Dimensiones para el cálculo del esfuerzo longitudinal en los cilindros dosificadores.....	78
Figura 4.12 Esquema del disco superior .....	80
Figura 4.13 Esquema del disco inferior .....	81
Figura 4.14 Acople de unión cilindros dosificadores - disco superior.....	82
Figura 4.15 Esquema del acople de unión.....	83
Figura 4.16 Tipos de junta y cordones de soldadura para el acople – cilindro dosificador .....	84
Figura 4.17 Tubo reductor para el envasado de tierra.....	85
Figura 4.18 Esquema de la Dosificadora.....	87
Figura 4.19 Momento de inercia del disco superior .....	88
Figura 4.20 Momento de inercia de los Cilindros Dosificadores .....	89
Figura 4.21 Volumen de tierra contenido en los Cilindros Dosificadores .....	90
Figura 4.22 Cargas que debe vencer la potencia del motorreductor.....	92
Figura 4.23 Posiciones extremas e intermedias del mecanismo de accionamiento .....	9;Error! Marcador no definido.
Figura 4.24 Condiciones del mecanismo para el análisis de aceleración y velocidad	96
Figura 4.25 Análisis de velocidad para el mecanismo.....	97
Figura 4.26 Resultado del análisis de velocidad (m/s) para el mecanismo de accionamiento de la dosificadora envasadora .....	98
Figura 4.27 Análisis de aceleración para el mecanismo .....	99
Figura 4.28 Resultado del análisis de aceleraciones para el mecanismo de accionamiento de la dosificadora envasadora .....	100
Figura 4.29 Dimensiones del eje del motorreductor (en mm).....	102
Figura 4.30 Esquema del acople de unión eje – brazo.....	102
Figura 4.31 Posición del pasador en el acople de unión .....	103
Figura 4.32 Esquema del brazo del mecanismo .....	105
Figura 4.33 Esquema acople de unión brazo guía – porta rodamientos.....	106
Figura 4.34 Dimensiones del porta rodamientos .....	106
Figura 4.35 Esquema y dimensiones principales para el brazo actuador.....	109
Figura 4.36 Dimensiones y posición del anillo metálico .....	111

Figura 4.37 Elemento de acople para el brazo actuador y el anillo metálico.....	111
Figura 4.38 Dimensiones del resorte de tensión.....	112
Figura 4.39 Configuración y dimensiones de los soportes de la tolva.....	116
Figura 4.40 Configuración y dimensiones de los anclajes para los soportes de la tolva .....	117
Figura 4.41 Diagrama de cuerpo libre para el eje central .....	118
Figura 4.42 Círculo de Mohr para el eje central.....	119
Figura 4.43 Relaciones esfuerzo-tiempo: a) esfuerzo fluctuante con pulsaciones de alta frecuencia; b) y c) esfuerzo fluctuante no senoidal; d) esfuerzo fluctuante senoidal; e) esfuerzo repetido; f)esfuerzo alternante senoidal con inversión completa .....	121
Figura 4.44 Diagrama de Goodman para el eje central.....	122
Figura 4.45 Disco de acople eje central – disco superior.....	125
Figura 4.46 Disco de acople superior, dimensiones principales.....	126
Figura 4.47 Elementos principales de la dosificadora - envasadora.....	127
Figura 4.48 Ubicación de las cargas sobre el soporte .....	128
Figura 4.49 Diagrama de cuerpo libre para el soporte .....	129
Figura 4.50 Tipos de columnas. a) Extremos articulados; b) Extremos empotrados; c) Un extremo empotrado y el otro articulado; d) Un extremo empotrado y el otro libre	130
Figura 4.51 Disco de acople Soporte – Disco Inferior.....	131
Figura 4.52 Disco de acople inferior, dimensiones principales.....	132
Figura 4.53 Tipos de junta y cordones de soldadura para el soporte – disco de acople	133
Figura 4.54 Análisis de cuerpo libre para la soldadura .....	133
Figura 4.55 Diagrama del circulo de Mohr para la soldadura .....	134
Figura 4.56 Esfuerzos de von Mises en la mesa soporte.....	136



## RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto el diseño y construcción de una máquina semiautomática gravimétrica para el llenado con tierra de bolsas usadas en viveros forestales.

La producción de llenado de bolsas que se quiere alcanzar con ésta máquina es de 30 bolsas por minuto, considerando que cada bolsa llena tiene un volumen aproximado de  $1330 \text{ cm}^3$ .

Adicionalmente al Diseño y Construcción de la Dosificadora – Envasadora, se realizará un estudio sobre un sistema de manejo de materiales que permita transportar la tierra desde el suelo hasta la dosificadora.

El proyecto recopila ciertos fundamentos teóricos acerca de la importancia que tendrá ésta máquina en el sector agrícola, especialmente para los pequeños y medianos productores.

Una vez descrito el sustento teórico se estudia los distintos tipos de sistemas de dosificación existentes en el mercado, encaminándose principalmente a los utilizados para la dosificación de sólidos.

Para el diseño y dimensionamiento de cada elemento que conforma la máquina se debe tener en cuenta parámetros como peso, materiales, facilidad de adquisición en el mercado, facilidad de mantenimiento y optimización en la construcción.

El proceso constructivo de las distintas partes que componen dicha máquina y su posterior ensamblaje, se lo hará luego de elaborar los distintos planos de taller.

Para determinar el costo total de la máquina dosificadora – envasadora, se realiza un análisis de costos tanto de diseño, construcción y montaje.

## PRESENTACIÓN

El desarrollo de los viveros forestales en nuestro país ha logrado tal importancia que se ha convertido en una potencial fuente de trabajo para el sector agrícola y el fortalecimiento de la economía nacional.

Para los cultivos de viveros forestales es necesario la germinación de la planta en un tiempo determinado, usando para ello bolsas de germinación (bolsas plásticas llenas de tierra), además que servirán también para su transporte a los diversos sectores del país. Uno de los principales cultivos que se hallan en pleno desarrollo en el Ecuador, es la producción de palmito, cuya exportación se da principalmente a países europeos y sudamericanos, lo que hace imperativo agilizar el proceso de llenado de bolsas

Es así, que el presente trabajo, surge con la finalidad de favorecer a todo el sector agrícola del país, al diseñar y construir una máquina dosificadora – envasadora de sólidos, para llenar semi automáticamente las bolsas de tierra, ya que no existe hasta el momento ninguna máquina que cumpla con la función de llenado de bolsas.

# CAPITULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país petrolero pero potencialmente agrícola, de ahí que es necesario apoyar el agro que se convierte en un lugar propicio para fortalecer la economía nacional y crear nuevas plazas de trabajo.

Mucha de la población de las zonas rurales se dedica a la agricultura o a la ganadería, existiendo en estas áreas excelentes oportunidades de desarrollo para los pequeños y medianos productores, es por eso que se hace necesario automatizar los procesos utilizados tanto en la agricultura como en la ganadería, para elevar la producción.

### 1.2 VIVEROS FORESTALES

El vivero es un conjunto de instalaciones que tiene como propósito fundamental la producción de plantas.

Independientemente del origen de una planta, ya sea a partir de una semilla, de un segmento o por cultivo de tejidos, los primeros días de vida son los más críticos para su sobrevivencia. Con el propósito de lograr que un mayor número de plantas sobreviva a esta etapa se utilizan instalaciones especiales en las que se manejan las condiciones ambientales y se proporcionan las condiciones de crecimiento más favorables para que las nuevas plantas continúen su desarrollo y adquieran la fortaleza necesaria para transplantarlas al lugar en el cual pasarán el resto de su vida.

“Debido a los fuertes problemas de deforestación, a la pérdida de biodiversidad que sufre el país y a la gran necesidad de reforestar; los viveros pueden funcionar no sólo como fuente productora de plantas, sino también como sitios de investigación donde se experimente con las

especies nativas de interés, con la finalidad de propiciar la formación de bancos temporales de germoplasma y plántulas de especies nativas que permitan su caracterización, selección y manejo. Esto permitirá diseñar, conocer y adecuar las técnicas más sencillas para la propagación masiva de estas especies. Además, los viveros también podrían ser sitios de capacitación.”<sup>1</sup>

### **1.2.1 TIERRA A USARSE PARA EL LLENADO DE LA BOLSAS**

La tierra debe ser suelta, de textura arcillosa, esto permite una buena aireación, buen drenaje y facilidad para el llenado de las bolsas y la formación de un buen "pilón".

### **1.2.2 PREPARACIÓN DE LAS BOLSAS PARA EL LLENADO**

Para el crecimiento de las plantas de palmito se utilizan bolsas de polietileno o bolsa plástica de color negro, de 18 a 20 centímetros de alto por 13 a 15 centímetros de diámetro y capacidad de 2 kilogramos de tierra.

Un metro cúbico de tierra alcanza para 300 bolsas aproximadamente, una persona puede manualmente llenar de 400 a 500 bolsas por día o por jornada, estos datos provienen de la experiencia del las personas que se dedican a esta labor.



*Figura 1.1 Proceso manual para el llenado con tierra de bolsas plásticas*

---

<sup>1</sup> [http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec\\_7.htm](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_7.htm)

## **1.3 IMPORTANCIA DEL PALMITO**

El diseño y construcción de la máquina dosificadora - envasadora tiene como fin producir el llenado de bolsas con tierra las cuales serán utilizadas específicamente para la germinación y posterior transporte de palmito, por lo cual se realiza una breve descripción de este producto.

El palmito constituye la parte central o el corazón de algunas palmeras silvestres originarias de la región selvática y amazónica, que para ser producida e industrializada ha sufrido un proceso de adaptación, para transformarse así en una especie de cultivo.

“El palmito es un producto considerado de tipo "gourmet", muy exótico y por tanto de alto valor monetario. El principal consumidor a nivel mundial es Francia, y durante 1983 Brasil proveía del 95.69% del palmito que éste consumía.

Para 1994 este valor se redujo a la mitad, principalmente por el hecho de que el producto brasileño no aseguraba la calidad del palmito.

Esto permitió el ingreso de nuevos participantes en el sector, principalmente Costa Rica y Ecuador, quienes vieron la oportunidad de ingresar en este nuevo mercado. Costa Rica aportaba hasta 1994 con el 27,35% de las importaciones francesas, mientras que Ecuador con el 4,12%, en crecimiento”.<sup>2</sup>

### **1.3.1 PROCESO DE GERMINACIÓN DEL PALMITO**

#### **1.3.1.1 Tratamiento de la semilla y siembra**

El palmito se reproduce generalmente por vía sexual o por semilla, aun cuando se está realizando ensayos de reproducción asexualmente con la programación de los hijuelos. Esta última alternativa de reproducción vegetativa no ha dado aún resultados halagadores como para reemplazar la reproducción sexual o por semilla.

---

<sup>2</sup> <http://www.cfn.org.ec>; Autor : CUPROPAL (Asociación de cultivadores y procesadores de palmito).

### **1.3.1.2 Germinación**

“La reproducción por semilla tiene dos modalidades: la natural, con un porcentaje de germinación del 75 al 80%, y la germinación de bolsas plásticas, con un 90%”.<sup>3</sup>

La primera alternativa o natural consiste en preparar la semilla eliminando la pulpa y fibras de la fruta adheridas a la semilla. Luego ésta es tratada químicamente en solución de fungicidas. El material preparado es pasado a los semilleros. Hay algunas alternativas de preparar los almácigos, las más recomendadas se limitan a buscar suelos sueltos, bien aireados, con acceso al riego, en el que hacen surcos sobre platabandas. Usualmente la siembra para la germinación se realiza en hileras con separación de 7 a 8cm y una distancia entre semillas de 2 a 3 cm. Los almácigos, una vez sembrados, se los cubre con paja, a fin de mantener la humedad y evitar los efectos dañinos del sol. De esta forma, con buena humedad, la germinación ocurre a los dos o cuatro meses. Las plántulas así obtenidas deben trasladarse en bolsas plásticas a los viveros, a las 2 o 3 semanas de haber germinado la semilla. La escarificación mecánica (con arena) y los tratamientos a base de calor aceleran el proceso de germinación.

La alternativa de germinación directa de bolsas plásticas es lo más usual, por cuanto permite un mayor control de la semilla a la vez que se mejora el porcentaje de terminación, y acortándose el tiempo requerido a un mes y medio o dos meses. Los pasos a seguir en este caso incluyen: un despulpado del fruto, para lo cual es aconsejable humedecer la semilla en agua por un par de días a fin que se aflojen las fibras de pulpas adheridas.

La semilla así obtenida deberá colocarse a 2-2.5cm de profundidad, en una bolsa de plástico de 100 a 200 semillas, el conjunto de bolsas se ubicaran en un sitio apropiado a la sombra.

---

<sup>3</sup> <http://www.cfn.org.ec>; Autor: CUPROPAL (Asociación de cultivadores y procesadores de palmito).

Una vez obtenidas las plántulas se transplantan a bolsa plásticas negras de polietileno, de 20 x 30 cm., y se las rellena con tierra bien preparada, mezclada con pequeñas porciones de abono.

### **1.3.1.3 El palmito en el Ecuador**

El palmito que se encuentra en el Ecuador, corresponde a una variedad domesticada perteneciente al género *Bactris*.

La mayor superficie plantada se localiza en la Sierra donde, en el período correspondiente al de referencia del III Censo Nacional Agropecuario, se registraron 8.240 ha.

La principal provincia productora serrana es Pichincha, donde se concentra el 75% de la superficie de la sierra, plantada con esta palmera.

### **1.3.1.4 Distribución geográfica de la producción**

“Tratándose de una planta nativa del país y en función de las condiciones ambientales requeridas por la planta, se observa que este cultivo puede fomentarse en las zonas húmedas de la Costa, Sierra, y Oriente, como se muestra en la figura 1.2”<sup>4</sup>



*Figura 1.2 Zona productoras de palmito en el Ecuador*

---

<sup>4</sup> <http://www.cfn.org.ec>; Autor: CUPROPAL (Asociación de cultivadores y procesadores de palmito).

Dentro de las provincias existen zonas predilectas para la producción de palmito, estas zonas se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 1.1 Distribución geográfica de producción de palmito*

<b>Provincia</b>	<b>Zonas de Producción</b>
Esmeraldas	Quinindé, La Concordia, San Lorenzo, Cayapas
Pichincha	Pedro Vicente Maldonado, Santo Domingo, Puerto Quito
Manabí	Nueva Delicia
Los Ríos	Quevedo
Morona Santiago	Yaupi
Pastaza	Sarayacu, Teniente Hugo Ortiz
Napo	Loreto, Coca, Nueva Rocafuerte
Sucumbíos	Nueva Loja, Shushufindi.

*Elaboración: Propia*

*Fuente: <http://www.cfn.org.ec>; Autor : CUPROPAL (Asociación de cultivadores y procesadores de palmito).*

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar y construir una máquina semiautomática tipo gravimétrica envasadora de sólidos que permita optimizar el proceso de envasado de sólidos (tierra), con el fin de apoyar el desarrollo de los viveros forestales.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Diseñar una máquina que se ajuste a las diferentes condiciones requeridas del medio, como: capacidad y rapidez de envasado, ambiente de trabajo, factores económicos, rentabilidad, etc.

Facilitar con esta máquina el proceso de envasado de sólidos (tierra), reduciendo así el tiempo de envasado que conlleva la operación manual.

Realizar un diseño para que la máquina pueda ser operada por personal no calificado.



Aplicar los conocimientos teórico – prácticos adquiridos en la Carrera, especialmente Elementos y Diseño de Máquinas.

Fomentar la relación entre la Universidad y el sector privado del país mediante la realización de este tipo de proyectos.

Construir la máquina utilizando la tecnología existente en el país, considerando materiales de fácil adquisición en el mercado local.

## **1.5 ALCANCES**

Presentar un panorama general de la situación actual del proceso de envasado de tierra en viveros forestales a nivel nacional.

Determinación de los parámetros fundamentales que intervienen en el envasado de tierra para viveros, como son: densidad, humedad, volumen de las bolsas, etc.

Mejorar el nivel de producción actual mediante la utilización de maquinaria apropiada.

Concentrar en una mínima cantidad de operadores, las tareas de dosificación y envasado, lográndose producciones de hasta 30 bolsas por minuto, dependiendo de las habilidades de los operadores.

Estudio y selección de la alternativa más idónea en base a criterios de Ingeniería Mecánica para el diseño y construcción de la máquina.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 MANEJO DE MATERIALES**

El manejo (transporte) de los materiales puede llegar a ser en realidad el mayor problema de la producción porque agrega muy poco valor al

producto y consume una parte del presupuesto de manufactura. El manejo de materiales incluye consideraciones de movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio

### **2.1.1 MANEJO DE MATERIALES**

“El manejo de materiales es la preparación y colocación de cualquier material para facilitar su movimiento o almacenamiento. Comprende todas las operaciones a las que se somete el producto, excepto el trabajo de elaboración propiamente dicho; y en muchos casos se incluye en éste como una parte integrante del proceso. Cabe destacar que el movimiento de materiales debe reducirse al mínimo eliminando cuantas manipulaciones sea posible”.<sup>5</sup>

### **2.1.2 IMPORTANCIA DEL MANEJO DE MATERIALES**

Desde el punto de vista de la economía es de suma importancia el movimiento y manejo de materiales debido a que alcanzan proporciones elevadas. El costo de mover materiales de un lugar a otro es con frecuencia mayor que el mismo costo de fabricar cualquier producto es por esta razón que el manejo correcto de materiales debe efectuarse con buen rendimiento para reducir los tiempos de transporte al costo más bajo posible y con el mínimo esfuerzo.

Desde el punto de vista del personal el perfeccionamiento de los métodos de manejo de materiales reduce el peligro y la fatiga de muchas tareas de producción.

---

<sup>5</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

Los sistemas para el manejo de materiales, con frecuencia, incluyen muchos mecanismos individuales integrados en una red que se vuelve un factor dominante en el proyecto de una planta, así como en los procesos de fabricación. Pueden requerirse movimientos individuales como traslación o elevación o a su vez una combinación de los dos. La secuencia de los

movimientos puede ser de ida y vuelta sobre la misma trayectoria o bien puede ser unidireccional sobre un sistema transportador continuo. El tipo de material que se transporte puede clasificarse como: sólidos y líquidos.

Los sólidos pueden ser granulares, materiales a granel o empaçado, los líquidos o sólidos granulares también pueden estar en recipientes con lo cual se consideran tipos empaçados.

“El movimiento necesario, la clase y consistencia del artículo que se va a mover así como el tipo de proceso con el que se van a combinar, constituyen una compleja serie de requisitos que se deben estudiar con cuidado a fin de asegurar una justificación económica y la suficiencia técnica”.<sup>6</sup>

## **2.2 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN**

La dosificación se la realiza con el objetivo de envasar un volumen exacto de sólidos o líquidos, de manera que no se arroje ni se desperdicie material ya que esto incurre en un aumento de costo en el producto final.

Los sistemas de dosificación para el envasado de sólidos deben ser considerados de acuerdo al tipo de sólido y a la velocidad de envasado; ya que en base a estos parámetros se seleccionará el tipo de mecanismo a usarse para dosificar.

“El principio de un dosificador es controlar la concentración de los productos agregados y asegurar la mezcla homogénea en un artículo final”.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

<sup>7</sup> Chicaiza, Marco; Costales, Wilson; Automatización de una máquina enfundadora para grano seco; Quito; 2005

de las sustancias en las diferentes etapas de un proceso, están compuestos por servomotores, motores eléctricos, electroimanes, cilindros neumáticos y reguladores, las características de cada uno de estos

componentes son distintas de manera que modifican la distribución de los productos manejados.

Se distinguen tres clases de dosificadores:

- De sólidos secos y sólidos en polvo
- De líquido
- De gas

El estudio de los sistemas de dosificación es muy amplio por lo que se va a considerar únicamente a los dosificadores de sólidos secos y en polvo los cuales pueden ser adaptados a los requerimientos de regular el despacho del producto a embolsar.

Los dosificadores existentes y que pueden ser utilizados para embolsar sólidos son de dos tipos:

- Dosificadores volumétricos
- Dosificadores gravimétricos

### **2.2.1 DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS**

Este tipo de dosificadores se caracterizan porque son alimentados por tolvas equipadas con un agitador de paletas para asegurar una alimentación uniforme e impedir que el producto se aglomere o se forme cúmulos y vacíos.

Los mecanismos de dosificación más conocidos y utilizados son los siguientes:

- Dosificadores de tornillo
- Dosificadores de banda rodante

La calibración de estos mecanismos deberá ser verificada periódicamente en particular si la masa volumétrica está sujeta a variaciones.

### 2.2.1.1 Dosificadores de tornillo

La figura 2.1 es un esquema de un dosificador, cuyo elemento principal es un tornillo situado en la parte inferior de la tolva de alimentación y que libera un volumen determinado de producto cada vuelta.

La rapidez del tornillo está dada por un sistema de reducción de velocidad (por engranajes o bandas) agregado a un motor eléctrico o por el acoplamiento del motor a un variador de velocidad. La variación de la dosificación de la sustancia actúa directamente sobre la velocidad del motor. Este mecanismo puede estar en funcionamiento de manera intermitente o continua.

Este tipo de dosificador es el más utilizado dentro de su clase ya sean por la naturaleza de un producto o por las necesidades en la dosificación y no por la exactitud en el ingreso de la sustancia.

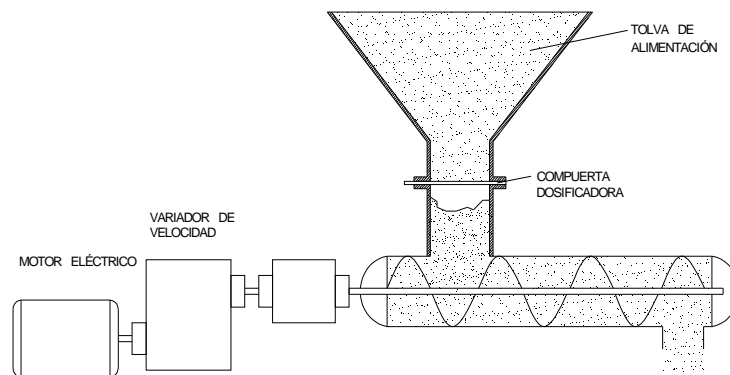
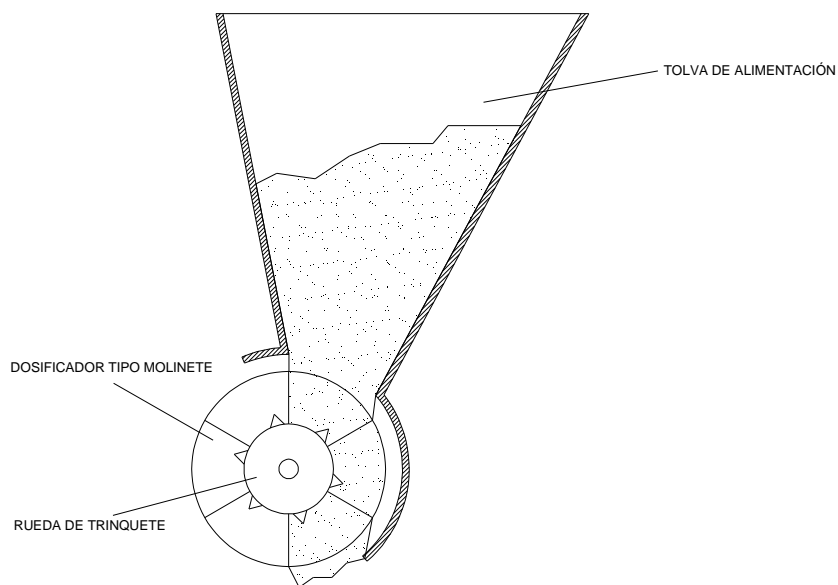


Figura 2.1 Dosificador de tornillo

### 2.2.1.2 Dosificadores de compuerta rotativa

En la figura 2.2 se ilustra la compuerta rotativa que constituye el elemento principal de este dosificador de construcción simple y robusta, el mismo que es menos preciso que el mecanismo de tornillo.

“El motor está equipado con una caja reductora o con un variador de velocidad que permite controlar el movimiento de la compuerta y el despacho del producto.”<sup>8</sup>

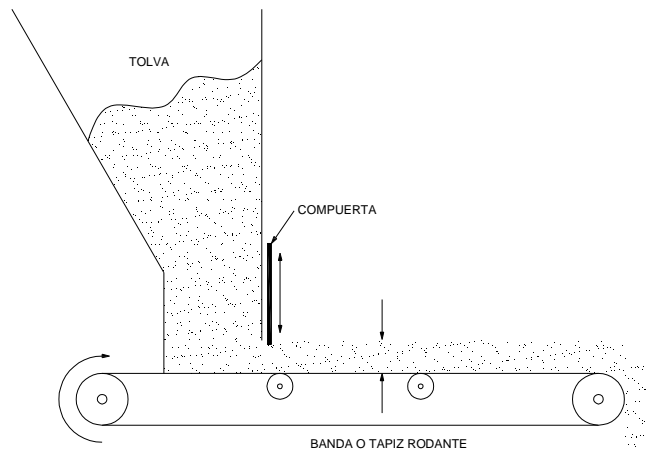


*Figura 2.2 Dosificador de compuerta rotativa*

### 2.2.1.3 Dosificador de banda rodante

El principio de funcionamiento de este tipo de dosificadores está indicado en la figura 2.3 en el cuál su despacho está determinado por dos parámetros, el primero haciendo variar la velocidad de la banda y el segundo modificando la cantidad de producto que pasa a la banda por la regulación de la compuerta a la salida de la tolva. Este dosificador es relativamente simple y no conviene para los sólidos de carácter fundible como el carbón activo que puede traer problemas de estancamiento.

<sup>8</sup> Tello, Edwin; Venegas Christian, “Diseño y construcción de una dosificadora de fertilizante mineral paletizado”; 2000

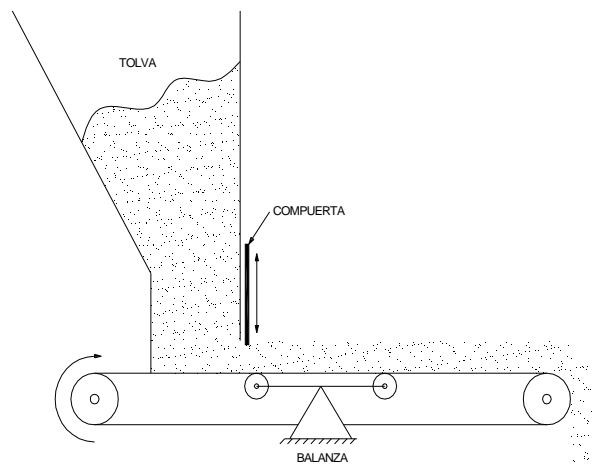


*Figura 2.3 Dosificador de banda rodante*

## **2.2.2 DOSIFICADORES GRAVIMÉTRICOS**

Estos dosificadores son más precisos que los volumétricos ya que la variación de la masa volumétrica aparentemente no influye en la dosis de despacho; entre los más utilizados están los dosificadores de banda y por pérdida de peso.

### **2.2.2.1 Dosificadores gravimétricos de banda**

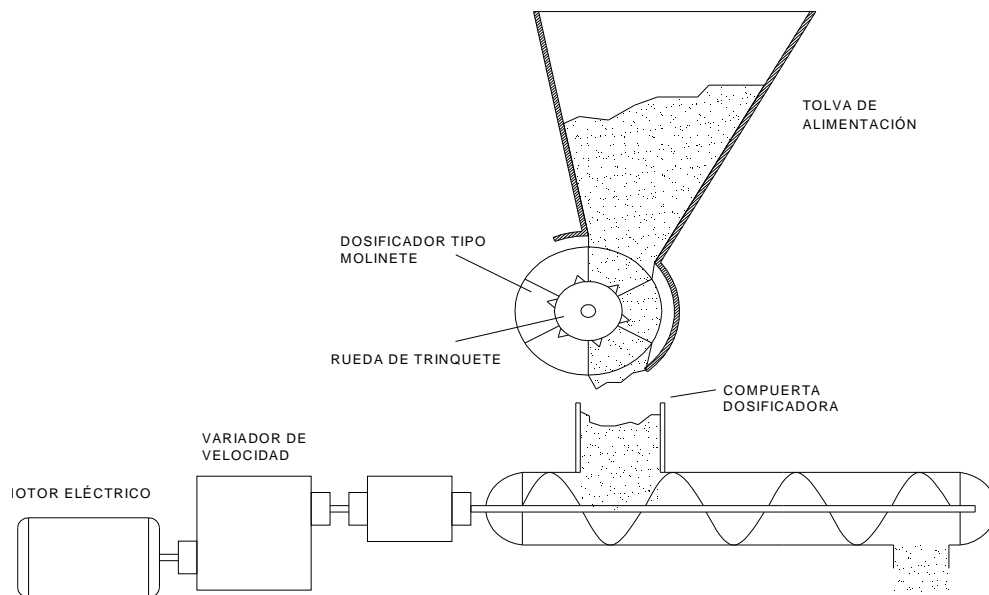


*Figura 2.4 Dosificador gravimétrico de banda rodante con balanza*

La velocidad de la banda o la posición de la compuerta a la salida de la tolva determinan la cantidad del producto sobre la banda; el controlador maneja estos parámetros de acuerdo a la cantidad de producto a dosificar. La compuerta puede ser reemplazada por un dosificador extractor de tornillo y sistema de ponderación por un sistema de rayos gamma.

### 2.2.2.2 Dosificador de pérdida de peso

La mayoría de los dosificadores volumétricos pueden ser adaptados y transformados en dosificadores gravimétricos por pérdida de peso como se indica en la figura 2.5 <sup>9</sup>



*Figura 2.5 Dosificador gravimétrico, formado por la combinación de un dosificador volumétrico de compuerta rotativa, un dosificador volumétrico de tonillo y el pesado de la tolva*

## 2.3 TIPOS DE TRANSPORTADORES DE MATERIALES

Los transportadores son aparatos relativamente fijos diseñados para mover materiales, pueden tener la forma de bandas móviles: rodillos operados externamente o por medio de gravedad o los conductos utilizados para el flujo de líquidos, gases o material en polvo a presión.

<sup>10</sup> Marks, "Manual del Ingeniero Mecánico", 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II



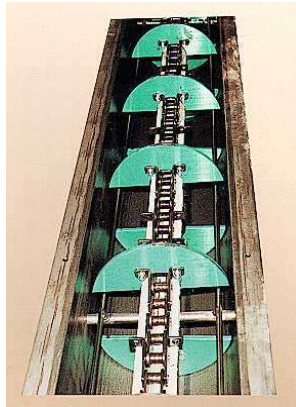
Los transportadores tienen varias características que afectan sus aplicaciones en la industria. Primero son independientes de los trabajadores, es decir, se pueden colocar entre máquinas o entre edificios y el material colocado en un extremo llegará al otro sin intervención humana. Esta característica de independencia conduce a otro factor en el que se puede usar los transportadores para fijar el ritmo de trabajo.

“Otra característica de los transportadores es que siguen rutas fijas. Esto limita su flexibilidad y los hace adecuados para la producción en masa o en procesos de flujo continuo. Existen diferentes sistemas para transportar materiales, los cuales se describen brevemente a continuación.”<sup>10</sup>

### 2.3.1 TRANSPORTADORES DE PALETAS

Los transportadores de paletas se utilizan para mover materiales granulares, en terrones o pulverizados, a lo largo de una trayectoria horizontal o sobre un plano inclinado, rara vez mayor que 40°. El transportador de paletas de construcción usual no se debe especificar para materiales muy abrasivos.

Debido a las mejoras en la soldadura y carburización de las cadenas de eslabones soldados, es posible utilizarlas en transportadores de paletas debido a las ventajas que estas ofrecen como es la economía y la adaptabilidad. En la siguiente figura se muestra un transportador de paletas.



*Figura 2.6 Transportador de paletas*

---

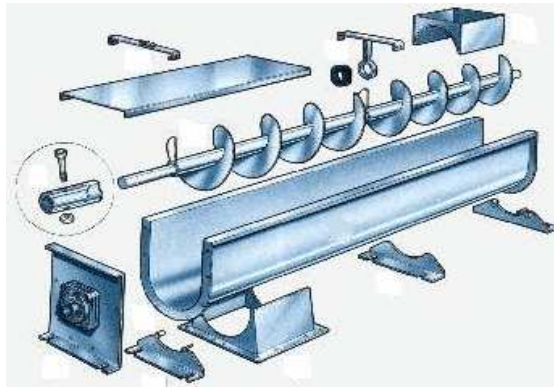
<sup>10</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

Los transportadores de capacidad pequeña funcionan por lo general entre 0.51 y 0.76 m/s mientras que los transportadores de gran capacidad trabaja a 0.51 m/s o con más lentitud ya que sus cadenas de paso largo golpean con fuerza en los dientes de las catalinas con velocidades más altas.

### 2.3.2 TRANSPORTADORES DE SINFIN O HELICOIDALES

“El transportador de sinfín, conocido también como de gusano es uno de los transportadores más antiguos y versátiles, se utiliza a menudo en el transporte de materiales como arenilla, polvos, granos, harinas, etc. Su costo es menor con relación a otro tipo de transportadores, y con una sencilla tapa de lámina, se pueden hacer herméticos al polvo”.<sup>11</sup>

En la figura 2.7 se indica un transportador de sin fin



*Figura 2.7 Transportador de sin fin o helicoidal*

### 2.3.3 TRANSPORTADORES DE BANDA

Este transportador se basa en una banda sustentadora de caucho resistente que circula sobre rodillos y es movida por un juego de cilindros, una tolva de alimentación y eventualmente un carrito de descarga a la salida.

<sup>11</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

El transportador de cinta se utiliza para transportar numerosos productos, ya que la gran variedad de sus accesorios permite realizar prácticamente toda clase de transporte, sea en sentido horizontal u oblicuo, de productos frágiles o abrasivos, calientes o húmedos, a granel o en sacos. Este tipo de aparato tiene también la ventaja de poder alcanzar rendimientos muy elevados (600 t/h) con un consumo relativamente pequeño de energía, sobre todo para el transporte horizontal.



*Figura 2.8 Banda Transportadora*

#### **2.3.4 TRANSPORTADORES DE CADENAS**

El transportador de cadena se compone de una cadena sin fin de eslabones planos con barrotes, que circula en el interior de un cofre de sección rectangular, arrastrando los productos a una velocidad que oscila, en funcionamiento horizontal, entre 0,20 y 1 m/s.

“Este tipo de transportadores pueden ser alimentados o vaciados en diferentes puntos de su recorrido. Sin embargo, su precio es relativamente elevado y es muy ruidoso en las secciones que funcionan sin carga”.<sup>12</sup>

### **2.4 CORROSIÓN**

La corrosión se caracteriza por la presencia del oxígeno en exceso y estando presente la humedad sólo durante una cierta parte del tiempo. El metal está alternativamente mojado y seco, sometido a la acción de la luz del sol y la variabilidad del tiempo. Aproximadamente el 80% del acero que está en uso en la actualidad está sometido a corrosión. Las variables que controlan esta acción son: la proporción del tiempo en que la superficie está mojada, la composición

<sup>12</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

química del aire en contacto con la superficie del metal y la composición del metal.

Los factores de control son la concentración de oxígeno, la concentración de iones-hidrógeno, la composición del agua, velocidad de movimiento, temperatura y el recubrimiento de óxido protector.

La corrosión por el suelo se caracteriza por el hecho de que se combinan algunos de los factores de la corrosión atmosférica, de la corrosión bajo el agua y de la corrosión química, juntamente con otras peculiares de sí misma. Se caracteriza por un marcado picado debido al efecto de la desigualdad del terreno o de la variación de la composición de éste, agua y otros factores locales. “La cantidad de oxígeno disuelto depende del contenido de agua del terreno y varía con la estructuración y composición del mismo, la profundidad, la velocidad de difusión del aire y la velocidad de fluencia de aguas”.<sup>13</sup>

La conductividad eléctrica del agua del terreno es también un factor importante y es influenciada por la concentración de sales presentes en solución.

#### **2.4.1 TIPOS DE CORROSIÓN**

Los tipos de corrosión se pueden clasificar de la siguiente manera:

##### **2.4.1.1 General o Uniforme**

Es aquella corrosión que se produce con el adelgazamiento uniforme producto de la pérdida regular del metal superficial.

De todas las formas de corrosión, la Atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños en el material y en mayor proporción. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando la sal, los compuestos de sulfuro, la humedad y otros agentes o contaminantes atmosféricos están presentes. Para hablar de esta clase de corrosión se la divide según ambientes. Los ambientes atmosféricos son los siguientes:

---

<sup>13</sup> Tecnipress Ingenieros ED, Aceros productos y derivados, Tomo II

**Industriales:** Son los que contienen compuestos sulfurosos, nitrosos y otros agentes ácidos que pueden promover la corrosión de los metales. En adición, los ambientes industriales contienen una gran cantidad de partículas aerotransportadas, lo que produce un aumento en la corrosión.

**Marinos:** Esta clase de ambientes se caracterizan por la presencia de cloruro, un ión particularmente perjudicial que favorece la corrosión de muchos sistemas metálicos.

**Rurales:** En estos ambientes se produce la menor clase de corrosión atmosférica, caracterizada por bajos niveles de compuestos ácidos y otros compuestos agresivos.

#### 2.4.1.2 Galvánica

La corrosión Galvánica es una de las más comunes que se pueden encontrar. Es una forma de corrosión acelerada que puede ocurrir cuando metales distintos (con distinto par redox) se unen eléctricamente en presencia de un electrolito (por ejemplo, una solución conductiva).

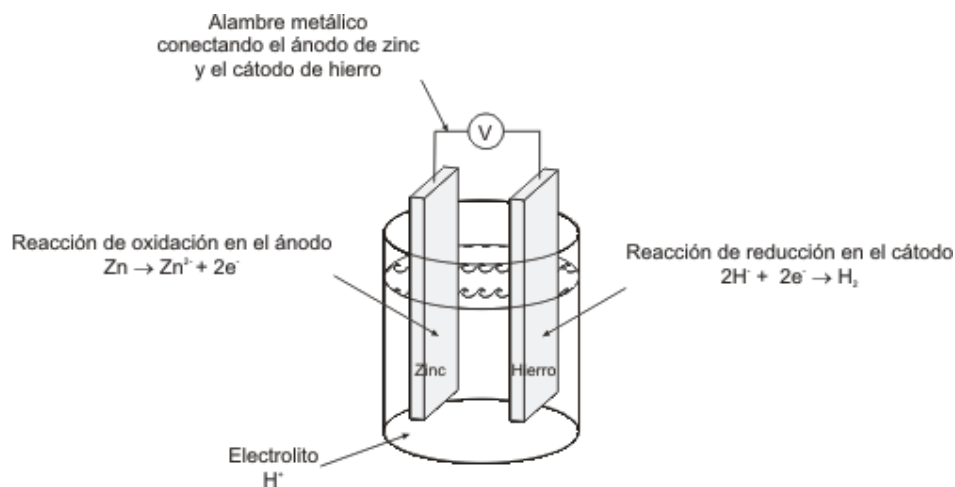


Figura 2.9 Corrosión galvánica

Esta forma de corrosión es la que producen las Celdas Galvánicas. Cuando la reacción de oxidación del ánodo se va produciendo se van desprendiendo

electrones de la superficie del metal que actúa como el polo negativo de la pila (el ánodo) y así se va produciendo el desprendimiento paulatino de material desde la superficie del metal.

#### **2.4.1.3 Metales Líquidos**

La corrosión con metales líquidos corresponde a una degradación de los metales en presencia de ciertos metales líquidos como el Zinc, Mercurio, Cadmio, etc.

#### **2.4.1.4 Altas Temperaturas**

Algunos metales expuestos a gases oxidantes en condiciones de muy altas temperaturas, pueden reaccionar directamente con ellos sin la necesaria presencia de un electrolito. Este tipo de corrosión es conocida como Empañamiento, Escamamiento o Corrosión por Altas Temperaturas.

#### **2.4.1.5 Localizada**

La segunda forma de corrosión, en donde la pérdida de metal ocurre en áreas discretas o localizadas.

Al igual que la corrosión uniforme, la corrosión Localizada se subdivide en otros tipos de corrosión.

##### *2.5.1.5.1 Corrosión por Fisuras o “Crevice”*

La corrosión por fisuras es la que se produce en pequeñas cavidades o huecos formados por el contacto entre una pieza de metal igual o diferente a la primera, o más comúnmente con un elemento no- metálico. En las fisuras de ambos metales, que también pueden ser espacios en la forma del objeto, se deposita la solución que facilita la corrosión de la pieza.

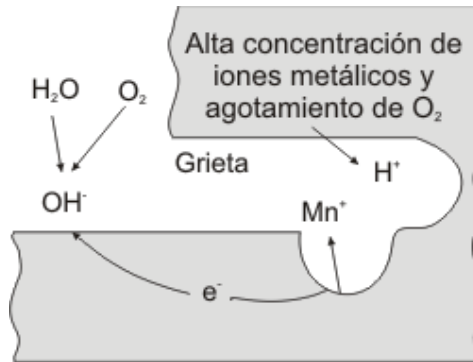


Figura 2.10 Corrosión por fisuras

#### 2.5.1.5.2 Corrosión por Picadura o "Pitting"

Es altamente localizada, se produce en zonas de baja corrosión generalizada y el proceso (reacción) anódico produce unas pequeñas "picaduras" en el cuerpo que afectan. Puede observarse generalmente en superficies con poca o casi nula corrosión generalizada. Ocurre como un proceso de disolución anódica local donde la pérdida de metal es acelerada por la presencia de un ánodo pequeño y un cátodo mucho mayor.

Esta clase de corrosión posee algunas otras formas derivadas:

**Corrosión por Fricción o Fretting:** es la que se produce por el movimiento relativamente pequeño (como una vibración) de 2 sustancias en contacto, de las que una o ambas son metales. Este movimiento genera una serie de picaduras en la superficie del metal, las que son ocultadas por los productos de la corrosión y sólo son visibles cuando ésta es removida.

**Corrosión por Cavitación:** es la producida por la formación y colapso de burbujas en la superficie del metal (en contacto con un líquido). Es un fenómeno semejante al que le ocurre a las caras posteriores de las hélices de los barcos. Genera una serie de picaduras en forma de panal.

**Corrosión Selectiva:** es semejante a la llamada Corrosión por Descincado, en donde piezas de cinc se corroen y dejan una capa similar a la aleación primitiva. En este caso, es selectiva porque actúa sólo sobre metales nobles

como al Plata – Cobre o Cobre – Oro. Quizá la parte más nociva de esta clase de ataques está en que la corrosión del metal involucrado genera una capa que recubre las picaduras y hace parecer al metal corroído como si no lo estuviera, por lo que es muy fácil que se produzcan daños en el metal al someterlo a una fuerza mecánica.

#### **2.5.1.6 Corrosión Microbiológica (MIC)**

“Es aquella corrosión en la cual organismos biológicos son la causa única de la falla o actúan como aceleradores del proceso corrosivo localizado”.<sup>14</sup>

La MIC se produce generalmente en medios acuosos en donde los metales están sumergidos o flotantes. Por lo mismo, es una clase común de corrosión.

Los organismos biológicos presentes en el agua actúan en la superficie del metal, acelerando el transporte del oxígeno a la superficie del metal, acelerando o produciendo, en su defecto, el proceso de la corrosión

### **2.4.2 CONTROL DE LA CORROSIÓN**

#### **2.5.1.7 Protección catódica**

Ocurre cuando un metal es forzado a ser el cátodo de la celda corrosiva adhiriéndole (acoplándolo o recubriéndolo) de un metal que se corroa más fácilmente que él, de forma tal que esa capa recubridora de metal se corroa antes que el metal que está siendo protegido y así se evite la reacción corrosiva. “Una forma conocida de Protección Catódica es la GALVANIZACIÓN, que consiste en cubrir un metal con Zinc para que éste se corroa primero. Lo que se hace es convertir al Zinc en un ánodo de sacrificio , porque él ha de corroerse antes que la pieza metálica protegida.”<sup>15</sup>

#### **2.5.1.8 Protección anódica**

Es un método similar a la protección catódica, consiste en recubrir el metal con una fina capa de óxido para que no se corroa. Existen metales como el

---

<sup>14</sup><http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/tipos>

<sup>15</sup><http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/proteccion>



Aluminio que al contacto con el aire son capaces de generar espontáneamente esta capa de óxido y por lo tanto, se hacen resistentes a la corrosión. Aún así, la capa de óxido que recubre al metal no puede ser cualquiera, tiene que ser adherente y muy firme, ya que de lo contrario no serviría para nada. Por ejemplo, el óxido de hierro no es capaz de proteger al hierro, porque no se adquiere a él en la forma requerida.

#### **2.5.1.9 Selección de materiales**

La selección de los materiales que vayamos a usar será factor decisivo en el control de la corrosión a continuación se enunciarán algunas reglas generales para la selección de materiales:

- Para condiciones no oxidantes o reductoras tales como ácidos y soluciones acuosas libres de aire, se utilizan frecuentemente aleaciones de Ni y Cr
- Para condiciones oxidantes se usan aleaciones que contengan Cr
- Para condiciones altamente oxidantes se aconseja la utilización de Ti
- Los elementos cerámicos poseen buena resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas pero son quebradizos, su utilización se restringe a procesos que no incluyan riesgos.

#### **2.5.1.10 Recubrimientos**

##### *2.5.1.10.1 Recubrimientos metálicos*

Los recubrimientos se aplican mediante capas finas que separen el ambiente corrosivo del metal, es decir que puedan servir como ánodos sacrificables que puedan ser corroídos en lugar del metal subyacente. Un recubrimiento continuo de zinc y estaño aísla el acero respecto al electrolito. A veces se presentan fallas con estos metales, cuando el riesgo de corrosión es muy elevado se recomienda hacer un recubrimiento con Alclad.

El Alclad es un producto forjado, compuesto formado por un núcleo de una aleación de aluminio y que tiene en una o dos superficies un recubrimiento de aluminio o aleación de aluminio que es anódico al núcleo y por lo tanto protege electroquímicamente al núcleo contra la corrosión.

#### *2.5.1.10.2 Recubrimientos inorgánicos*

En algunos casos es necesario hacer recubrimientos con material inorgánico, los más usados son el vidrio y los cerámicos, estos recubrimientos proporcionan acabados tersos y duraderos. Aunque si se expone un pequeño lugar anódico se experimenta una corrosión rápida pero fácil de localizar.

#### *2.5.1.10.3 Recubrimientos orgánicos*

El uso de pinturas, lacas, barnices y muchos materiales orgánicos poliméricos han dado muy buen resultado como protección contra la corrosión. Estos materiales proveen barreras finas tenaces y duraderas para proteger el sustrato metálico de medios corrosivos. El uso de capas orgánicas protege más el metal de la corrosión que muchos otros métodos. Aunque debe escogerse muy bien, ya que hay procesos que incluyen tratamientos con alcoholes que en algún momento pueden disolver los materiales orgánicos.

#### **2.5.1.11 Diseño**

Este quizá el método más efectivo para el control de la corrosión, ya que si se hace un buen diseño y una buena planeación se puede evitar dicho fenómeno; a continuación se enumeraran algunas reglas generales que se deben seguir:

- Se debe tener en cuenta la acción penetrante de la corrosión junto con los requerimientos de la fuerza mecánica cuando se considere el espesor del metal utilizado. Son preferibles los recipientes soldados que los remachados para reducir la corrosión por grieta

- Se deben usar preferiblemente metales galvánicamente similares para prevenir la corrosión galvánica. Si se atornillan metales no similares galvánicamente se deben usar arandelas no metálicas para eliminar contactos eléctricos entre los materiales.
- Es preciso evitar tensión excesiva y concentraciones de tensión en entornos corrosivos, para prevenir la ruptura por corrosión por esfuerzos, especialmente en aceros inoxidable, latones y otros materiales susceptibles a este tipo de corrosión.
- Se deben evitar recodos agudos en sistemas de tuberías por donde circulan fluidos. En estas áreas donde cambia la dirección del fluido bruscamente se potencia la corrosión por erosión.
- Se deben diseñar los tanques y recipientes de una manera que sean fáciles de limpiar y desaguar, ya que el estancamiento de sustancias corrosivas provoca la aparición de celdas por concentración.
- Se debe hacer un diseño eficiente de aquellas piezas que se espera queden inservibles en poco tiempo, para que sean fáciles de reemplazar.
- Es importante también diseñar sistemas de calefacción que no den lugar a zonas puntuales calientes, los cambios de calor ocasionan corrosión

### **2.5.2 ABRASIÓN**

El proceso de desgaste, puede definirse como una pérdida de material de la interfase de dos cuerpos, cuando se les ajusta a un movimiento relativo bajo la acción de una fuerza. <sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> <http://www.tpi.cl/pdf/biblioteca/industrial/corros.pdf>

### 2.4.2.1 Tipos de desgaste por abrasión

En general, los sistemas de ingeniería implican el movimiento relativo entre componentes fabricados a partir de metales y no metales, y se han identificado seis tipos principales de desgaste, como sigue:

#### 2.4.2.1.1 Desgaste por adherencia

En este caso, el movimiento relativo puede ser deslizamiento unidireccional o de vaivén, o bien la interacción ocurre bajo carga en un contacto oscilatorio de pequeña amplitud. Se sabe que los picos superficiales que coinciden fluyen plásticamente y forman fuertes uniones endurecidas por el trabajado. A medida que estas se rompen bajo la tracción tangencial impuesta, los sólidos van perdiendo material.

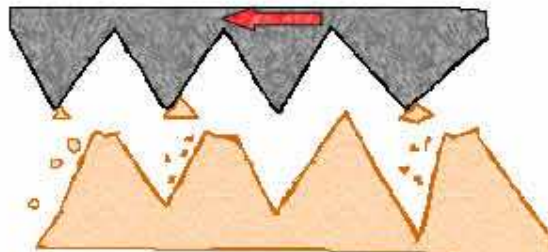


Figura 2.11 Corrosión por adherencia

#### 2.4.2.1.2 Desgaste por abrasión

Las partículas abrasivas producidas por los residuos del desgaste o por partículas extrañas de arena y polvo circundante permanecen atrapadas en la superficie deslizante y eliminan material principalmente por formación de surcos.

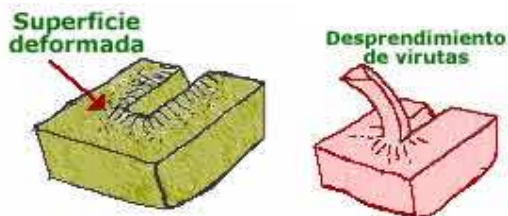


Figura 2.12 Corrosión por abrasión

#### 2.4.2.1.3 *Desgaste por ludimiento*

El desgaste por ludimiento aparece como resultado del movimiento oscilatorio de dos superficies en contacto, como sucede en máquinas donde existe vibración entre las partes.

#### 2.4.2.1.4 *Desgaste por fatiga*

Es probable que el modo predominante de la mayoría de los tipos de desgaste sea por desprendimiento de material de la superficie por fatiga, ya sea que la naturaleza del movimiento sea unidireccional o de vaivén. El término desgaste por fatiga se reserva para identificar la falla de contactos lubricados en casos como los rodamientos de bolas o rodillo, engranes, levas y mecanismos impulsores de fricción. La pérdida de material es por desprendimiento de capas superficiales y por picaduras, como en los engranes.

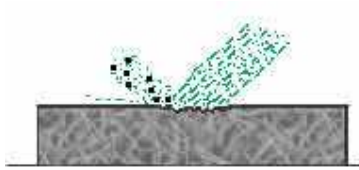


*Figura 2.13 Desgaste por fatiga*

#### 2.4.2.1.5 *Desgaste por erosión*

El desgaste por erosión se define como el proceso de eliminación de metal provocado por la incidencia de partículas sólidas sobre una superficie. El desgaste por erosión es deliberado como en el caso de la limpieza de piezas de colada o cascos de barco por medio de chorros de arena, pero en ocasiones se

produce una pérdida destructiva y costosa de material como en el caso de las hélices de turbinas de gas o los refractarios en hornos de arco eléctrico.



*Figura 2.14 Desgaste por erosión*

#### *2.4.2.1.6 Erosión por cavitación*

“Este tipo de desgaste se presenta cuando un sólido se mueve a alta velocidad en un medio líquido, siendo un caso típico el de las hélices de los barcos. La erosión por cavitación está relacionada con la formación de burbujas dentro del medio líquido, a través del cual pasa el componente sólido. La erosión por cavitación se produce también en los rodamientos lubricados.”<sup>17</sup>



*Figura 2.15 Desgaste por cavitación*

#### **2.4.2.2 Diseño para proporcionar resistencia al desgaste por adherencia y por abrasión**

Tanto el desgaste por adherencia como el desgaste por abrasión se puede considerar en la ingeniería como la forma más común de desgaste.

<sup>17</sup> <http://www.tpi.cl/pdf/biblioteca/industrial/corros.pdf>

Al diseñar partes a prueba de desgaste, no es recomendable seleccionar un par de metales que presenten solubilidad mutua. De este modo, acero que se deslice sobre acero no es una proposición lógica aunque se ha tenido éxito de deslizar hierro colocado sobre sí mismo, quizá por la presencia de grafito. Tanto las leyes del desgaste por adherencia, como las del desgaste por abrasión, muestran que entre más duro sea un componente, más resistente será el desgaste y esto se confirma en la práctica. Una de las dificultades con los materiales excesivamente duros es que son susceptibles de sufrir fallas por fractura y, para evitar las fallas mecánicas, el componente debe ser tenaz lo que es característico de los materiales blandos y dúctiles; por lo tanto, para mantener la tenacidad parece necesario sacrificar dureza. Sin embargo, mediante tratamientos superficiales y térmicos de los componentes es posible alcanzar un núcleo tenaz con una superficie dura. En general, si no existe movimiento oscilatorio, corrosión ni temperatura elevada, se pueden aplicar los siguientes principios para seleccionar aceros:

Fuerza de impacto baja: se utilizan carburos duros en la microestructura o se nitrura o carburiza el acero. También pueden emplearse hierros y aceros martensíticos.

Fuerza de impacto alto: el criterio recomendable es utilizar aceros austeníticos, inoxidable o el acero Hadfield al manganeso. Se han hecho tres clasificaciones amplias de los métodos tribológicos para disminuir el desgaste, a saber, el uso de una capa protectora y los principios de conversión y diversificación.

#### *2.4.2.2.1 Capa Protectora*

Sobre todas las superficies se forma inevitablemente una capa de óxidos o gases sorbidos, pero sin ésta, muchos casos de deslizamiento en seco, como el caso de las vías de ferrocarril, no resistirían el servicio por un periodo aceptable. Invariablemente, en la mayoría de las situaciones se utilizan lubricantes líquidos o sólidos.

En la actualidad hay un renovado interés por evaluar los diversos tipos de tratamientos superficiales antes de poner en servicio los componentes, con el propósito de lograr resistencia al desgaste.

Hablando en forma general el tratamiento puede clasificarse en dos tipos:

- Depósito de un metal o un no metal sobre el componente.
- Tratamiento de difusión como el carburizado o nitruración.

Como ejemplos de depósito están los fosfatos sobre hierro colado y acero de estaño sobre aluminio. Estos tienen vidas limitadas y protegen las superficies del daño severo durante el arranque inicial. Otras formas de tratamiento por difusión son, la sulfurización, cromación y los recubrimientos electrolíticos. La metalización y aspersión del metal o las técnicas de recubrimiento con superficies duras, como el uso de revestimientos soldados, también proporcionan películas resistentes al desgaste.

#### *2.4.2.2.2 Principio de Conversión*

El principio de conversión permite el desgaste de una parte del sistema para ofrecer protección a otros componentes más importantes. Un ejemplo es el uso de anillos para pistones de hierro colado que, al desgastarse rápidamente, evitan el rayado de la camisa del cilindro.

#### *2.4.2.2.3 Principio de Diversificación*

“El componente menos costoso, por ejemplo un cojinete liso, está diseñado para desgastarse a fin de proteger a tramo de flecha, más caro, del daño superficial y el desgaste. En las chumaceras, los metales blancos, que contienen estaño, plomo, cobre y antimonio, proporcionan una superficie blanda de deslizamiento. Sin embargo, si se incrementa la fuerza y la velocidad, será necesario utilizar superficies más duras en los cojinetes, como las que proporcionan los bronces”.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6\\_n2/pdf/pautas.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6_n2/pdf/pautas.pdf)



## **2.5 ANTECEDENTES DE MAQUINARIA PARA ENVASAR TIERRA, EXISTENTE EN EL PAÍS**

La maquinaria existente en el país para envasar sólidos es muy variada. Estas pueden ser neumáticas, mecánicas; ser completamente o parcialmente electrónicas; poseer un sin número de sensores y actuadores, etc.

Sin embargo no existe una máquina específica para envasar tierra, por lo que la máquina a diseñarse y construirse, será la primera destinada a este propósito.

Esta máquina podrá ser acoplada en un futuro, a un sistema de transporte de tierra para elevar la misma a una altura adecuada para que se realice la dosificación y posteriormente el envasado en bolsas plásticas, reduciendo de esta manera al mínimo el cansancio del trabajador; además se tendrá un llenado de aproximadamente treinta bolsas por minuto, dependiendo más que todo de la habilidad del ser humano.

## CAPITULO 3

### PREFACTIBILIDAD

#### **3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En el presente proyecto se tiene que diseñar y construir una máquina para el envasado de tierra que posteriormente se las utilizará para el crecimiento, transporte y posterior trasplante de las plantas de palmito.

La metodología aplicada para definir el problema exige definir una condición inicial del proyecto a ser desarrollado y una situación final del mismo. La solución del problema consiste en pasar de la situación inicial a la situación final mediante el empleo de la maquina a diseñar.

##### **3.1.1 SITUACIÓN INICIAL**

Como situación inicial se tiene que el material a ser envasado (tierra) se encuentra en los terrenos de propiedad de la persona que financia el proyecto, por otra parte la Escuela Politécnica Nacional por intermedio de la Carrera de Ingeniería Mecánica propone y adjudica el desarrollo del proyecto a dos estudiantes de la Carrera.

##### **3.1.2 SITUACIÓN FINAL**

Como situación final se tiene que el material (tierra) es envasado en fundas plásticas y se encuentran listas para receptor las plantas ya germinadas del palmito.

#### **3.2 ESTUDIO DE MERCADO**

El presente proyecto obedece a la necesidad de envasar bolsas con tierra, que posteriormente será utilizado para la germinación de palmito, por medio de la construcción de una máquina dosificadora – envasadora de tierra, tal actividad será realizada en el cantón Pedro Vicente Maldonado (provincia de Pichincha) en la hacienda de propiedad del Ing. Segundo

Encalada, quien es la persona que financia el diseño y construcción de la máquina.

Por lo tanto se descarta un estudio de mercado a través de encuestas ya que la factibilidad de este proyecto es directa.

### **3.3 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES**

En este punto se analiza la viabilidad de carácter técnico, es decir que posibilidades existe de construir lo que se está proponiendo.

#### **3.3.1 MATERIALES A UTILIZAR**

Por las condiciones de funcionamiento y el ambiente de trabajo para la construcción de la máquina es necesario seleccionar materiales los cuales sean resistentes principalmente a los efectos abrasivos del material a envasar (tierra) y efectos corrosivos de las condiciones medioambientales.

#### **3.3.2 ENERGÍA DISPONIBLE**

Para la selección de los elementos que accionarán el mecanismo de máquina dosificadora – envasadora se debe tomar en cuenta que estos funcionen con alimentación monofásica de energía eléctrica.

#### **3.3.3 PESO DE LA MÁQUINA**

Por la condiciones de acceso al lugar de trabajo de la máquina y por posteriores traslados de esta, se debe reducir el peso al mínimo permisible por el diseño de la misma.

#### **3.3.4 COSTO MÁXIMO**

La máquina dosificadota envasadora debe tener un costo asequible para los pequeños productores de palmito, además que la recuperación de la inversión inicial realizada sea la más rápida, para de esta forma tener un producto competitivo en el mercado.

### **3.3.5 FACILIDAD DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Por ser una máquina que va a ser utilizada por personal no calificado en manejo de maquinaria agrícola, esta debe tener sistemas y mecanismos de accionamiento tales que puedan ser manipulados y revisados fácilmente de tal forma que el mantenimiento de la máquina pueda ser realizado con un mínimo de herramientas básicas.

## **3.4 ESPECIFICACIONES**

### **3.4.1 PARÁMETROS FUNCIONALES**

Los parámetros principales para el diseño de la máquina Dosificadora–Envasadora son:

- Voltaje: 110V Monofásica
- Volumen a envasar: 1300 cm<sup>3</sup>
- Capacidad: 30 bolsas/minuto
- Accionamiento: Semiautomático

### **3.4.2 AMBIENTE DE TRABAJO**

#### **3.4.2.1 Características Medio Ambientales**

La máquina operará a la intemperie, por lo tanto estará sujeta a un ambiente corrosivo, con una humedad promedio de 80% y una temperatura que oscila entre los 20°C y los 35°C.

#### **3.4.2.2 Características de la tierra envasar**

La tierra a envasarse en las bolsas de plástico, no tiene ninguna preparación especial, es la misma que se extrae del suelo, posee restos de hojarasca. Este material es abrasivo y cuya densidad se determinó experimentalmente dando un valor promedio de 1125 kg/m<sup>3</sup>. La humedad de la tierra depende esencialmente del clima.

### **3.4.3 VIDA ÚTIL DE LA MÁQUINA**

La vida útil de la máquina se basa en el desempeño que tenga cada uno de los sistemas y componentes, en especial aquellos que están sometidos a los efectos abrasivos y corrosivos del material a envasar y del medioambiente respectivamente.

De esta forma la vida útil para la máquina se la puede cuantificar de dos formas.

*Por el tiempo de uso:* Por las condiciones de uso, la vida útil estimada de la máquina es de 10 años.

*Cantidad de bolsas envasadas:* La cantidad de bolsas que la máquina debe envasar durante su vida útil es de 80 millones.

### **3.4.4 COSTOS DE LA MÁQUINA**

En forma resumida los costos a tomar en cuenta para el costo total final de la máquina son los siguientes:

- Materiales
- Accesorios y equipos
- Mano de obra
- Montaje y pruebas
- Diseño
- Varios

### **3.4.5 APARIENCIA**

Por ser una máquina agrícola la apariencia no es un factor importante a ser tomado en cuenta en el diseño de la misma, si embargo se debe tener en cuenta que la máquina debe ser entregada a su propietario final con una capa de pintura epóxica la misma que posee características protectoras contra la corrosión.

### **3.4.6 MATERIALES**

Debido a las condiciones de funcionamiento los materiales básicos a utilizar para el diseño de la máquina son:

- Acero ASTM A-36
- Acero CHRONIT
- Acero galvanizado
- Acero inoxidable

### **3.4.7 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Para garantizar el correcto funcionamiento de la maquina se realizará las siguientes pruebas:

- Verificación del montaje de acuerdo a planos
- Prueba del funcionamiento del mecanismo de accionamiento de la máquina
- Verificación de la alineación entre los dosificadores y los conductos de descarga.
- Pruebas de dosificación, en vacío y a plena carga
- Pruebas de llenado en las bolsas
- Verificación de la estabilidad de la máquina

## CAPITULO 4

### FACTIBILIDAD

#### **4.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

Esta sección, se enfoca al análisis de los distintos tipos de mecanismos o sistemas que se utilizan tanto en la dosificación y envasado de tierra, así como el transporte de la misma y que serán analizados y evaluados como alternativas para el desarrollo del proyecto.

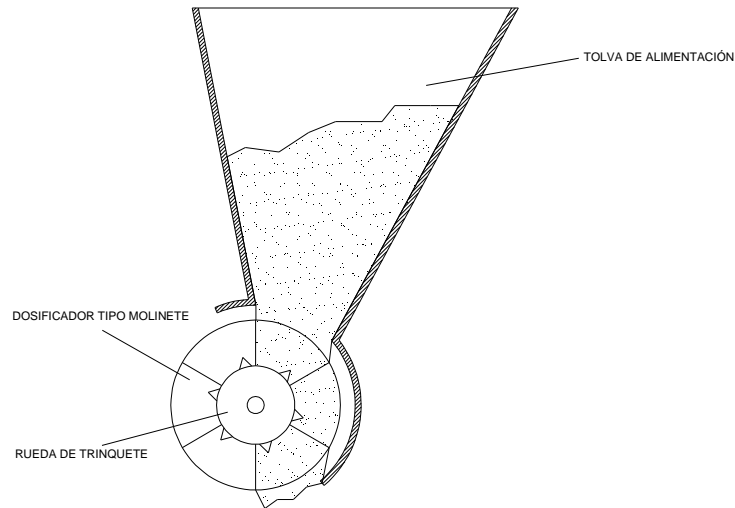
El capítulo se lo ha dividido de tal forma que se estudiarán independientemente los sistemas que forman parte de las máquinas envasadoras, poniendo énfasis en el análisis de las características más adecuadas para el cumplimiento de los objetivos trazados en el presente documento.

##### **4.1.1 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y ENVASADO DE TIERRA**

Como se indicó en el capítulo 2, existen distintos sistemas de dosificación; a continuación se describen los tipos de dosificadores gravimétricos con su respectiva alimentación que podrían ser adaptados a los requerimientos de la máquina que se va a diseñar.

###### **4.1.1.1 Dosificadores de Compuerta Rotativa**

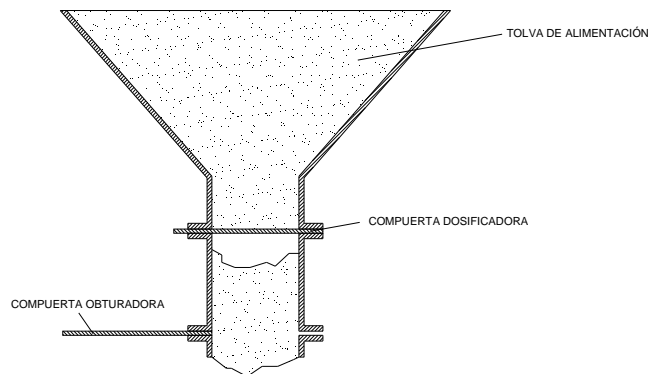
Este tipo de dosificadores consisten en un sistema con una tolva de alimentación la misma que lleva en su parte inferior una rueda con hélices que se asemeja a un molinete, dividido en varios sectores iguales, uno de los cuales coincidirá siempre con la boca de descarga. En este sistema, la dosificación y el posterior envasado se deben a que el propio peso de la descarga obliga al molinete a girar, con lo cual dichos sectores van descargándose sucesivamente. Con el objeto de evitar la rotación continua del molinete, una rueda de trinquete accionada por el molinete lo retiene en cada una de las posiciones.



*Figura 4.1 Dosificadores de Compuerta Rotativa*

#### **4.1.1.2 Dosificadores con dispositivos de compuerta**

Al igual que los dosificadores por gravedad, este sistema posee una tolva de alimentación y a la salida de dicha tolva está dispuesta la compuerta dosificadora de corredera; entre ésta y la compuerta obturadora se encuentra una cámara de dosificación. La compuerta dosificadora, hará la función de una válvula, la que permitirá que el material a envasar ingrese o no a la cámara de dosificación. La cámara consiste en cilindros los mismos que contienen el volumen exacto del material a ser envasado. El sistema de compuertas puede ser accionado mecánicamente o con dispositivos accionados electrónicamente.



*Figura 4.2 Dosificador con dispositivos de compuerta con regulación volumétrica*



#### 4.1.1.3 Dosificadores con compuerta tipo revólver

Este sistema es una combinación de los dos anteriores, consiste en una cámara de dosificación rotatoria, en este caso el movimiento lo realizan los cilindros dosificadores mientras las compuertas permanecen fijas.

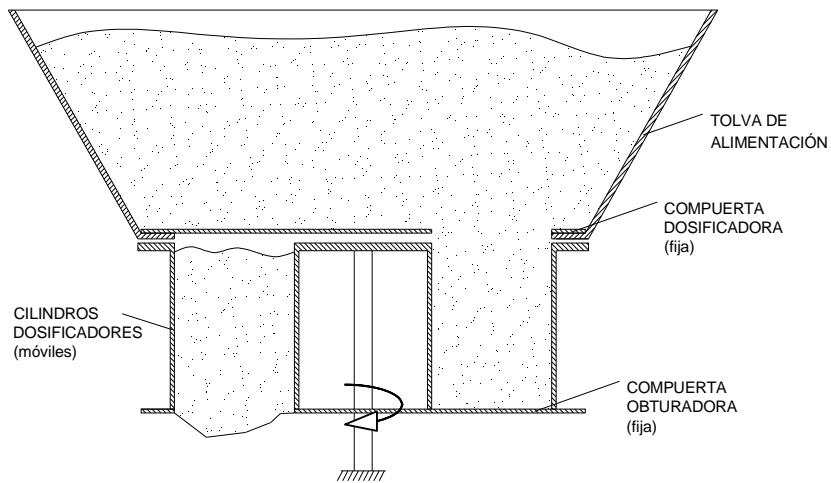


Figura 4.3 Dosificador tipo revólver

#### 4.1.2 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL TRANSPORTE DE TIERRA.

Existen un sinnúmero de sistemas utilizados en el transporte de materiales; para determinar el tipo de transporte que se adoptará para el diseño, se debe primeramente hacer una selección previa de los sistemas que transportan materiales parecidos a la tierra para luego analizar todas las alternativas, poniendo especial cuidado en las ventajas y desventajas de cada sistema.

En el Anexo 2, tabla A2-4 se presenta los tipos preferidos de transportadores para varios materiales, al analizar esta tabla, y considerando que el material con el que se trabajará es tierra se escoge los transportadores que trabajen con material parecido a éste, por lo que se

concluye que los transportadores más adecuados para el manejo de tierra son:

- Transportador de sinfín o helicoidal.
- Transportador de banda.

En el capítulo 2 ya se describió brevemente algunos tipos de transportadores; sin embargo es necesario abordar a los utilizados para el transporte de tierra.

#### **4.1.2.1 Transportadores de sinfín o helicoidales**

Los transportadores de sinfín, tienen un uso muy amplio para materiales pulverizados o granulares.

Según sus dimensiones y su modo de empleo (en posición horizontal, vertical u oblicua), van montados en un cárter acanalado o cilíndrico.

Para el transporte horizontal se suelen emplear "tornillos en canal" que trabajan como máximo con el 45 % de su sección, mientras que para el transporte oblicuo o vertical se sustituye el canal por un tubo de chapa, de manera que la rosca del tornillo trabaja en toda su sección; se trata entonces de "tornillos entubados".

A diámetro igual, los tornillos entubados utilizados horizontalmente pueden alcanzar rendimientos dos veces mayores que los de los tornillos en canal.

“Los materiales abrasivos o corrosivos pueden manejarse con una construcción adecuada de la hélice y del canal o artesa.

Los transportadores de sinfín pueden trabajar inclinados; una hélice de paso estándar puede mover material en planos inclinados hasta de 35°. <sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

Los materiales abrasivos o corrosivos pueden manejarse con una construcción adecuada de la hélice y del canal o artesa.

La hélice normal de estos transportadores tiene un paso más o menos igual que su diámetro exterior. Se utilizan otras conformaciones para casos especiales.

Los sinfines de paso corto son aconsejables para sinfines de más del 29% es decir para ángulos mayores a  $16^\circ$ .

Los sinfines de paso variable, con paso corto en el extremo de alimentación, controlan en forma automática el paso del material hacia el transportador, de modo que la carga va proporcionada en forma correcta en la longitud más allá del punto de alimentación. “Con una sección corta, ya sea de paso más corto o de diámetro menor, el transportador se carga por sí mismo y no necesita alimentador”.<sup>20</sup>

### **Ventajas**

- Su principal ventaja es que cuesta menos que cualquier otro transportador.
- Se utilizan para materiales húmedos y pegajosos, como melazas, alquitrán, caliente y asfalto.
- Puede manejar materiales en terrones, siempre y cuando no sean muy grandes en relación con el diámetro de la hélice.
- Es muy recomendado para el transporte de bajo tonelaje.

### **Desventajas**

- Los transportadores helicoidales son difíciles de limpiar.
- La capacidad de estos transportadores se limita a 4.72 m<sup>3</sup>/min.
- No son muy utilizados, cuando se requiere un longitud de transporte, mayor a 61 metros.

---

<sup>20</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

- Estos transportadores pueden trabajar inclinados hasta 35°, pues si se incrementa su inclinación la capacidad de transporte se reduce a cantidades superiores a 78%.

#### **4.1.2.2 Transportadores de banda o cinta**

Los transportadores de banda o de cinta, pueden ser utilizados para manejar prácticamente todos los tipos de materiales, como: granulares, pulverizados y rocosos, si es que su capacidad es lo suficientemente grande para garantizar la inversión.

Estos transportadores se utilizan especialmente para servicio pesado y su uso es muy frecuente en las estaciones de tratamiento de semillas, ya que permite una evacuación total y rápida.

“El inconveniente de estos dispositivos es que ocupan mucho espacio (sobre todo cuando disponen de un sistema de descarga); además deben llevar una capota o cubierta para operar al aire libre; y su utilización produce mucho polvo”.<sup>21</sup>

#### **Ventajas**

- Se utilizan para el transporte de grandes tonelajes sobre trayectorias que quedan fuera del alcance de cualquier otro tipo de transportador mecánico.
- La capacidad puede ser de miles de toneladas por hora.
- Es el único sistema que puede transportar varios miles de kilómetros de longitud.
- Pueden manejar material pulverizado, granulado o en terrones.

#### **Desventajas**

- La inversión inicial es alta, si se toma en cuenta que la longitud a transportar es de 2.5 metros, y además la carga también es pequeña.
- El límite de inclinación es cuando el material tiende a resbalar sobre la superficie de la banda.

---

<sup>21</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

- El mantenimiento de estos transportadores es complejo, debido a que se debe hacer un reemplazo de elementos mecánicos.

#### **4.1.3 ALTERNATIVAS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA**

Después de analizar las definiciones anteriores, se establece que se debe utilizar materiales que resistan la corrosión y el desgaste a la abrasión.

Existen varias alternativas para la selección de materiales que resisten el desgaste por abrasión y corrosión, los mismos que pueden ser utilizados para el diseño de los distintos componentes del sistema de dosificación; entre dichas alternativas se tiene:

- Aceros especiales (Chronit)
- Acero galvanizado
- Acero común, con recubrimiento de pintura anticorrosiva.

##### **4.1.3.1 Aceros especiales (Chronit)**

Son aceros que han sido desarrollados por la fábrica “Acero Bohler”, de aleación especial para construcción mecánica y estructural. “ Resistente a la abrasión por impacto y rozamiento, de altísima tenacidad y resistente a la corrosión atmosférica, para elementos de movimientos de tierras, minerales y materiales abrasivos, como dientes de palas, retroexcavadoras, piñones de torsión , etc”.<sup>22</sup>

##### **4.1.3.2 Acero galvanizado**

La protección del acero por el zinc mediante el proceso de inmersión en caliente se conoce con el nombre comercial de acero galvanizado, expresión que tiene su origen en el concepto de protección galvánica de la corrosión, proporcionada por el zinc en contacto con el hierro o el acero.

Los productos galvanizados se emplean con éxito cuando están expuestos a las acciones atmosféricas, agua dulce y agua del mar, dando los mejores

---

<sup>22</sup> <http://www.bohlerecuador.com/laminas.htm>

resultados en el primer ambiente citado. Si la capa de zinc es de espesor unitario, la vida de la protección es directamente proporcional a la de su espesor y depende de la naturaleza del ambiente a que está sometido. “Los mayores ataques se producen en atmósferas industriales contaminadas con gases sulfurosos. Los medios ambientes rurales son los menos corrosivos, siendo un poco mayor en la atmósfera marina, y dentro de éstas, es menos corrosivo el clima tropical que el clima templado”.<sup>23</sup>

#### **4.1.3.3 Acero común, con recubrimiento de pintura anticorrosiva**

Este material consiste en acero común, recubierto con pintura anticorrosiva. Cabe destacar que la protección contra la corrosión y abrasión, durará mientras la pintura esté en buen estado, luego de esto, el deterioro del acero común se hará evidente inmediatamente.

## **4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

Después de examinar los sistemas, tanto de dosificación y envasado así como de transporte de sólidos se procede a seleccionar las alternativas más idóneas en las cuales se basará el diseño de la máquina envasadora de tierra.

### **4.2.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA DOSIFICACIÓN Y ENVASADO DE TIERRA**

Los tres sistemas detallados en el estudio de alternativas de dosificación, pueden ser adaptados a los requerimientos de la máquina que se va a construir sin embargo para seleccionar el dosificador adecuado se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Naturaleza y características de la sustancia manejada
- Precisión deseada
- Despacho de los componentes
- Cantidad de dosis necesaria (dinámica del despacho)

---

<sup>23</sup> Tecnipress Ingenieros ED, Aceros productos y derivados, Tomo II

- Modo del servicio
- Peso
- Estructura soportante

De todas las alternativas posibles de dosificación y envasado, se debe seleccionar la más económica y la que más se ajuste a los requerimientos anteriores.

#### 4.2.1.1 Método de selección

El método que se utilizará en la selección de la alternativa correcta en lo referente a la dosificación y envasado de tierra, se lo hará utilizando el método de los factores para la toma de decisiones, el cual consta de los pasos que se detallan a continuación.

a.- Se debe crear una matriz de calificación en la que se debe enlistar todas las alternativas posibles, así como los factores (X) que se desea calificar, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Matriz de calificación de factores

Alternativas	Factores				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	.....	X <sub>j</sub>
Alternativa 1	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	.....	C <sub>1j</sub>
Alternativa 2	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>	.....	C <sub>2j</sub>
Alternativa 3	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>	.....	C <sub>3j</sub>
.....	.....	.....	.....	.....	.....
Alternativa n	C <sub>n1</sub>	C <sub>n2</sub>	C <sub>n3</sub>	.....	C <sub>nj</sub>

b.- Se debe asignar un porcentaje de valor a cada factor y cuya suma de porcentajes debe ser igual a 100%. Cabe destacar que el valor en porcentaje dado a cada valor debe estar relacionado con la importancia que tiene dicho factor.

c.- Se procede a dar un valor con una calificación (C), a cada alternativa.

d.- Para obtener la calificación final de cada alternativa se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = \frac{C_{n1} * X_1}{100} + \frac{C_{n2} * X_2}{100} + \dots + \frac{C_{nj} * X_j}{100} \quad (3.13)$$

e.- Finalmente se escoge la alternativa que tenga la mayor calificación.

#### 4.2.1.2 Decisión de la alternativa

Antes de crear la matriz de decisión con todas las alternativas y decisiones, es necesario detallar los factores, así como su importancia en la toma de decisión.

Tabla 4.2 Importancia y características de los factores de decisión

<b>Factores</b>	<b>Parámetros de comparación.</b>	<b>Importancia ( % )</b>
X1	Cantidad de tierra a envasar	30
X2	Costo	19
X3	Rapidez de envasado	12
X4	Peso de la dosificadora	10
X5	Mantenimiento	8
X6	Precisión deseada	7
X7	Facilidad de operación	6
X8	Fácil construcción	4
X9	Durabilidad	3
X10	Montaje	1
TOTAL		100

#### 4.2.1.3 Evaluación de los factores involucrados en la selección de la alternativa

Para seleccionar la alternativa correcta se debe calificar del uno al diez a los diversos factores, con el siguiente criterio:



#### 4.2.1.3.1 Cantidad de tierra a envasar

Es el más importante de los parámetros a comprobarse y se refiere a la disponibilidad que tienen los distintos sistemas de dosificación para envasar la mayor cantidad de tierra por minuto, pues de esto depende la aceptación o rechazo de la máquina.

*Tabla 4.3 Cantidad de tierra a envasar*  
Peso : 30%

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	10
Mayor disponibilidad	9
Buena disponibilidad	7-8
Mediana disponibilidad	5-6
Deficiente disponibilidad	1-4

#### 4.2.1.3.2 Costo

Una importante decisión en todo proyecto es escoger aquellas alternativas que reporten mayor beneficio al costo más bajo posible, por lo que este factor se calificará de la siguiente manera:

*Tabla 4.4 Costo de la máquina*  
Peso : 19%

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Costo Ideal	10
Costo bajo	9
Costo medio	7-8
Costo alto	6
Costo elevado	1-5

#### 4.2.1.3.3 Rapidez de envasado

La rapidez de dosificación establece la justificación o no de la construcción de la máquina.

Según los requerimientos funcionales la máquina debe envasar la mayor cantidad de bolsas en el menor tiempo posible.

*Tabla 4.5 Rapidez de envasado*  
*Peso : 12%*

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	10
Gran eficacia	9
Mediana eficacia	7-8
Baja eficacia	6
Ineficaz	1-5

#### *4.2.1.3.4 Peso de la dosificadora*

Debido a que la máquina funcionará en el campo y debe ser trasladada de un lugar a otro, se escogerá el sistema cuyo peso total sea el menor posible.

*Tabla 4.6 Peso de la dosificadora*  
*Peso : 10%*

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	10
Bajo	9
Medio	8
Alto	7
Elevado	1-6

#### *4.2.1.3.5 Mantenimiento*

El mantenimiento es fundamental si se quiere garantizar que la máquina tenga larga vida, seguridad, precisión y facilidad de operación.

La dosificadora debe diseñarse para un mantenimiento económico y que pueda ser realizado por una persona sin experiencia, con un poco de habilidad mecánica y unas cuantas herramientas básicas.

*Tabla 4.7 Mantenimiento*  
Peso : 8%

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	9
Muy simple	8
Simple	4-7
Difícil de realizar	3
Muy complicado	1-2

#### *4.2.1.3.6 Precisión deseada*

Puesto que lo que se va a envasar es tierra, la misma que será utilizada para germinar el palmito, no se requiere que la dosis sea demasiado precisa, sin embargo se da la siguiente calificación.

*Tabla 4.8 Precisión de la dosis deseada*  
Peso: 7%

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	10
Precisión alta	9
Precisión media	7-8
Precisión baja	5-6
Deficiente	1-4

#### *4.2.1.3.7 Facilidad de operación*

La máquina a diseñarse, será manejada por personal no calificado, es por esto que su operación no debe ser compleja.

*Tabla 4.9 Facilidad de operación*  
*Peso: 6%*

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	10
Operarios no calificados	6-9
Personal calificado	3-5
Técnicos calificados	2
Técnicos especializados	1

*4.2.1.3.8 Facilidad de construcción*

No se debe diseñar una máquina que contenga elementos complicados y que requiera métodos de construcción complejos y costosos, sino más bien se debe diseñar una máquina que se la pueda construir en cualquier metalmecánica.

*Tabla 4.10 Facilidad de construcción*  
*Peso : 4%*

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	10
Taller industrial común	6-9
Taller especializado	3-5
Alta tecnología	2
Tecnología muy compleja	1

*4.2.1.3.9 Durabilidad*

Debido a que el análisis para el transportador de tierra, se lo ha hecho para una vida útil de diez años, el sistema de dosificación también debe tener una duración para este período.

*Tabla 4.11 Durabilidad*  
*Peso : 3%*

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	10
Larga duración	9
Mediana duración	8
Baja duración	7
Vida útil muy corta	1-6

#### 4.2.1.3.10 Montaje y desmontaje

El montaje y desmontaje de la máquina debe ser muy fácil para poder ser realizado con herramientas básicas, y con personal no calificado.

*Tabla 4.12 Facilidad de montaje y desmontaje*  
*Peso : 1%*

<b>Categoría</b>	<b>Evaluación sobre diez</b>
Ideal	9
Muy simple	8
Simple	4-7
Difícil de realizar	3
Muy complicado	1-2

#### 4.2.1.4 Matriz de decisión

La Calificación se lo hará de la siguiente manera:

*Tabla 4.13 Matriz de decisión*

<b>Alternativas</b> <b>Factores</b>	Compuerta Rotativa (paletas)	Dosificadores compuerta	Tipo revolver
X <sub>1</sub>	6	9	9
X <sub>2</sub>	8	6	8
X <sub>3</sub>	8	7	9
X <sub>4</sub>	6	7	7

X <sub>5</sub>	5	8	8
X <sub>6</sub>	5	8	9
X <sub>7</sub>	4	6	7
X <sub>8</sub>	8	7	6
X <sub>9</sub>	6	6	7
X <sub>10</sub>	8	8	7
TOTAL	6,45	7,48	8,21

Del análisis de la tabla 4.13 se obtiene el siguiente orden de las alternativas planteadas:

1. Dosificadores con compuerta tipo revólver
2. Dosificadores con dispositivos de compuerta
3. Dosificadores de Compuerta Rotativa

#### **CONCLUSIÓN:**

La alternativa seleccionada es la de **Dosificación con compuerta tipo revólver ( FIGURA 4.3)**, cabe destacar que el diseño no se lo hará en un orden rígido de la alternativa seleccionada, sino que se realizarán algunas variaciones, según los requerimientos de la tierra a envasar y materiales existentes en el mercado nacional.

#### **4.2.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL TRANSPORTE DE TIERRA.**

Debido a que todos los sistemas que pueden ser utilizados para transportar tierra, presentan características similares con sus respectivas ventajas y desventajas, no se puede seleccionar la alternativa en base a una calificación por atributos, sino más bien la selección de la alternativa, se lo hará tomando en cuenta aspectos como:

### **a.- Potencia requerida**

La potencia que requiere el motor en el transporte de materiales será el punto de partida para seleccionar la alternativa más conveniente. La potencia se determina según las condiciones que requiere el sistema de transporte.

### **b.- Costo de energía**

Otro parámetro importante a ser considerado en la selección de la alternativa más idónea es el costo de la energía, cuyo valor es 0.10 USD/kW-h el cual sirve para realizar el cálculo del costo anual de energía utilizado por el sistema.

### **c. Factor de operación**

La máquina va a funcionar por un periodo de 8 horas diarias, 22 días al mes, con lo cual se obtiene un factor de operación ( $F_o$ ) de la máquina.

$$F_o = 8 \frac{h}{día} * 22 \frac{días}{mes} * 12 \frac{meses}{año}$$
$$F_o = 2112 \frac{h}{año}$$

### **d.- Costo anual de Energía**

Es el costo de energía consumido por el sistema en condiciones normales de funcionamiento. Este valor está relacionado con la potencia utilizada por el sistema, el factor de operación ( $F_o$ ) y del costo del kW-h de la siguiente manera

$$CAE = P * F_o * CE \quad (4.1)$$

Donde:

CAE	Costo anual de la energía [USD]
F <sub>o</sub>	Factor de operación [h/año]
CE	Costo de la energía [USD/kW-h]

**e.- Costo de los materiales**

El costo de los materiales está regido por el mercado nacional, para que el proyecto sea económicamente viable es necesario optimizar los materiales utilizados de tal forma que el desperdicio de estos sea mínimo.

**f.- Inversión inicial (I<sub>0</sub>)**

Representa el costo inicial de todos los activos (costo de materiales, alquiler de maquinaria, herramientas, mano de obra, etc) y servicios necesarios para empezar la alternativa.

**g.- Valor Anual Uniforme (A)**

Este valor representa una cantidad uniforme (es decir, la misma cantidad cada periodo), la cual se extiende a través del periodos de interés consecutivos. A menudo se trata de costos de operación anual.

**h.- Tasa de interés.**

El interés es la manifestación del dinero en el tiempo. Desde una perspectiva de cálculo, el interés es la diferencia entre una cantidad final de dinero y la cantidad original. Si la cantidad es nula o negativa, no hay interés.

Cuando el interés con respecto a una unidad de tiempo específica se expresa como porcentaje de la suma original, el resultado recibe el nombre de tasa de interés.



$$\text{Tasa de interés (\%)} = \frac{\text{interés acumulado por unidad de tiempo}}{\text{cantidad original}} \times 100\% \quad (4.2)$$

#### **h.- Valor actual neto (VAN)**

Valor actual neto o Valor presente neto son términos que proceden de la expresión inglesa Net present value. El acrónimo es NPV en inglés y VAN en español. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente, de ahí su nombre, de un determinado número de flujos de caja futuros.

“El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera.”<sup>24</sup>

La fórmula que permite calcular el Valor Presente Neto es:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+i)^n} \quad (4.3)$$

Donde:

- I Inversión Inicial
- N Es el número de períodos considerado.
- $Q_n$  Son los flujos de caja estimados.
- i Tasa de interés

#### **4.2.2.1 Parámetros para la selección del transportador**

En la siguiente figura se indica la forma que debe tener el transportador en la cual se puede apreciar: la altura, el ángulo de inclinación, longitud de transporte, etc. Todas estas variables influirán en el análisis de cada alternativa.

---

<sup>24</sup> Blanck, Tarquin, Ingeniería Económica, 5<sup>a</sup> Edición

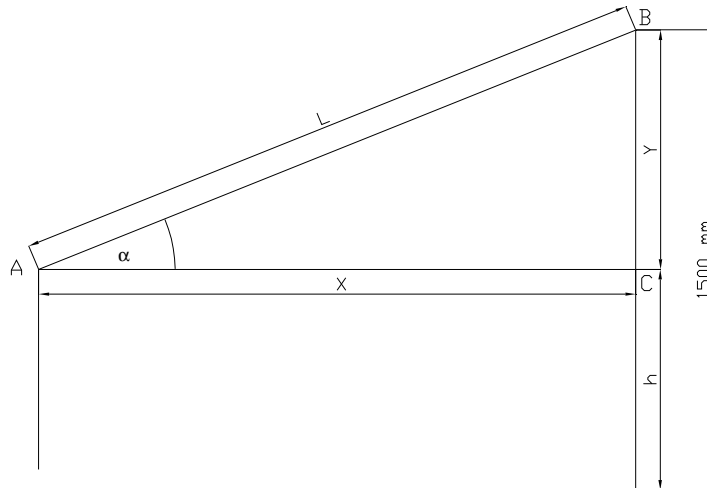


Figura 4.4 Esquemática para el dimensionamiento de la máquina

En el esquema anterior se tiene:

- $\alpha$  Ángulo de inclinación del transportador [°]
- Y Elevación del transportador [m]
- X Longitud horizontal del transportador [m]
- h Altura de la estructura inferior del transportador [m]
- L Longitud efectiva del transportador [m]

#### 4.2.2.2 Tornillo helicoidal o sinfín

El transportador de sinfín o helicoidal, debe ser analizado para distinto ángulo de inclinación  $\alpha$ , distinta altura Y, y distinta longitud L; los datos obtenidos deben ser tabulados, para de esta manera determinar la alternativa más idónea.

##### 4.2.2.2.1 Cálculo de la potencia requerida

La potencia en el eje de cabeza de transportadores helicoidales inclinados se determinará utilizando la teoría del Manual de Marks con la siguiente fórmula:

$$H = (A L N + C_c W L F) \times 10^{-6} \quad (4.4)$$

Donde:

- A Factor por el tamaño del transportador helicoidal
- L Longitud del transportador [pies]
- N rpm del transportador
- C<sub>c</sub> Capacidad corregida de material a transportar [ ft<sup>3</sup>/h]
- W Densidad del material a transportar [ lb/pie<sup>3</sup>]
- F Factor por el material
- H Potencia en el eje de la cabeza del transportador [hp]

En la ecuación (4.4), “el primer factor indica la potencia necesaria para vencer la fricción y el segundo indica la potencia necesaria para transportar o mover el material”.<sup>25</sup>

“El tamaño del motor eléctrico (potencia requerida del motor), depende de la eficiencia del mismo (usualmente cercano al 90%). Se considera un margen adicional G, que depende de la potencia. Como se detalla a continuación.”<sup>26</sup>

*Tabla 4.14 Margen de seguridad de los motores*

<b>H</b>	1	1-2	2-4	4-5	5
<b>G</b>	2	1.5	1.25	1.1	1

En base a la tabla anterior se determina la potencia necesaria con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{HG}{E} \quad (4.5)$$

Donde:

- G Margen de seguridad
- P Potencia del motor [hp]
- E Eficiencia del motor

---

<sup>25</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

<sup>26</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

#### 4.2.2.2.2 Cálculo de la longitud a transportar

La longitud L de transporte se la puede determinar en el triángulo ABC de la Fig 7 mediante la siguiente ecuación:

$$L = \frac{Y}{\text{sen}\alpha} \quad (4.6)$$

Donde:

- L Longitud de transporte [m]
- Y Elevación del transportador [m]
- $\alpha$  Angulo de inclinación [°]

#### 4.2.2.2.3 Cálculo de la capacidad corregida de material a transportar ( $C_c$ )

Debido a que la trayectoria a transportar es inclinada, se debe diseñar el tornillo helicoidal tomando en cuenta que existirá una reducción en la capacidad del material a transportar, es por esta razón que se debe calcular una capacidad corregida  $C_c$  con la siguiente fórmula:

$$C_c = C * f \quad (4.7)$$

Donde:

- $C_c$  Capacidad corregida del material a transportar [ ft<sup>3</sup>/h]
- C Capacidad de transporte de material [ ft<sup>3</sup>/h]
- f Factor debido a la reducción de capacidad.

“El factor debido a la reducción de la capacidad se calcula con la siguiente fórmula”:<sup>27</sup>

$$f = \frac{100}{100 - r} \quad (4.8)$$

Donde r es la reducción de la capacidad del helicoidal en planos inclinados y se la encuentra en la tabla 4.15.

---

<sup>27</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

*Tabla 4.15 Reducción de la capacidad del helicoidal en planos inclinados*

Inclinación, grados	10	15	20	25	30	35
Reducción de capacidad ( r ), %	10	26	45	58	70	78

*Elaboración: Propia*

*Fuente : Marks; Manual del Ingeniero Mecánico; 8<sup>va</sup> edición*

#### 4.2.2.2.4 Cálculo del factor por el material (F)

A los materiales se los clasifica por grupos, en base a sus características y se les asigna un valor de F ( factor por el material) .

Para determinar el grupo y el factor por el material (F), se utiliza la siguiente tabla

*Tabla 4.16 Grupos característicos de algunos materiales*

Grupo 1: incluye materiales ligeros, como cebada, frijol, granos cerveceros (secos), carbón (pulverizado), harina de maíz, harina de semilla de algodón, linaza, harina, malta, avena, arroz, trigo. El valor del factor F es 0,5
Grupo 2: Incluye materiales finos y granulares. Los valores de F son: alumbre (pulverizado), 0,6; carbón (menudos o finos), 0,9; café en grano, 0,4; aserrín, 0,7; sosa comercial (ligera) ,0,7; frijol de soya, 0,5; ceniza volátil, 0,4
Grupo 3: incluye materiales con terrones pequeños mezclados con finos. Los valores de F son: alumbre, 1,4; cenizas (secas),4,0; borax, 0,7; granos de cervecería húmedos, 0,6; semilla de algodón 0,9; sal, gruesa o fina, 1,2; sosa comercial (pesada), 0,7
Grupo 4: Incluye materiales semiabrasivos, finos, granulares y en terrones pequeños. Los valores de F son: fosato ácido (seco), 1,4; bauxita (seca), 1,8; cemento (seco), 1,4; arcilla, 2,0; tierra de Fuller, 2,0; sales de plomo, 1,0; caliza cribada, 2,0; azúcar (sin reinar), 1,0; litargirio, 1,0; azufre (terrones), 0,8; oxido de

zinc, 1,0
Grupo 5: incluye materiales abrasivos en terrones que se deben mantener fuera de contacto con los cojinetes con los colgadores. Los valores de F son: cenizas mojadas, 5,0; hollin, 4,0; cuarzo (pulverizado) 2,5; arena sílice, 2,0; lodos de drenaje (mojados y arenosos), 6,0

*Elaboración: Propia*

*Fuente : Marks; Manual del Ingeniero Mecánico; 8<sup>va</sup> edición*

El material a ser transportado es tierra, por lo que al analizar la tabla 4.2 se concluye que se encuentra en el grupo 4 con un factor  $F = 2.0$

#### 4.2.2.2.5 Cálculo del factor de tamaño de transportador helicoidal (A)

El factor de tamaño (A) se obtiene en base al diámetro de hélice del transportador helicoidal ( $\phi_h$ ).

Para determinar el diámetro de la hélice ( $\phi_h$ ) del tornillo transportador, se debe determinar la capacidad C (en el caso de sinfines inclinados se debe conocer la capacidad corregida  $C_c$ ), y el grupo al que pertenece el material. <sup>28</sup>

El tamaño del diámetro de la hélice ( $\phi_h$ ) se obtiene en la tabla 4.16

*Tabla 4.16 Tamaño del diámetro de la hélice*

	Tamaño del diámetro del transportador ( $\phi_h$ ), pulg							
Grupo	6	9	10	12	14	16	18	20
1	350	1100	1600	2500	4000	5500	7600	10000
2	220	700	950	1600	2400	3400	4500	6000

<sup>28</sup> Marks, "Manual del Ingeniero Mecánico", 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II

3	150	460	620	1100	1600	2200	3200	4000
4	90	300	400	650	1000	1500	2000	2600
5	20	68	90	160	240	350	500	650

Elaboración: Propia

Fuente : Marks; Manual del Ingeniero Mecánico; 8<sup>va</sup> edición.

Conocido el diámetro de hélice ( $\phi_h$ ), se puede determinar el factor por tamaño (A), en la siguiente tabla.

Tabla 4.17 Factor de tamaño de transportador helicoidal (A)

Se suponen cojinetes de bronce autolubricados									
Diámetro del transportador, pulg	6	9	10	12	14	16	18	20	24
Diámetro del transportador, mm	152	229	254	305	356	406	457	508	610
Factor A	54	96	114	171	255	336	414	510	690

Elaboración: Propia

Fuente : Marks; Manual del Ingeniero Mecánico; 8<sup>va</sup> edición

#### 4.2.2.2.6 Determinación de las revoluciones máximas para el transportador

Las revoluciones máximas a las que debe girar el eje del transportador, se determina en la tabla 4.18, conociendo el grupo al que pertenece la tierra.

Tabla 4.18 Revoluciones máximas para distintos diámetros

Grupo	Porcentaje máximo de sección transversal ocupado por el material	Densidad máxima del material $\text{kg/m}^3$ ( $\text{lb/pie}^3$ )	rpm máximas para diámetros de:	
			152 mm (6 pulg)	508 mm (20 pulg)

1	45	50 (800)	170	110
2	38	50 (800)	120	75
3	31	75 (1200)	90	60
4	25	100 (1600)	70	50
5	12,5		30	25

*Elaboración: Propia*

*Fuente : Marks; Manual del Ingeniero Mecánico; 8<sup>va</sup> edición*

#### **4.2.2.3 Bandas o cintas transportadoras**

Al igual que un transportador de sinfín, las bandas transportadoras deben ser analizadas para distintos ángulo de inclinación y distintas alturas.

“La potencia requerida para manejar un transportador de cinta es la suma de distintas potencias”:<sup>29</sup>

- Potencia para mover la banda vacía
- Potencia para mover la carga horizontalmente
- Potencia requerida para subir la carga si el transportador está inclinado

##### *4.2.2.3.1 Potencia requerida para mover la banda vacía*

La potencia requerida para mover el transportador de banda sin carga esta dado en la figura A2-1 localizada en el Anexo 2.

##### *4.2.2.3.2 Potencia requerida para mover la carga horizontalmente*

La potencia que se necesita para mover 100 ton/h horizontalmente viene dado por la fórmula.

$$P_{MC} = 0.4 + 0.00325L \quad (4.9)$$

Donde:

<sup>29</sup> Marks, “Manual del Ingeniero Mecánico”, 8<sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II



L es la distancia entre centros (pies).

#### *4.2.2.3.3 Potencia requerida para subir la carga si el transportador está inclinado*

La potencia que se requiere para elevar la carga está dada en la figura A2-2 (Ver Anexo 2).

#### *4.2.2.3.4 Inclinación de la banda*

La inclinación de la banda (en grados) así como el ancho y velocidad de la banda se determinan en las tablas A2-1 y A2-2 respectivamente (Ver Anexo 2) en las mismas que se ingresa con la capacidad y la densidad del material.

El ancho de la cinta o banda también depende del máximo tamaño de los trozos de material a transportar (diámetro de los terrones) y si este está tamizado o hay una mezcla de material grueso y fino.

El espaciamiento de las poleas locas depende del peso del material, puesto que, si este es excesivo existe desperdicio de potencia.

En la tabla A2-3 (Anexo 2) se hallan recomendaciones de anchos de banda mínimos según el tamaño del material a transportar y recomendaciones para el distanciamiento de las poleas.

En las tablas localizadas en el Anexo 1 se presentan los resultados del análisis de esta alternativa.

### **CONCLUSIÓN:**

La alternativa seleccionada para el transporte de tierra debe ser aquella que tenga el menor valor actual neto ya que esta será la más económica para que se pueda en un futuro diseñar y construir; por lo tanto en el Anexo 1, se selecciona el siguiente transportador con sus respectivas dimensiones descritas en la figura 4.4

**Tipo de transportador** : Tonillo sin fín.

**Angulo de inclinación ( $\alpha$ )** : 25 °

**Altura de elevación (Y)** : 0.7 m

**Longitud de transporte (L)** : 1.6 m

### **4.3 DISEÑO DE LA MAQUINA DOSIFICADORA-ENVASADORA**

#### **4.3.1 DISEÑO DE LA TOLVA**

Las tolvas son elementos que reciben, almacenan y descargan materiales. En el presente trabajo, el material con el que se va a trabajar es tierra, la misma que es granular y tiene características abrasivas y corrosivas. Los esfuerzos a los cuales va a estar sometida la tolva de alimentación son mínimos por lo que para su diseño se debe tomar en cuenta el desgaste al cual va a estar sometido. Adicionalmente la tolva debe proporcionar suficiente rigidez y ser de bajo costo.

##### **4.3.1.1 Selección del Material**

Para la selección del material adecuado se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones.

El acero especial Chronit, no está disponible para espesores pequeños, que es un requerimiento para el diseño de la tolva, por lo que este material queda descartado.

El costo por plancha de acero galvanizado es mayor que el acero común (A36), sin embargo el acero común carece de protección frente al desgaste corrosivo y abrasivo, causados por el ambiente y por la tierra, y una pintura difícilmente es capaz de proteger a la tolva. Por el contrario el revestimiento de zinc del acero galvanizado da una protección permanente pues el acero es catódico respecto al zinc y por eso se protege electroquímicamente a pesar de cualquier porosidad o hueco menor en el revestimiento.

**Conclusión:** Por las razones antes citadas, se selecciona como material para construir la tolva al acero galvanizado (Catálogo DIPAC ANEXO 3).

#### 4.3.1.2 Requerimientos funcionales de la tolva

Los requerimientos funcionales de la envasadora establecen que se debe envasar una bolsa por cada dos segundos para lo cual se debe disponer de un volumen de tierra de  $0.00133 \text{ m}^3$  continuamente, con un peso de 1.5 kg y una densidad de  $1125 \text{ kg./m}^3$ .

Para garantizar un envasado continuo, con el fin de reducir los tiempos muertos que existen cuando el envasado se lo realizar en forma unitaria, se va ha realizar un envasado simultáneo con cuatro dosificadores con lo que se obtiene el volumen necesario de la tolva

$$V_{TOLVA} = \frac{4 * m}{\rho} \quad (4.10)$$

Donde

$m$  masa del material a envasarse (tierra), 1,5 kg

$\rho$  densidad del material,  $1125 \text{ kg/m}^3$

$$V_{TOLVA} = 2.13 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

Este volumen determinado es la cantidad exacta necesaria para realizar el envasado, por condiciones de seguridad en el abastecimiento de material se considera un volumen mayor de

$$V_{TOLVA} = 0.01 \text{ m}^3$$

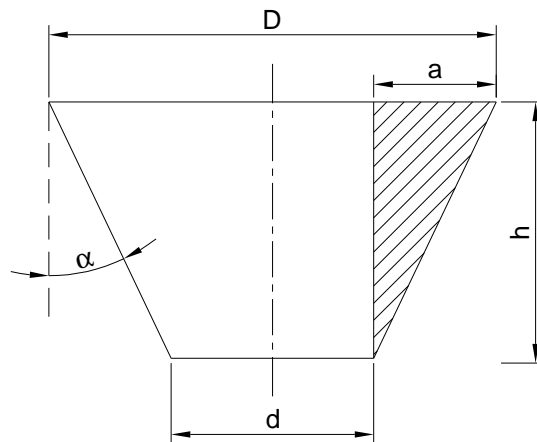


Figura 4.5 Dimensiones básicas de la tolva

Para determinar todos los parámetros es necesario encontrar el volumen geométrico de la tolva

$$V_{TOLVA} = \frac{\pi h}{3} \left( \left( \frac{D}{2} \right)^2 + \left( \frac{d}{2} \right)^2 + \left( \frac{Dd}{4} \right) \right) \quad (4.11)$$

Donde

- $V_{TOLVA}$  Volumen de la tolva, 0.01 m<sup>3</sup>
- D Diámetro mayor de la tolva [m]
- d Diámetro menor de la tolva, 0.40 m
- h Altura de la tolva [m]

Relacionando geoméricamente las dimensiones de la tolva y el ángulo de inclinación ( $\alpha = 25^\circ$ ) se tiene

$$\tan(\alpha) = \frac{a}{h} = \frac{D-d}{h} \quad (4.12)$$

$$h = \frac{D-d}{\tan(\alpha)} \quad (4.13)$$

Al resolver simultáneamente las dos ecuaciones se obtiene:

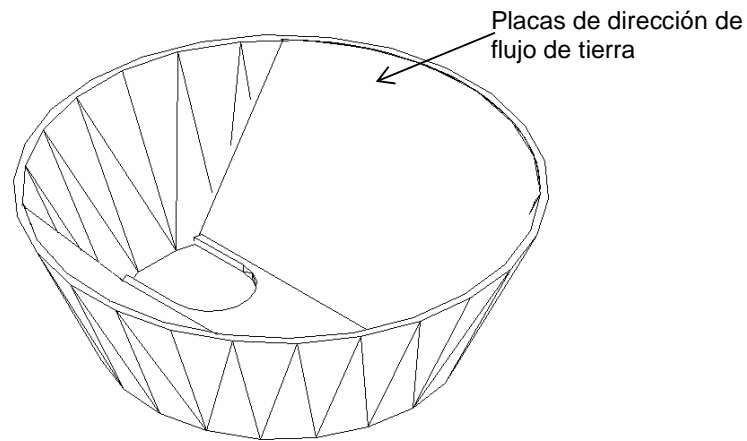
$$D = 0.434 \text{ m}$$

$$h = 0.073 \text{ m}$$

Con estas dimensiones se cumplen con el requerimiento de disponibilidad de tierra para el envasado, por condiciones de seguridad y además por la presencia de placas que direccional el flujo hacia los dosificadores (figura 4.6), que hacen disminuir el volumen de la tolva se toman las siguientes dimensiones finales de la tolva.

$$D = 0.63 \text{ m}$$

$$h = 0.20 \text{ m}$$



*Figura 4.6 Esquema de la tolva*

#### **4.3.1.3 Espesor de las placas de la tolva**

Los esfuerzos en la tolva son relativamente bajos, no obstante se debe realizar los respectivos cálculos para determinar la resistencia mecánica de dicho elemento.

Para determinar el espesor de las placas se considera a la tolva como un recipiente de paredes delgadas para el cual se tiene que la presión interna máxima que va a soportar la tolva debido a la tierra es:

$$p = \frac{m * g * h}{V_{TOLVA}} \quad (4.14)$$

Donde

- $p$  Presión interna [N/m<sup>2</sup>]  
 $m$  masa de tierra en la tolva llena, 12 kg  
 $g$  gravedad, 9.8 m/s<sup>2</sup>  
 $h$  altura de la tolva, 0.2 m  
 $V_{TOLVA}$  Volumen de la tolva, 0.01 m<sup>3</sup>

Con lo cual se obtiene una presión de

$$p = 2352 \frac{N}{m^2}$$

Los esfuerzos a los que está sometida la tolva se asemejan a los esfuerzos a los que están sujetos los cilindros de paredes delgadas por lo que se presentan dichos esfuerzos en la ecuación "( 4.15)"<sup>30</sup>

$$\sigma_t = \frac{p d_i}{2t}, \quad \sigma_l = \frac{p d_i}{4t} \quad (4.15)$$

Donde:

- $\sigma_t$  esfuerzo tangencial [N/m<sup>2</sup>]  
 $\sigma_l$  esfuerzo longitudinal [N/m<sup>2</sup>]  
 $d_i$  diámetro medio [m]  
 $p$  presión interna, 2352 N/m<sup>2</sup>  
 $t$  espesor de la placa [m]

El diámetro promedio interior ( $d_i$ ) se lo calcula a partir de la sección A-A de la figura que se presenta a continuación.

---

<sup>30</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

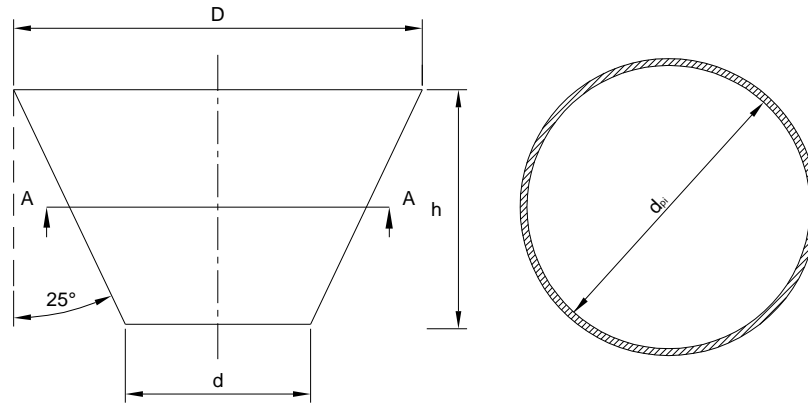


Figura 4.7 Dimensiones de la tolva de alimentación

$$d_i = \frac{D+d}{2} \quad (4.16)$$

$$d_i = 0.515 \text{ m}$$

Al reemplazar los valores de la presión interna, así como del diámetro promedio interior en la ecuación (4.6), se tiene el esfuerzo tangencial

$$\sigma_t = \frac{606 \text{ N}}{t \text{ m}^2}$$

De la misma forma se puede determinar el esfuerzo longitudinal al que se encuentra sometido la tolva

$$\sigma_l = \frac{p d_i}{4t} \quad (4.17)$$

Al reemplazar los valores de la presión interna y del diámetro promedio interior calculados anteriormente, en la ecuación (4.8), se obtiene el valor del esfuerzo longitudinal

$$\sigma_l = \frac{303 \text{ N}}{t \text{ m}^2}$$

#### 4.3.1.4 Análisis de la tolva según la Teoría del esfuerzo cortante máximo

“Al aplicar la Teoría del esfuerzo cortante máximo se puede determinar el espesor  $t$  de la placa”, considerando que <sup>31</sup>

$$\sigma_t = \sigma_1 \quad (4.18)$$

$$\sigma_t = \sigma_2 \quad (4.19)$$

Según la Teoría del esfuerzo cortante máximo se tiene

$$\sigma_e = \sigma_1 + \sigma_2 \leq S_y \quad (4.20)$$

$$\begin{aligned} \frac{303}{t} + \frac{606}{t} &= 248 \times 10^6 \\ t &= 3.7 \times 10^{-6} \text{ m} \\ t &= 0.0037 \text{ mm} \end{aligned}$$

Donde

$\sigma_1, \sigma_2$	Esfuerzos principales [ $\text{N/m}^2$ ]
$\sigma_e$	Esfuerzo equivalente [ $\text{N/m}^2$ ]
$S_y$	Esfuerzo de fluencia del acero, $248 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

**Conclusión:** Al estar la placa sometida a muy bajos esfuerzos el espesor es muy pequeño, por lo tanto por condiciones de rigidez de la tolva, por el efecto abrasivo del material en envasar y por las condiciones climáticas (corrosión) se escoge una placa de acero A 36 de 1 mm de espesor.

#### 4.3.1.5 Diseño Estático para la Soldadura de la Tolva

Para el diseño de la soldadura se selecciona una junta a tope (a pesar del espesor reducido del material) ya que en el interior de la tolva se acoplan otros componentes los cuales actúan como rigidizadores y mantienen la forma de la tolva.

---

<sup>31</sup> Mirolionov, I; Problemas de Resistencia de Materiales; 3<sup>era</sup> Edición; Mir – Moscú; 1978



“En una soldadura a tope para cargas de compresión o de tensión el esfuerzo normal medio es” <sup>32</sup>

$$\sigma = \frac{F}{h_g L} \quad (4.21)$$

Donde

- $\sigma$             Esfuerzo normal medio [N/m<sup>2</sup>]
- F                Carga de tensión o compresión [N]
- $h_g$             media de la garganta, 0.001 m
- L                longitud de la soldadura, 0.02 m (cuatro cordones de 5 mm c/u)

El esfuerzo medio de la junta debido a la carga cortante es

$$\tau = \frac{F}{h_g L} \quad (4.22)$$

Donde

- $\tau$                 Esfuerzo cortante medio [N/m<sup>2</sup>]

La carga F depende de la presión interna ejercida por la tierra en la tolva

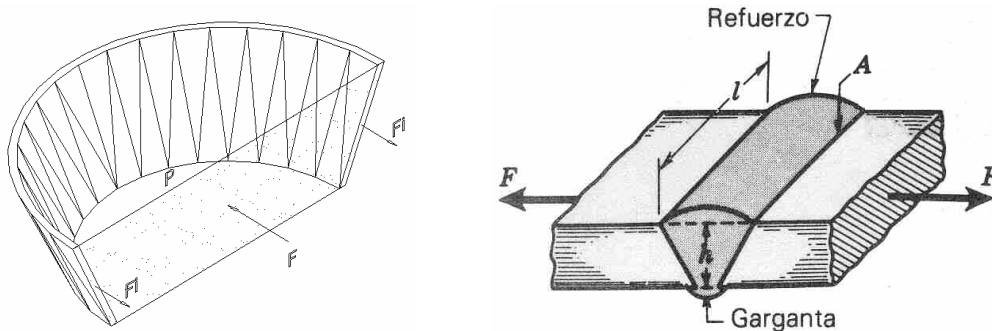


Figura 4.8 Acción de la presión interna P sobre las paredes de la tolva

$$\begin{aligned} 2F_i &= F = P A_L \\ F_i &= \frac{P * d_i * h}{2} \end{aligned} \quad (4.23)$$

Donde

<sup>32</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

P	Presión interna, 2352 N/m <sup>2</sup>
F <sub>i</sub> , F	Fuerza Longitudinal a través de las paredes de la tolva [N]
d <sub>i</sub>	Diámetro medio del la tolva, 0.515 m
h	altura de la tolva, 0.2 m
A <sub>L</sub>	Área de la sección longitudinal de la tolva

Al reemplazar los valores de P, d<sub>i</sub> y h en la ecuación (4.23) se obtiene una carga F de

$$F = 121 \text{ N}$$

Con el resultado anterior se obtiene el valor de los esfuerzos normal y cortante medio.

$$\sigma = 6050000 \text{ N/m}^2$$

$$\tau = 6050000 \text{ N/m}^2$$

Para relacionar los esfuerzos normal y cortante se utiliza la ecuación" 4.24", la cual indica el esfuerzo de Von Mises en el metal a soldar <sup>33</sup>

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (4.24)$$

Donde

$\sigma$	Esfuerzo normal medio [N/m <sup>2</sup> ]
$\tau$	Esfuerzo cortante medio [N/m <sup>2</sup> ]
$\sigma'$	Esfuerzo de Von Mises [N/m <sup>2</sup> ]

Reemplazando los resultados obtenidos en la ecuación 4.19 se obtiene

$$\sigma' = 12100000 \text{ N/m}^2$$

---

<sup>33</sup> Andrew, P, Resistencia de Materiales; México; 1994

#### 4.3.1.6 Factor de seguridad estático para la soldadura de la tolva

Para el caso de la tolva, ésta va a estar sometida a tensión, producto de la presión interior originada por la tierra en la tolva y además se tiene una junta a tope y considerando las mismas propiedades del metal base para el metal de aporte se tiene:

$$n = \frac{S_{y \text{ metal base}}}{\sigma'} \quad (4.25)^{34}$$

Donde

n Factor de seguridad

Sy Esfuerzo de fluencia, ( Acero A 36 Sy = 36ksi = 248x10<sup>6</sup> N/m<sup>2</sup> )

Para las condiciones de la soldadura de la tolva se tiene un factor de seguridad contra la falla estática de

$$n = 20.5$$

#### 4.3.1.7 Diseño Dinámico para la Soldadura de la Tolva

Para realizar el análisis dinámico para la soldadura de la tolva, se tiene que el límite de la resistencia a la fatiga es:

$$S'_e = 0.5 Su \quad (4.26)^{34}$$

Donde

S'<sub>e</sub> Límite de resistencia a la fatiga

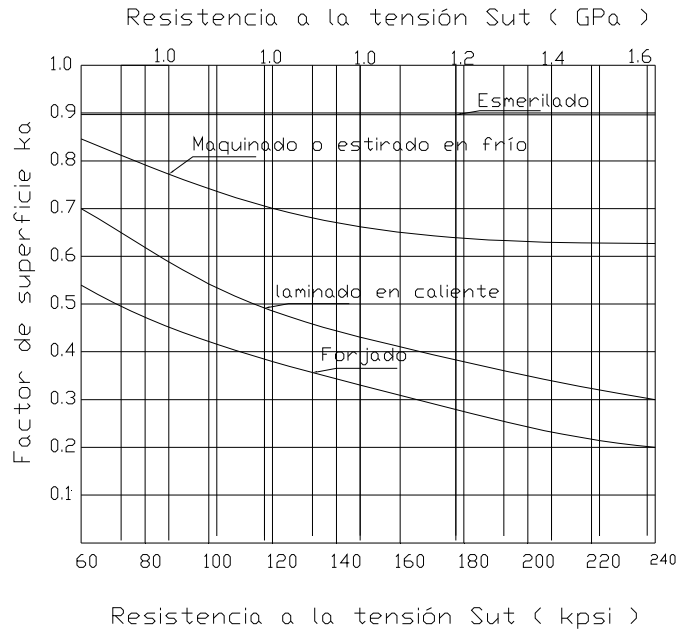
Su Resistencia última, ( Acero A 36 Su = 58 ksi = 399x10<sup>6</sup> N/m<sup>2</sup> )

Al reemplazar el valor de Su en la ecuación 4.26, se tiene que S'<sub>e</sub> = 199x10<sup>6</sup> (N/m<sup>2</sup>)

El factor de superficie ka, para soldaduras y para el material primario en sus alrededores debe basarse siempre en una superficie en la condición de forja, así de la figura 4.9, se tiene que Ka = 0.53

---

<sup>34</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.



**Figura 4.9 Factores de modificación de acabado superficial para el acero;**  
**FUENTE :Shigley J., Diseño en Ingeniería Mecánica, 4 Edición , McGraw-**  
**Hill, 1990**

Para obtener el factor de tamaño se utiliza la siguiente fórmula

$$K_b = 1.189(d_{eq})^{-0.097} \quad (4.27)^{35}$$

Donde

$k_b$  Factor de tamaño

$d_{eq}$  Diámetro equivalente

El diámetro equivalente se lo obtiene a partir de la siguiente ecuación

$$d_{eq} = \sqrt{\frac{0.05 * \text{Área de soldadura}}{0.0766}} \quad (4.28)^{35}$$

Donde

Área de soldadura = 200 mm<sup>2</sup>

<sup>35</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, McGraw-Hill, 1990.

Al reemplazar los valores de Area y  $d_{eq}$ , en la ecuación 4.27, se tiene que el factor de tamaño  $k_b$  es de 0.94.

Este proceso se utiliza en el metal primario y este mismo factor se empleará en el caso de la soldadura.

Para el 95% de confiabilidad de la tabla 4.19 se tiene que  $k_c = 0.868$

Tabla 4.19: Factores de confiabilidad  $K_c$

Confiabilidad R	Variable estandarizada	Factor de confiabilidad
0,5	0	1
0,9	1,288	0,897
0,95	1,645	0,868
0,99	2,326	0,814
0,999	3,091	0,753
0,9999	3,719	0,702
0,99999	4,265	0,659
0,999999	4,753	0,62
0,9999999	5,199	0,3584
0,99999999	5,612	0,551

FUENTE :Shigley J., *Diseño en Ingeniería Mecánica, 4 Edición* , McGraw-Hill, 1990

De la tabla 4.20 se halla que el factor de reducción de resistencia a la fatiga  $k_f = 1.2$  en el extremo de una soldadura de filete paralela. Por consiguiente  $k_e = 1/k_f = 0.833$

Tabla 4.20: Factores de reducción de resistencia a la fatiga  $K_f$

Tipo de soldadura	Kf
A tope	1,2
De filete transversal	1,5
De filete lonfitudinales paralelos	2,7
A tope en T	2,0

FUENTE:Shigley J., *Diseño en Ingeniería Mecánica, 4 Edición* , McGraw-Hill, 1990

Ahora el límite de fatiga corregido ( $S_e$ ) será

$$S_e = k_a k_b k_c k_e S_e' = (0.53)(0.94)(0.868)(0.833)(199 \times 10^6) \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (4.29)^{36}$$

$$S_e = 71.68 \times 10^6 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los esfuerzos alternantes y medio de von Mises en el metal de soldadura son

$$\sigma'_a = \sigma'_m = \frac{\sigma'}{2} = \frac{12100000}{2} = 6050000 \text{ N/m}^2 \quad (4.30)^{36}$$

#### 4.3.1.8 Factor de seguridad dinámico para la soldadura de la tolva

Ahora se calculará el factor de seguridad contra falla por fatiga por medio de la ecuación de Goodman modificada.

$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_u} = 1 \quad (4.31)^{36}$$

Al sustituir  $S_a = n \sigma'_a$  y  $S_m = \sigma'_m$ , en la ecuación, se tiene como resultado

$$\frac{6050000n}{71.68 \times 10^6} + \frac{6050000}{399 \times 10^6} = 1$$

$$n = 10$$

Al realizar el diseño tanto estático como dinámico para la soldadura de la tolva, se obtuvo factores de seguridad relativamente altos, esto conlleva a deducir que los esfuerzos en la tolva son relativamente pequeños por lo que este análisis se lo puede extender a los demás elementos constitutivos de máquina ya que son del mismo material y los esfuerzos aplicados a éstos son pequeños.

Los parámetros, variables y condiciones de la soldadura se presentan en el WPS 001 ubicado en el Anexo 9.

<sup>36</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, McGraw-Hill, 1990.

## 4.3.2 DISEÑO DE LOS CILINDROS DOSIFICADORES

Los cilindros dosificadores deben suministrar la dosis exacta de tierra a envasarse, debiendo estar continuamente cargando y descargando material provocando que las paredes internas se desgasten por abrasión y corrosión, por lo que el material con el que se diseñe estos cilindros, debe soportar dicho desgaste.

### 4.3.2.1 Selección del Material para los cilindros dosificadores

Por la facilidad de adquisición en el mercado (Catálogo DIPAC, Anexo 3), facilidad constructiva y por las propiedades de los materiales recomendados para el diseño, se escoge el siguiente material:

Denominación: Tubo poste

Acero: ASTM A 36

Recubrimiento: Galvanizado

### 4.3.2.2 Dimensionamiento de los cilindros dosificadores

Para obtener las dimensiones básicas de los dosificadores se debe considerar que el volumen de las bolsas a envasar es  $0.00133 \text{ m}^3$  ( $1330\text{cm}^3$ ) y que la altura de todo el sistema de dosificación no debe rebasar los 1500mm. Por las razones anteriores se escoge un tubo cuyo diámetro exterior es de 114.3 mm (4 pulgadas) y cuyo espesor es de 2mm, obteniendo así un diámetro interior de 110,3mm.

Con estas condiciones la altura de los dosificadores se obtiene utilizando la siguiente ecuación

$$V_{\text{DOSIFICADOR}} = \frac{\pi d^2}{4} h \quad (4.32)$$

Donde

$V_{\text{DOSIFICADOR}}$  Volumen del dosificador,  $0.00133 \text{ m}^3$

$d$  Diámetro interior del tubo,  $0.110 \text{ m}^3$

h                                      Altura del dosificador [m]

Al reemplazar los valores anteriores en la ecuación 4.26 se obtiene

$$h = 0.134 \text{ m}$$

Con lo cual las dimensiones de los cilindros dosificadores quedan conocidas, las mismas que se las muestra en la figura 4.10

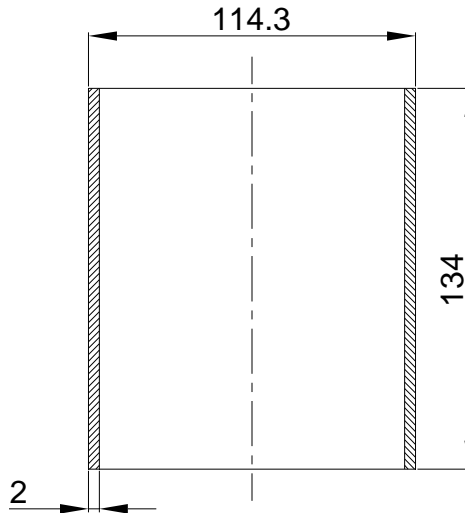


Figura 4.10 Dimensiones de los cilindros dosificadores, en mm

#### 4.3.2.3      **Espesor de las paredes del los cilindros dosificadores**

Para determinar el espesor de los cilindros de dosificación, se considera a los mismos como recipientes de paredes delgadas, los cuales soportarán una presión máxima, la que se calcula con la siguiente fórmula.

$$p = \frac{m * g * h}{V_{DOSIFICADOR}} \tag{4.33}$$

Donde

p                      Presión [N/m<sup>2</sup>]

m                      masa, 1.5 kg

g                      gravedad, 9.8 m/s<sup>2</sup>

h                      altura de la tolva, 0.134 m

V<sub>DOSIFICADOR</sub>      volumen del dosificador, 1.33 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>



Con lo cual se obtiene una presión en el interior de los cilindros dosificadores de

$$p = 1481 \frac{N}{m^2}$$

#### 4.3.2.3.1 Esfuerzo tangencial ( $\sigma$ )

Para determinar el esfuerzo tangencial se toma en cuenta la figura 4.11

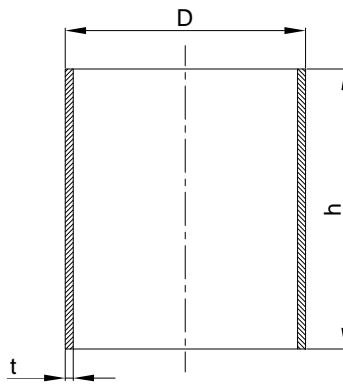


Figura 4.11 Dimensiones para el cálculo del esfuerzo tangencial en los cilindros dosificadores

El esfuerzo tangencial se lo encuentra al aplicar la ecuación 4.15

$$\sigma_t = \frac{p d_i}{2t}$$
$$\sigma_t = \frac{80 N}{t m^2}$$

Donde

- $\sigma_t$  Esfuerzo tangencial [ $N/m^2$ ]
- $p$  Presión interna [ $N/m^2$ ]
- $d_{pi}$  Diámetro promedio interior [m]
- $t$  Espesor de la placa [m]

#### 4.3.2.3.2 Esfuerzo longitudinal ( $\sigma_l$ )

Para determinar el esfuerzo longitudinal ejercido sobre los dosificadores por la tierra se realiza el análisis con la ayuda de la figura 4.12 que se presenta a continuación.

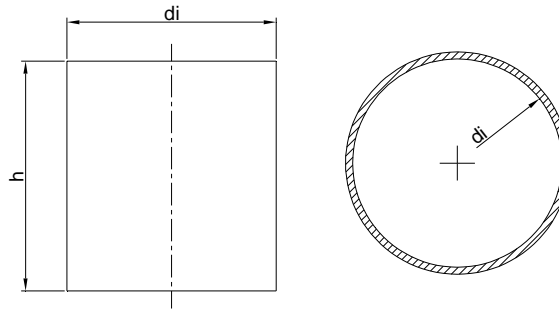


Figura 4.12 Dimensiones para el cálculo del esfuerzo longitudinal en los cilindros dosificadores

El esfuerzo longitudinal se lo obtiene con la ecuación 4.15

$$\sigma_l = \frac{p d_i}{4t}$$
$$\sigma_l = \frac{40 \text{ N}}{t \text{ m}^2}$$

Donde

- $\sigma_l$  Esfuerzo longitudinal [ $\text{N/m}^2$ ]
- $p$  Presión interna [ $\text{N/m}^2$ ]
- $d_i$  Diámetro promedio interior, 0.107 m
- $t$  Espesor de la placa [m]

Al aplicar la Teoría del esfuerzo cortante máximo se puede determinar el espesor  $t$  de la placa, ecuación 4.20.

$$\frac{40}{t} + \frac{80}{t} = 248 \times 10^6$$
$$t = 4.8 \times 10^{-7} \text{ m}$$
$$t = 0.00048 \text{ mm}$$

**Conclusión:** Como se puede apreciar en los resultados obtenidos el espesor de las paredes para los cilindros dosificadores es muy pequeño, pero debido a que se debe considerar la rigidez, resistencia al desgaste, vida útil y disponibilidad de materiales en el mercado el espesor indicado inicialmente de 2mm es correcto.

#### **4.3.3 DISEÑO DE LOS DISCOS DE DOSIFICACIÓN**

La máquina dosificadora-ensasadora consta de dos discos que actúan como elementos estructurales y como sistemas de compuerta para la apertura y cierre del sistema de dosificación.

Para determinar el espesor de las placas, ya que éstas no van estar sometidas a grandes esfuerzos externos a excepción de los esfuerzos producidos por su propio peso además de los esfuerzos de desgaste producto de la fricción con materiales contiguos (tolva, tierra) y corrosión por lo cual el material a seleccionar debe ser apto para trabajar en estas condiciones, además de considerar aspectos constructivos de los discos como:

- Deformación (pandeo) de los materiales al aplicarse altas temperaturas (oxicorte)
- Deformación (pandeo) al realizar el maquinado de las placas
- Dificultad para llegar a las tolerancias deseadas para el acople de las demás partes de la dosificadora

##### **4.3.3.1 Selección del Material**

Para las condiciones de trabajo requeridas por los discos superior e inferior, éstos van a trabajar principalmente a desgaste por abrasión, por lo tanto y por lo señalado en las alternativas para la selección de materiales, se selecciona el acero Chronit, el cual cumple con estos requerimientos (Aceros Böhler, Ver Anexo 4).

Denominación: Lámina antiabrasiva

Acero: Chronit 400 HB

Espesor: 10 mm

#### 4.3.3.2 Diseño del disco superior

El disco superior cumple la función de abrir y cerrar el ingreso de tierra desde la tolva hacia los cilindros de dosificación. Éste consta de cuatro alojamientos en los cuales se acoplarán los cilindros dosificadores como se indica en la figura 4.13. Las dimensiones de los alojamientos interiores están sujetos a las dimensiones de los acoples de los cilindros dosificadores, por lo tanto estas dimensiones son:

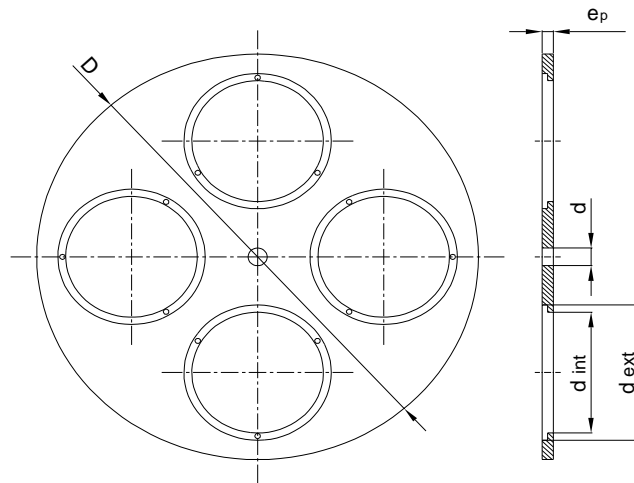


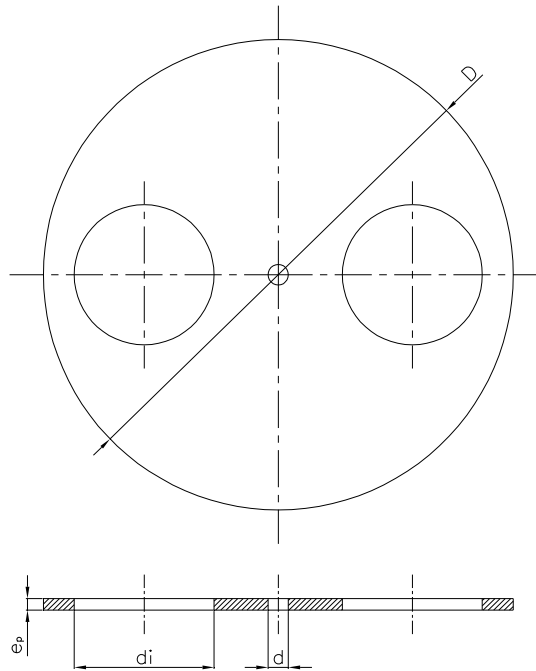
Figura 4.13 Esquema del disco superior

- $d_{int}$  Diámetro interior, 0.113 m
- $d_{ext}$  Diámetro exterior, 0.132 m
- $e_p$  Espesor del disco, 0.0095 m
- $d$  Diámetro del alojamiento del eje, 0.016 m

El diámetro  $D$  de la placa se selecciona tomando en cuenta las dimensiones de la parte inferior de la tolva, además de factores como la comodidad del personal que realiza el envasado.

#### 4.3.3.3 Diseño del disco inferior

Este disco cumple la función de abrir y cerrar la salida de la tierra (volumen dosificado) hacia la bolsa produciendo el envasado.



*Figura 4.14 Esquema del disco inferior*

Las dimensiones de los alojamientos dependen del diámetro interior de los cilindros dosificadores. Las dimensiones del disco inferior son:

- $d_i$  Diámetro interior, 0.107 m
- $d$  Diámetro del alojamiento del eje, 0.016 m
- $e_p$  Espesor del disco, 0.0095 m

#### **4.3.4 DISEÑO DE LOS ACOPLES DE UNIÓN CILINDROS DOSIFICADORES – DISCO SUPERIOR**

Los acoples de unión son utilizados en este caso para ensamblar los cilindros dosificadores al disco superior de dosificación y para facilitar el mantenimiento (montaje, desmontaje e inspección) de las partes como se indica en la figura 4.15

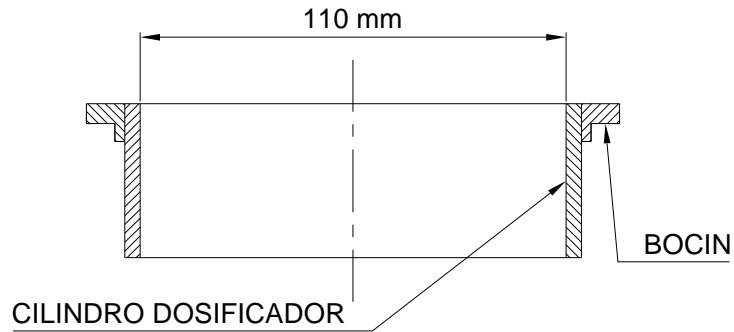


Figura 4.15 Acople de unión cilindros dosificadores - disco superior

Los esfuerzos a los cuales está sometido el acople son despreciables ya que las únicas cargas externas que actúan sobre este es su propio peso. Por lo tanto para el diseño se considera el aspecto constructivo y la facilidad de acoplar los dosificadores con al disco superior de soporte.

#### 4.3.4.1 Selección del Material para el acople de unión Cilindros dosificadores – Disco superior

Para los acoples se utiliza una placa de acero ASTM A 36 (Catálogo DIPAC; Anexo 3) con un espesor de 12 mm. Con la cual se obtiene el acople de unión con la siguiente configuración

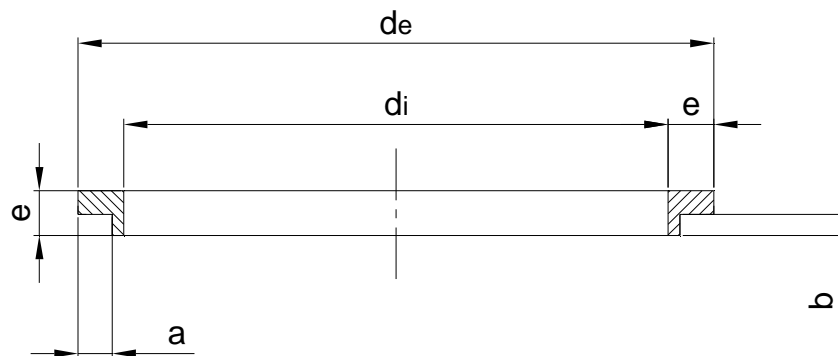


Figura 4.16 Esquema del acople de unión

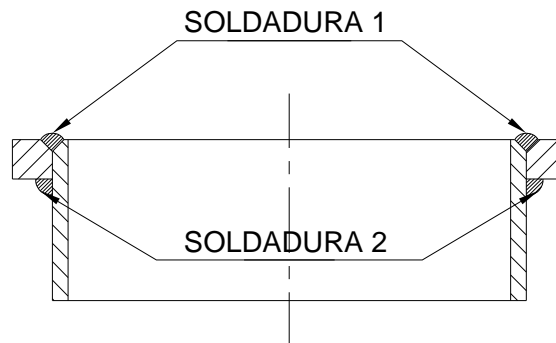
Donde:

- $d_i$  Diámetro interior, 0.113 m
- $d_e$  Diámetro exterior, 0.132 m
- $e$  espesor, 0.0095 m
- $a$  Base del acople de unión, 0.007 m
- $b$  Altura desde la base del bocín, 0,0045 m

#### 4.3.5 DISEÑO DE LA SOLDADURA ACOPLE DE UNIÓN – CILINDRO DOSIFICADOR

Como se demostró en el caso de la soldadura de la tolva los esfuerzos que actúan sobre los elementos y por lo tanto sobre la soldadura son muy bajos por lo cual para el caso de la soldadura del acople de unión – cilindro dosificador no es necesario realizar el análisis de los esfuerzos que actúan sobre este elemento.

Para este caso es necesario analizar el tipo de junta a utilizar indicado en la figura 4.17. Los parámetros, variables y condiciones de la soldadura se presentan en el WPS 002 ubicado en el Anexo 9.



*Figura 4.17 Tipos de junta y cordones de soldadura para el acople – cilindro dosificador*

#### 4.3.6 DISEÑO DE LAS REDUCCIONES PARA EL ENVASADO DE TIERRA

Debido a que los cilindros dosificadores tienen un diámetro mayor que el diámetro de la bolsa es necesario diseñar una reducción para la salida de la

tierra, esta reducción facilita la operación de colocar las bolsas y realizar el envasado.

Como se analizó anteriormente para el caso de los cilindros dosificadores los esfuerzos a los cuales está sometido el reductor también son despreciables, para su diseño se consideran factores como el desgaste, corrosión y proceso de fabricación.

#### 4.3.6.1 Selección del Material para la reducción de salida de la tierra

Para la selección de este elemento en el mercado se encuentran distintos tipos de reducciones, eligiéndose para este caso una reducción de 4 a 2 ½ pulgadas como se muestra en la figura 4.18.

Denominación: Reducción de 4 a 2 ½ pulgadas

Acero: ASTM A 36

Espesor: 8 mm

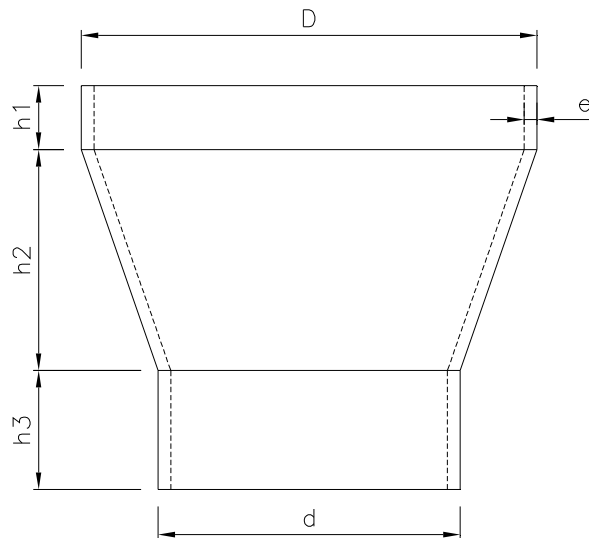


Figura 4.18 Tubo reductor para el envasado de tierra



Las dimensiones de la reducción están determinadas por el diámetro de los alojamientos del disco inferior, de las dimensiones de los reductores existentes en el mercado y de la comodidad de embutir la bolsa en la reducción.

Por lo expuesto anteriormente las dimensiones del reductor son las siguientes:

- D Diámetro mayor del reductor, 0.110 m
- d Diámetro menor del reductor, 0.107 m
- e Espesor del reductor, 0.003 m
- $h_1$  Longitud superior de la reducción, 0.015 m
- $h_2$  Longitud intermedia de la reducción, 0.052 m
- $h_3$  Longitud de la base de la reducción, 0.028 m

#### **4.3.7 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR**

Para seleccionar el motorreductor adecuado para la dosificadora – envasadora es necesario determinar la potencia y la velocidad (rpm) requeridas.

##### **4.3.7.1 Selección de la velocidad de salida del motorreductor (rpm)**

Las revoluciones necesarias para el motorreductor dependen de los requerimientos de envasado, que para el caso es 30 bolsas por minuto, por lo tanto y por condiciones del diseño de la dosificadora esta tiene dos dispositivos de envasado por lo tanto las revoluciones requeridas a la salida del motorreductor para cumplir con este requisito son

$$n = \frac{C_{BE}}{N_{DE}} \quad (4.34)$$

Donde

- n Velocidad a la salida del motorreductor [rpm]
- $C_{BE}$  Cantidad de bolsas a envasar, 30 bolsas por minuto
- $N_{DE}$  Numero de dispositivos de envasado, 2 dispositivos

Por lo tanto las revoluciones requeridas para el motorreductor son

$$n = 15 \text{ rpm}$$

#### 4.3.7.2 Selección de la potencia del motorreductor

Para determinar la potencia requerida para el motorreductor es necesario determinar la inercia del sistema de dosificación y envasado

##### 4.3.7.2.1 Determinación del Momento de inercia del Sistema de Dosificación<sup>37</sup>

Para determinar el momento de inercia del sistema se basa en la figura 4.19

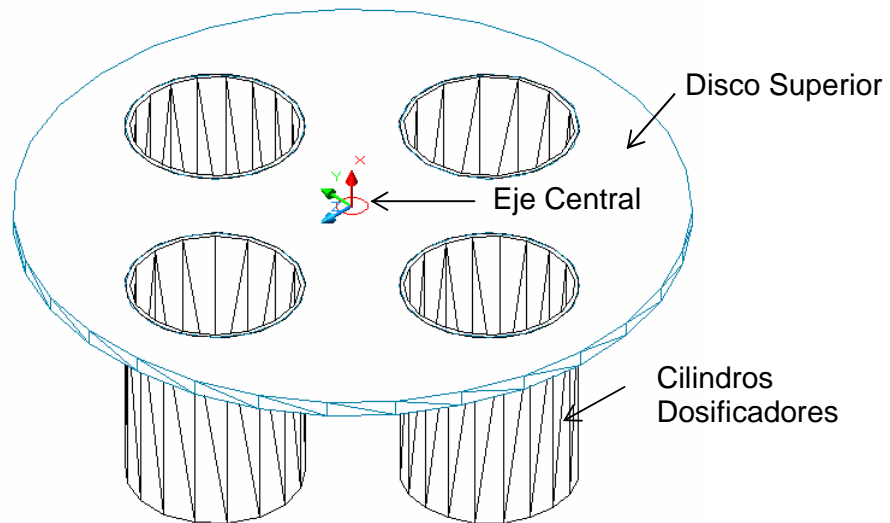


Figura 4.19 Esquema de la Dosificadora

Para determinar el momento de inercia, para este caso con respecto al eje x, se debe descomponer el sistema en sus elementos constituyentes y determinar su inercia por separado

##### 4.3.7.2.2 Momento del Eje Central

El momento de inercia para un eje macizo se determina por la ecuación 4.35.

<sup>37</sup> Ferdinand, Beer; Estática; 5<sup>ta</sup> Edición; McGraw – Hill; México

$$I_{x\text{ eje}} = \frac{1}{2} m r_{\text{eje}}^2 \quad (4.35)$$

Donde

$I_{x\text{ eje}}$	Momento de inercia del eje central (macizo) [kg m <sup>2</sup> ]
$r_{\text{disco}}$	Radio del disco, 0.019 m
$m$	Masa del eje, 0.22 kg

$$I_{x\text{ eje}} = 4 \times 10^{-5} \text{ [kg m}^2 \text{]}$$

#### 4.3.7.2.3 Momento de Inercia del Disco Superior de la dosificadora

El momento de inercia del disco delgado macizo se determina por la ecuación 4.36

$$I_x = \frac{1}{2} m r_{\text{disco}}^2 \quad (4.36)$$

Para el caso del disco de la dosificadora al momento de inercia del disco macizo se resta el momento de inercia de las partes maquinadas del disco macizo como se indica en la figura 4.20

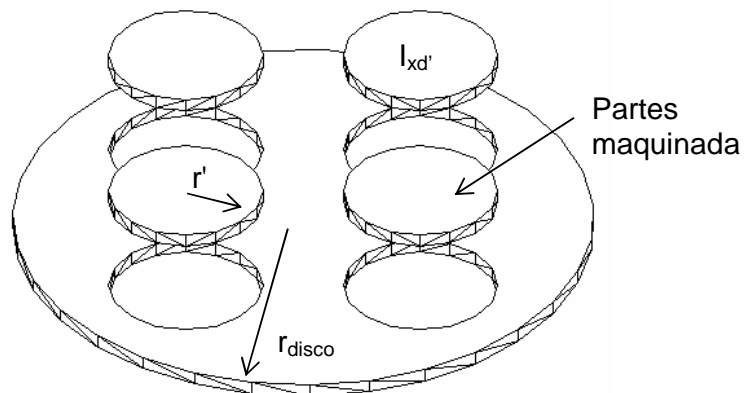


Figura 4.20 Momento de inercia del disco superior

Por lo tanto en momento de inercia del disco superior de la dosificadora es

$$I_{xDD} = I_x - 4I_{xd'}$$

$$I_{xDD} = \frac{1}{2} m r_{\text{disco}}^2 - 4 \left[ \frac{1}{2} m' r'^2 + m' \bar{y}^2 \right] \quad (4.37)$$

Donde

$I_{xDD}$	Momento de inercia del disco de la dosificadora [kg m <sup>2</sup> ]
$I_x$	Momento de inercia de un disco delgado (macizo) [kg m <sup>2</sup> ]
$I_{xd'}$	Momento de inercia de los discos maquinados [kg m <sup>2</sup> ]
$r_{\text{disco}}$	Radio del disco, 0.4 m
$r'$	Radio de los discos maquinados, 0.114 m
$m, m'$	Masa de los discos, 9.37, 3 kg respectivamente
$\bar{y}$	Coordenada del centro de gravedad del disco, 0.115 m

$$I_{xDD} = 0.52 \text{ [kg m}^2\text{]}$$

#### 4.3.7.2.4 Momento de Inercia de los Cilindros Dosificadores

El momento de inercia para los cilindros dosificadores se determina por la ecuación 4.38

$$I_x = m r_{\text{dosificador}}^2 \quad (4.38)$$

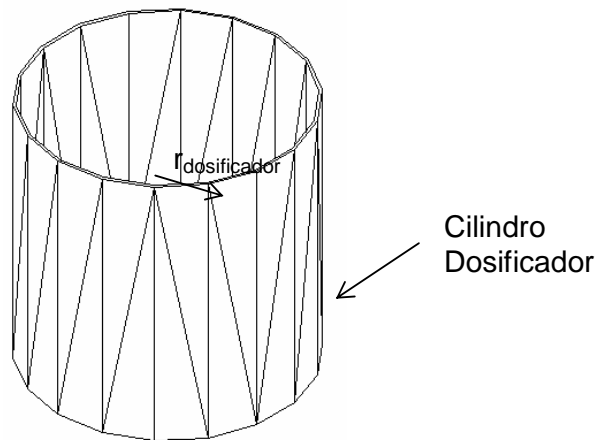


Figura 4.21 Momento de inercia de los Cilindros Dosificadores

Por lo tanto en momento de inercia de los Cilindros dosificadores (cuatro Cilindros Dosificadores) es

$$I_{x_{CD}} = 4(mr_{dosificador}^2 + m\bar{y}) \quad (4.39)$$

Donde

$I_{x_{CD}}$  Momento de inercia de los cilindros dosificadores [ $\text{kg m}^2$ ]

$I_x$  Momento de inercia de un dosificador [ $\text{kg m}^2$ ]

$r_{dosificador}$  Radio del disco, 0.114 m

$m$  Masa de los dosificadores, 0.74 kg

$\bar{y}$  Coordenada del centro de gravedad del disco, 0.115 m

$$I_{x_{CD}} = 0.4 [\text{kg m}^2]$$

#### 4.3.7.2.5 Momento de Inercia de la tierra

Para determinar el momento de inercia de la tierra contenida en los cilindros dosificadores (dos de ellos) se supone que esta adopta perfectamente la forma de los cilindros dosificadores.

El momento de inercia para un cilindro circular se determina por la ecuación 4.40

$$I_x = \frac{1}{2} m r_t^2 \quad (4.40)$$

El caso de la tierra contenida en los cilindros dosificadores se indica en la figura 4.22

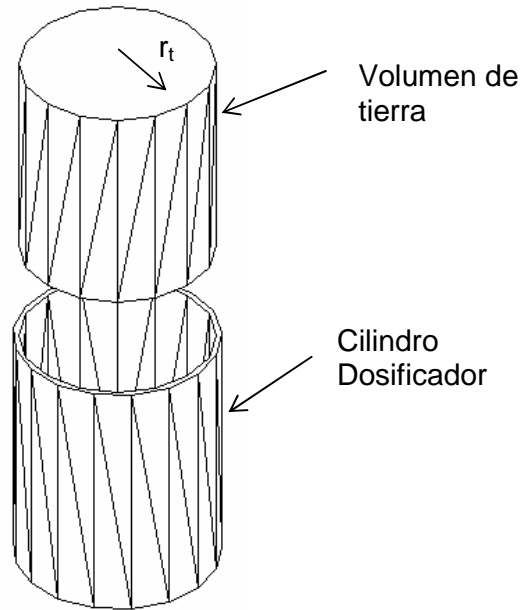


Figura 4.22 Volumen de tierra contenido en los Cilindros Dosificadores

Entonces el momento de inercia de la tierra contenida en los Cilindros dosificadores (dos Cilindros Dosificadores) es

$$I_{xt} = 2 \left( \frac{1}{2} m r_t^2 + m \bar{y} \right) \quad (4.41)$$

Donde

$I_{xt}$	Momento de inercia de la tierra contenida en los cilindros dosificadores [kg m <sup>2</sup> ]
$r_t$	Radio interior de los cilindros dosificadores, 0.110 m
$m$	Masa de la tierra contenida en los cilindros dosificadores, 1.43 kg
$\bar{y}$	Coordenada del centro de gravedad del disco, 0.115 m

$$I_{xt} = 0.35 \text{ [kg m}^2\text{]}$$

Por lo tanto el momento de inercia total del sistema de la dosificadora es igual a la suma de los momentos de inercia de todas las partes

$$I_{Total} = I_{x\text{eje}} + I_{xDD} + I_{xCD} + I_{xt} \quad (4.42)$$

$$I_{Total} = 1.27 \text{ [kg m}^2\text{]}$$

La potencia del motorreductor debe romper la inercia del sistema para que éste se ponga en movimiento, por lo cual la potencia requerida se determina analizando las fuerzas que actúan en el sistema.

Al realizar una sumatoria de momentos al rededor del eje x se obtiene

$$\begin{aligned} \sum M_o &= I \alpha \\ T - f_r r' &= I \alpha \\ f_r &= f_{rAA} + f_{rTA} \end{aligned} \quad (4.43)$$

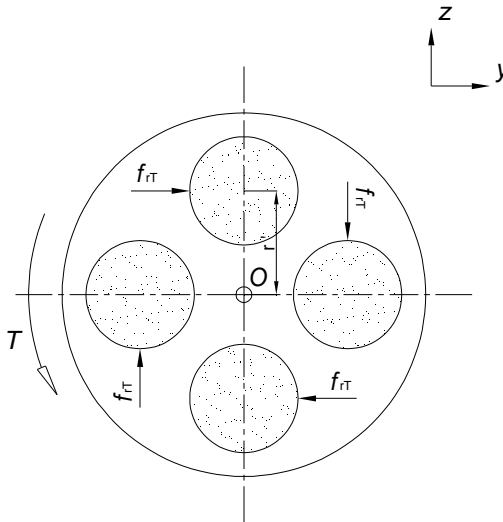


Figura 4.23 Cargas que debe vencer la potencia del motorreductor

Donde

$M_o$  Momento alrededor del punto O

$I$  Momento de inercia, 12.7 N m<sup>2</sup>

$\alpha$  Aceleración angular, 0.16 rad/s<sup>2</sup> (obtenida del análisis de aceleraciones)

- T Torque que debe producir el motorreductor para romper la inercia del sistema [N m]
- $r'$  Radio al centro de los dosificadores, 0.114 m
- $f_{rt}$  Fuerza de rozamiento total [N]
- $f_{rAA}$  Fuerza de rozamiento entre cilindros dosificadores y la placa inferior [N]
- $f_{rTA}$  Fuerza de rozamiento entre la tierra contenida en los dosificadores y la placa inferior[N]

En el caso de la fuerza de rozamiento del los cilindros dosificadores con la placa inferior se considera que el peso de todos los componentes se distribuye en partes iguales en cada uno de los dosificadores por lo que se obtiene

$$f_{rAA} = \mu_{AA} N \quad (4.44)$$

Donde

- $\mu_{AA}$  Coeficiente de fricción entre acero – acero, 0.47<sup>38</sup>
- N Fuerza normal producto del peso de los componentes del sistema, 80 N (tomado de la tabla 4.23)

$$f_{rAA} = 38 [N]$$

Para la fuerza de rozamiento entre la tierra contenida en los cilindros dosificadores y la placa inferior, se considera que en todos los cilindros dosificadores existe una cantidad de tierra por lo tanto

$$f_{rTA} = 4\mu_{TA} N_T \quad (4.45)$$

Donde

- $\mu_{AT}$  Coeficiente de fricción entre tierra – acero, 0.61<sup>38</sup>
- $N_T$  Fuerza normal producto del peso de la tierra en los dosificadores, 13.5 N (tomado de la tabla 4.6)

$$f_{rTA} = 33 [N]$$

---

<sup>38</sup> HUDSON, Wilbur; Conveyors and Related Equipment; 3<sup>era</sup> Edición; New York; 1954



Por lo tanto

$$T=10[Nm]$$

Entonces la potencia del motorreductor se obtiene mediante la siguiente ecuación

$$H=T \omega \quad (4.46)$$

Donde

H Potencia del motorreductor [W]

T Torque que debe aplicar el motorreductor para romper la inercia del sistema [N m]

$\omega$  Velocidad de salida del motorreductor, 1.57 rad/s (15 rpm)

$$H=15.7 [W]$$

*Conclusión:* Por lo tanto para las condiciones de potencia y velocidad de salida del motorreductor se realiza la selección del motorreductor con las siguientes características ( Catálogo ROSSI MOTARREDUCTORI, Anexo 5)

TIPO: MR IV 40 – 71 A

POTENCIA: 0.18 KW

VELOCIDAD DE SALIDA: 17 rpm

#### **4.3.8 ANÁLISIS DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO DE LA DOSIFICADORA - ENVASADORA**

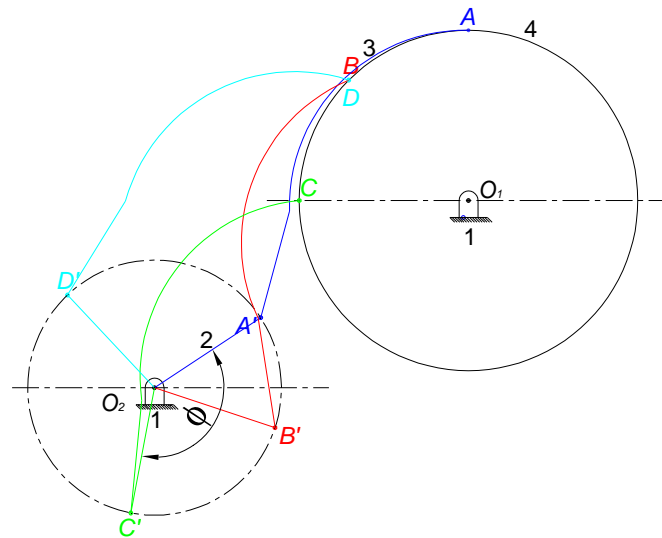
Para accionar la envasadora – dosificadora se requiere del diseño de un mecanismo de accionamiento ya que el movimiento de la máquina no es un movimiento continuo, por lo tanto se debe garantizar un tiempo en el cual el sistema permanezca inmóvil para que se produzca el descargue total de los

cilindros dosificadores y de esta manera obtener las bolsas envasadas con la cantidad requerida de tierra.

En la figura 4.24 se indica un esquema del mecanismo en el cual se encuentran definidas las posiciones extremas e intermedias para el mismo.

Las posiciones extremas del mecanismo están definidas por los segmentos  $O_2AA'$  y  $O_2CC'$ . Las posiciones  $O_2BB'$  y  $O_2DD'$  son posiciones intermedias las cuales toma el mecanismo cuando esta en movimiento.

Debido a que la velocidad angular a la salida del motorreductor es 17 rpm, lo cual corresponde a 3.53 segundos por cada revolución, para determinar el tiempo de envasado que se obtiene del mecanismo de accionamiento de la envasadora el análisis se lo realiza en la figura 4.24



*Figura 4.24 Posiciones extremas e intermedias del mecanismo de accionamiento*

Una revolución completa del motor corresponde a la salida, del eslabón 2, desde el punto  $A'$  hasta retornar al mismo punto, el tiempo que el motorreductor acciona el mecanismo corresponde a la longitud del arco  $A'C'$ , el tiempo en el cual el mecanismo permanece inmóvil, es decir, el tiempo en el cual se está

realizando el envasado corresponde a la longitud de arco C'A', la relación entre la longitud de arco y el tiempo se muestra en la relación

$$t_{env} = t_{1rev} - t_{A'C'}$$

$$t_{env} = t_{1rev} - \frac{t_{1rev} \phi}{360} \quad (4.47)$$

Donde

$t_{env}$	Tiempo de envasado [s]
$t_{1rev}$	Tiempo en el cual el mecanismo de una revolución, 3.53 s
$t_{A'C'}$	Tiempo en el cual en mecanismo acciona la envasadora, [s]
$\phi$	Ángulo de giro del mecanismo (134°)

Con lo cual se obtiene un tiempo de envasado  $t = 2.22$  s

#### 4.3.8.1 Velocidad y aceleración del mecanismo

Para determinar la velocidad y aceleración de los elementos del mecanismos (eslabones 1, 2, 3, 4) el análisis se lo realiza considerando las condiciones indicadas en la figura 4.25

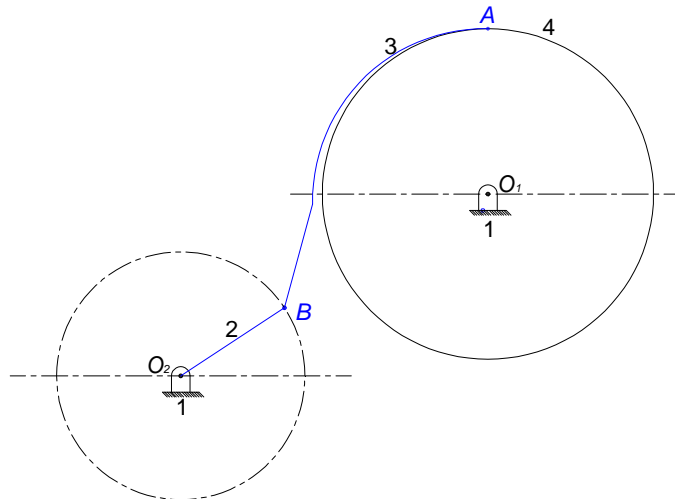


Figura 4.25 Condiciones del mecanismo para el análisis de aceleración y velocidad

#### 4.3.8.1.1 Análisis de velocidad

El análisis de velocidad se lo realiza por el método gráfico teniendo como dato inicial la velocidad angular del eslabón 1. Este análisis se lo indica en la figura 4.26 en la cual se indican las direcciones de la velocidad lineal de cada uno de los eslabones.

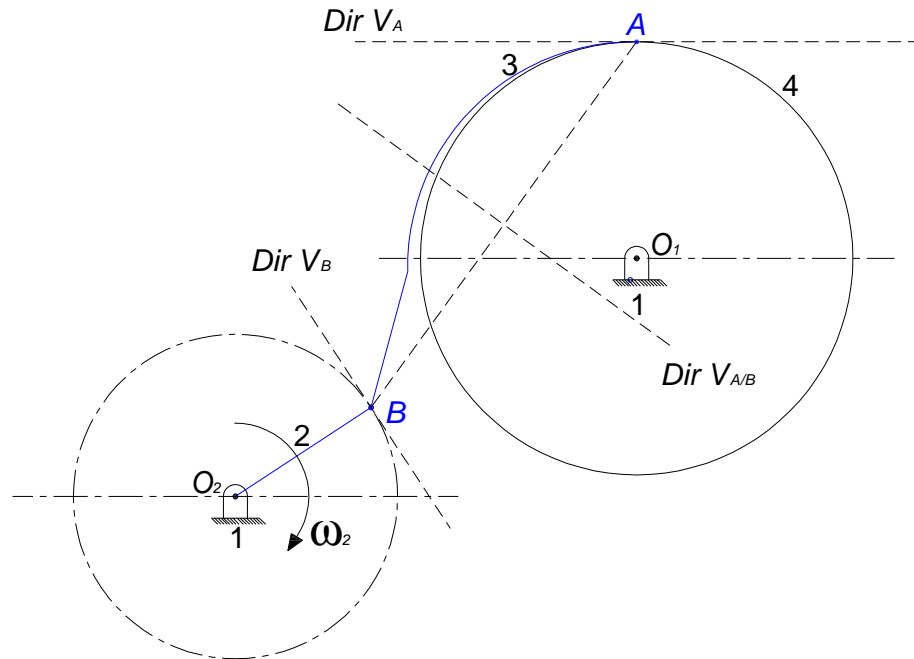


Figura 4.26 Análisis de velocidad para el mecanismo

Dada la velocidad angular  $\omega_2 = 17 \text{ rpm}$  y con un radio de giro del eslabón 2 de 150 mm entonces

$$V_B = \omega_2 r \quad (4.48)$$

Conocida esta velocidad, utilizando el método gráfico y considerando velocidades relativas se puede obtener las velocidades para el resto de eslabones como se indica en la figura 4.26<sup>39</sup>

$$V_A = V_B + V_{A/B} \quad (4.49)$$

<sup>39</sup> Hamilton, M; Mecanismos y Dinámica de Maquinaria; Limusa, México; 1995

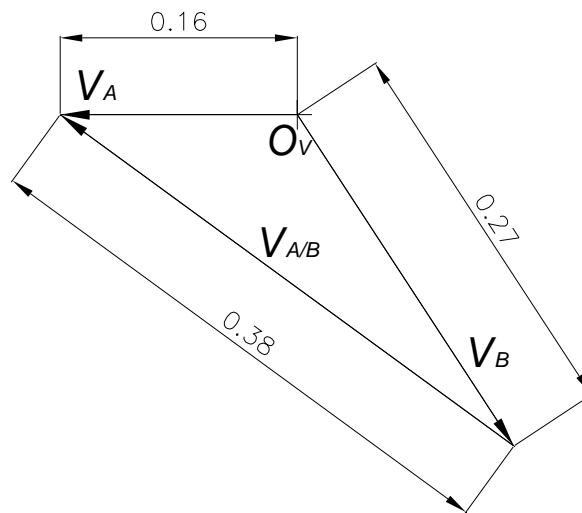
Donde

$V_A$  Velocidad lineal del punto A [m/s]

$V_B$  Velocidad lineal del punto B [m/s]

$V_{A/B}$  Velocidad lineal relativa del punto A con respecto al punto B [m/s]

Considerando que el eslabón 3 y el 4 se mueven a la misma velocidad lineal entonces la velocidad lineal de giro del eslabón 4 (dosificadora) está determinada.



*Figura 4.27 Resultado del análisis de velocidad (m/s) para el mecanismo de accionamiento de la dosificadora envasadora*

Considerando que el eslabón 3 y el 4 se mueven a la misma velocidad lineal entonces la velocidad lineal de giro del eslabón 4 (dosificadora) está determinada.

#### 4.3.8.1.2 Análisis de Aceleración

El análisis de aceleración de cada uno de los eslabones se lo realiza por el método gráfico el cual se muestra en la figura 4.28, en la cual se indican las direcciones de las aceleraciones normal y tangencial para cada uno de los eslabones.

Para determinar las aceleraciones de los eslabones del mecanismo se tiene como datos la velocidad angular  $\omega_2$ , las velocidades lineales determinadas en el análisis de velocidades y utilizando aceleraciones relativas se puede obtener las aceleraciones para el resto de eslabones para lo cual se tiene <sup>40</sup>

$$a_n = \omega^2 r \quad (4.50)$$

$$a_t = r \alpha \quad (4.51)$$

$$a_A = a_n + a_t + a_{nA/B} + a_{tA/B} + a_C \quad (4.52)$$

Donde

- $a_n$             Aceleración normal absoluta [m/s<sup>2</sup>]
- $a_t$             Aceleración tangencial absoluta [m/s<sup>2</sup>]
- $a_{nA/B}$         Aceleración normal relativa [m/s<sup>2</sup>]
- $a_{tA/B}$         Aceleración tangencial relativa [m/s<sup>2</sup>]
- $a_C$             Aceleración de coriolis [m/s<sup>2</sup>]

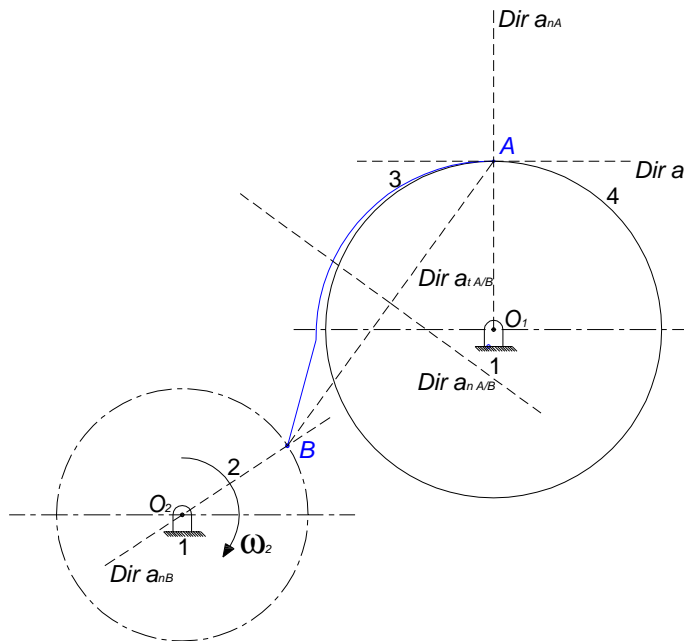
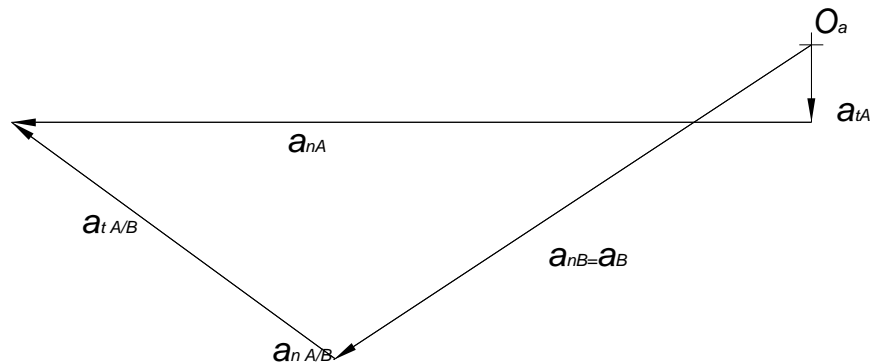


Figura 4.28 Análisis de aceleración para el mecanismo

<sup>40</sup> Hamilton, M; Mecanismos y Dinámica de Maquinaria; Limusa, México; 1995

Los resultados de este análisis se muestran en la figura 4.29



*Figura 4.29 Resultado del análisis de aceleraciones para el mecanismo de accionamiento de la dosificadora envasadora*

Los resultados numéricos para el análisis de aceleraciones es el siguiente

$a_{tA}$	=	0.064	$[m/s^2]$
$a_{nA}$	=	0.67	$[m/s^2]$
$a_B$	=	0.48	$[m/s^2]$
$a_{nA/B}$	=	$1.3 \times 10^{-3}$	$[m/s^2]$
$a_{tA/B}$	=	0.33	$[m/s^2]$

Por lo tanto empleando la ecuación (4.45) se obtiene una aceleración angular para el disco superior de la dosificadora de

$$\alpha = 0.16 \left[ \frac{rad}{s^2} \right]$$

#### **4.3.9 DISEÑO DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO DE LA DOSIFICADORA – ENVASADORA**

El mecanismo a diseñar debe transmitir el movimiento desde el motorreductor hasta la envasadora – dosificadora produciendo simultáneamente el dosificado y el envasado de las bolsas con tierra, este mecanismo consta de los siguientes elementos.

- Eje a la salida del motorreductor
- Bocín de unión eje – brazo
- Brazo guía del mecanismo
- Bocín brazo – porta rodamientos
- Porta rodamientos
- Rodamientos
- Brazo actuador
- Resorte

#### **4.3.9.1 Selección del material**

El material que se emplea para la construcción del mecanismo para el accionamiento de la dosificadora – envasadora es un acero ASTM A 36, el cual presenta propiedades óptimas para las condiciones de servicio a las que están sometidos estos elementos, es un material bastante resistente, no es frágil, presenta buena ductilidad a la vez que su resistencia es aceptable.

Por estas razones y por ser un material de fácil adquisición y costos relativamente bajos en el mercado (Catálogo DIPAC, Anexo 3), se selecciona este tipo de acero para fabricar los elementos de este mecanismo.

Para el caso de los elementos del mecanismo que se deben adquirir (rodamientos, resorte) se presenta la especificación en cada uno de ellos.

#### **4.3.9.2 Diseño del eje para la salida del motorreductor**

Este eje cumple la función de transmitir la potencia del motorreductor hacia el resto del mecanismo que acciona el movimiento de la envasadora – dosificadora.

El diámetro del eje depende del diámetro a la salida del motorreductor, las dimensiones para el eje se indican en la Figura 4.30



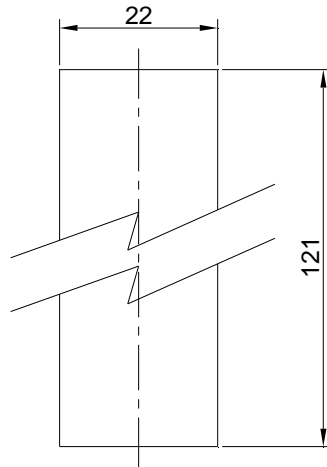


Figura 4.30 Dimensiones del eje del motorreductor (en mm)

La longitud del eje depende de las dimensiones del resto de accesorios del mecanismo de accionamiento de la dosificadora - envasadora de tal forma que todo el conjunto transmita el movimiento de forma adecuada.

#### 4.3.9.3 Diseño del acople de unión eje – brazo del mecanismo

Este elemento se acopla con el eje de la salida del motorreductor y transmite el movimiento al resto de los elementos del mecanismo, también facilita el montaje y desmontaje del mecanismo de accionamiento de la dosificadora envasadora, para lo cual, este elemento está acoplado al eje mediante un pasador. La dimensión interna del acople de unión depende del diámetro del eje de la salida del motorreductor,

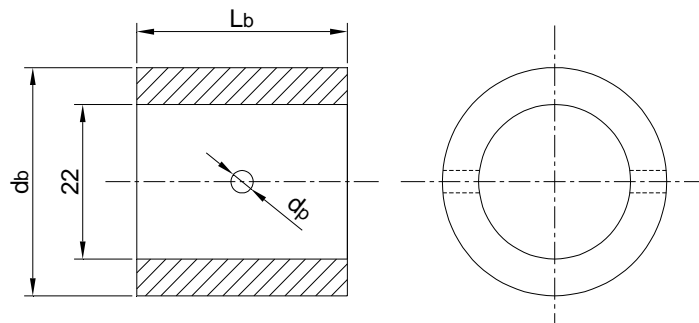


Figura 4.31 Esquema del acople de unión eje – brazo

Las cargas externas que debe soportar dicho acople son despreciables ya que la potencia del motorreductor es transmitida por el pasador al acople de unión y este al resto del mecanismo de accionamiento de la envasadora – dosificadora, por lo cual para dimensionar el acople de unión se toma en cuenta la facilidad de fabricar el mismo. Bajo esta consideración las dimensiones para este elemento don las siguientes:

$L_b$  Longitud del acople, 0.031 m

$d_b$  Diámetro exterior del acople, 0.032 m

#### 4.3.9.4 Diseño del pasador para el eje – bocín

Para el diseño del pasador se considera que los esfuerzos que actúan sobre el pasador son esfuerzos cortantes producto del torque de salida del motorreductor.

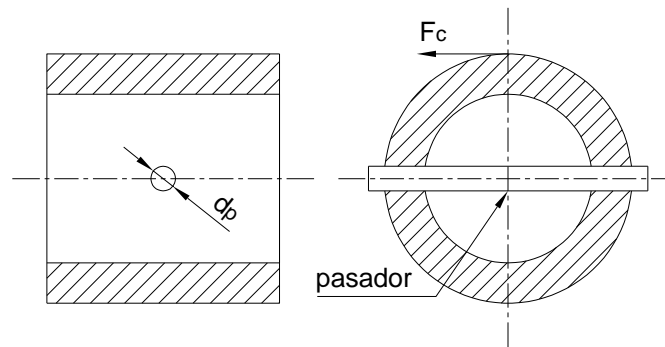


Figura 4.32 Posición del pasador en el acople de unión

Para esta condición se tiene

$$\tau_{\max} = \frac{F_p}{2A} \quad (4.47)$$

$$\tau_{\max} = \frac{2F_p}{\pi d_p^2} = S_{sy}$$

$$S_{sy} = 0.5 S_y \quad (4.48)$$

Donde

- $\tau_{\max}$  Esfuerzo cortante máximo [ $\text{N}/\text{m}^2$ ]  
A Sección del pasador sometida a corte [ $\text{m}^2$ ]  
 $F_p$  Fuerza o carga máxima producto del torque del motorreductor [N]  
 $d_p$  Diámetro del pasador [m]  
 $S_y$  Límite de resistencia a la fluencia,  $248 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^2$   
 $S_{sy}$  Límite de resistencia de fluencia al cortante [ $\text{N}/\text{m}^2$ ]

De las condiciones del motorreductor seleccionado , se determina el torque máximo que produce éste <sup>39</sup>

$$T = \frac{H}{\omega} \text{ [Nm]} \quad (4.49)$$

Donde

- H Potencia del motorreductor, 180 W  
T Torque máximo a la salida del motorreductor [N m]  
 $\omega$  velocidad angular, 1.78 rad/s

Por lo tanto

$$T = 101.1 \text{ N m}$$

La fuerza máxima se determina a partir del torque máximo del motorreductor y con el diámetro del eje a la salida del motorreductor (22 mm), en el lugar que se produciría la falla del pasador, con lo que se obtiene una fuerza  $F_p = 4600 \text{ N}$ .

Por lo tanto el diámetro del pasador es el siguiente

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

El diámetro de pasador seleccionado no debe ser mucho mayor al diámetro calculado debido a que este elemento actúa como fusible, es decir, en el caso de

---

<sup>39</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

que exista problemas (remordimiento de los elementos con partículas extrañas) en la dosificadora – envasadora este elemento es el que debe fallar (romper), con lo cual se evitará un posible daño al motorreductor.

#### 4.3.9.5 Diseño del brazo guía del mecanismo

Este elemento va unido al acople de unión eje - brazo, transmitiendo así el movimiento al resto del mecanismo, al girar este elemento el mecanismo va adoptando las posiciones extremas e intermedias, con lo cual se produce el proceso de envasado de las bolsas con tierra. Este elemento tiene un alojamiento para un perno (M12) el cual se utiliza para unir el brazo con los demás elementos del mecanismo.

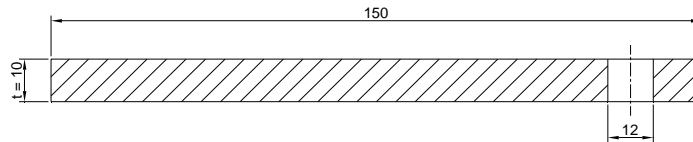
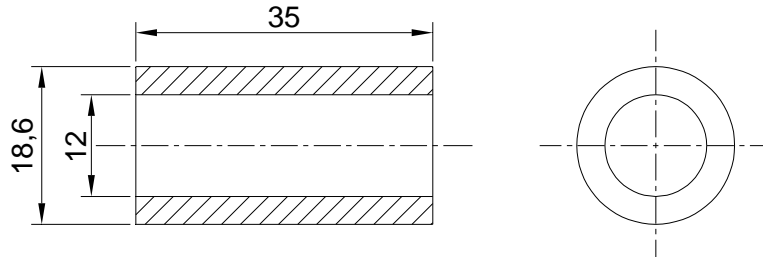


Figura 4.33 Esquema del brazo del mecanismo

Los esfuerzos a los que está sometido este elemento son mínimos por lo que las dimensiones indicadas en la Figura 4.33 se determinan por las condiciones de funcionamiento del mecanismo, es decir, las dimensiones que permiten al mecanismo girar libremente sin que exista interferencia entre los demás elementos del mecanismo.

#### 4.3.9.6 Diseño del acople de unión brazo guía - porta rodamientos

Este elemento separa el brazo guía del resto de elementos del mecanismo, ya que estos pueden entrar en contacto y producir interferencia en el normal funcionamiento del resto de elemento del mecanismo, y además el sistema de dosificado – envasado tiene la posibilidad de incrementar o reducir la altura (más detalles en el diseño del soporte) desde el nivel de la mesa, entonces se hace necesario colocar o prescindir del bocín dependiendo de la posición que tenga sistema de dosificación y envasado.



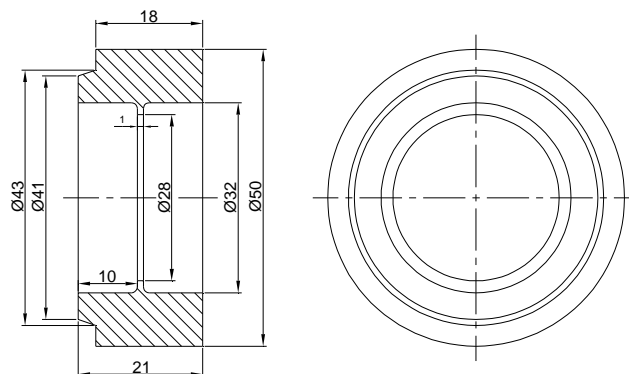
*Figura 4.34 Esquema acople de unión brazo guía – porta rodamientos*

Debido a que éste es un elemento sobre el cual los esfuerzos externos son despreciables las dimensiones de éste dependen de los elementos con los cuales se va a ensamblar, por lo tanto las dimensiones indicadas en la Figura 4.33 están determinadas bajo estas condiciones.

#### **4.3.9.7 Diseño del porta rodamientos**

Este elemento sirve para contener los rodamientos, sobre los cuales girar el brazo actuador completando la trayectoria indicada en la Figura 4.23 con la cual se transmite el movimiento al sistema de dosificación y envasado.

Las dimensiones de éste elemento dependen de los rodamientos que están contenidos dentro del éste. En la Figura 4.34, se indica los dimensiones para el porta rodamientos



*Figura 4.35 Dimensiones del porta rodamientos*

#### 4.3.9.8 Selección de los cojinetes de rodamiento para el brazo guía

Para la selección un rodamiento en general se debe conocer las cargas a las cuales va a estar sometido el rodamiento, con lo cual se selecciona el tipo de rodamiento más adecuado. En el anexo 7 se puede encontrar tipos constructivos para los rodamientos y las cargas que estos pueden soportar.

Para el mecanismo de accionamiento de la dosificadora – envasadora debido a las cargas que debe soportar el rodamiento (carga radial principalmente) se selecciona rodamientos del tipo rígidos de bolas, para el cual se tiene <sup>40</sup>

$$C_R = n F \left[ \left( \frac{L_D}{L_R} \right) \left( \frac{n_D}{n_R} \right) \right]^{\frac{1}{a}} \quad (4.50)$$

Donde

$C_R$	Capacidad básica de carga (KN)
$n$	Factor de carga o de seguridad
$F$	Fuerza de carga radial real del cojinete (0.7 KN)
$L_R$	Horas de vida para valores de catálogo (3000 h)
$L_D$	Horas de vida para valores de diseño
$n_D$	Velocidad de diseño (17 rpm)
$n_R$	Velocidad para valores de catálogos (500 rpm)
$a$	Factor ( $a = 3$ para cojinetes de bolas)

En la tabla 4.19 se muestra recomendaciones sobre la vida de los cojinetes ( $L_D$ ) para algunas clases de maquinaria.

<sup>40</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

Tabla 4.19 Vida de cojinetes recomendadas para maquinaria diversa

<b>Tipo de aplicación</b>	<b>Vida (kilo horas)</b>
Instrumentos y aparatos de uso infrecuente	Hasta 0.5
Motores de aviación	0.5 – 2
Máquinas de operación breve intermitente donde la interrupción de servicio es de importancia secundaria	4 – 8
Máquinas para servicio intermitente donde la operación confiable es de gran importancia	8 – 14
Máquinas para servicio de 8 h que no siempre se utiliza plenamente	14 – 20
Máquinas para servicio de 8 h que se utiliza plenamente	20 – 30
Máquinas para servicio continuo de 24 h	50 – 60
Máquinas para servicio continuo de 24 h en las que la confiabilidad es de mayor importancia	100 – 200

Elaboración: Propia

Fuente: SHIGLEY, Joseph ; *Diseño en Ingeniería Mecánica; 4ta Edición; McGraw-Hill; México; 1985*

Para el caso de la dosificadora – envasadora es una máquina para servicio de 8 h que se utiliza plenamente, por lo tanto

$$L_D = 30000 \text{ h}$$

Los factores de aplicación de carga (n) indicados en la tabla 4.20, sirven de factores de seguridad, y se sugiere usarlos para incrementar la carga antes de seleccionar un cojinete.

Tabla 4.20 Factores de aplicación de carga

<b>Tipo de aplicación</b>	<b>Factor de carga</b>
Engranajes de presión	1.0 – 1.1
Engranajes comerciales	1.1 – 1.3
Aplicaciones en las que hay sellado deficiente de cojinetes	1.2
Máquinas que operan sin choques	1.0 – 1.2
Máquinas que operan con choques ligeros	1.2 – 1.5
Máquinas que operan con choques moderados	1.5 – 3.0

Elaboración: Propia

Fuente: SHIGLEY, Joseph ; Diseño en Ingeniería Mecánica; 4ta Edición; McGraw-Hill; México; 1985

Para el caso de la dosificadora – envasadora es una máquina que opera sin choques se emplea un factor de carga de

$$n = 1.2$$

Al reemplazar todos estos datos en la ecuación N° 4.50 se obtiene una capacidad básica de carga de

$$C_R = 0.6 \text{ KN}$$

Conclusión: Por lo calculado se selecciona el siguiente cojinete (Anexo 7)

TIPO: 6201 - RS

#### 4.3.9.9 Diseño del brazo actuador

Este elemento es el que transmite finalmente el movimiento intermitente a la envasadora – dosificadora, debido a que la trayectoria que el brazo actuador debe seguir es circular, la configuración de este debe adaptarse a esta trayectoria. Por lo tanto, del análisis del mecanismo Figura 4.20 se obtiene la configuración y las dimensiones para este elemento, estas dimensiones se muestran en la figura 4.36



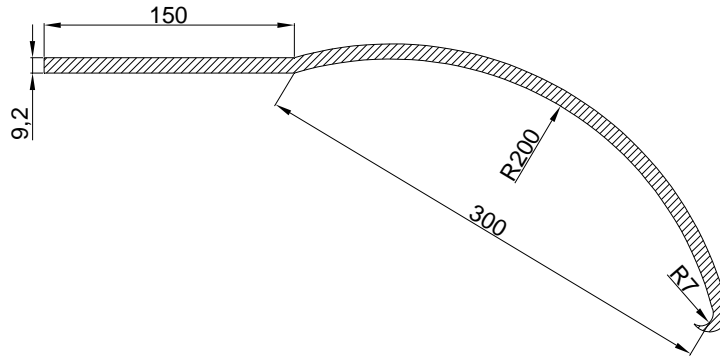


Figura 4.36 Esquema y dimensiones principales para el brazo actuador

Para fabricar el brazo actuador se utiliza una varilla de acero con las dimensiones indicadas en la figura 4.35, este elemento trabaja básicamente a tensión, la cual se origina por el esfuerzo que este tiene que realizar para romper la inercia del el sistema de dosificación y envasado. Para determinar el espesor mínimo para este elemento se utiliza la ecuación

$$\sigma = \frac{F}{t^2} \leq S_y \quad (4.51)$$

$\sigma$	Esfuerzo normal de tensión [N/m <sup>2</sup> ]
F	Fuerza o carga aplicada en el elemento [N]
t <sup>2</sup>	Área de la sección transversal del elemento (varilla cuadrada) [m <sup>2</sup> ]
S <sub>y</sub>	Esfuerzo de fluencia, 248x10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>

Para determinar la Fuerza aplicada al elemento, se toma el dato del torque máximo que produce el motorreductor seleccionado (101.1 N-m), considerando el radio del disco superior (0.4 m) como la distancia que produce el torque, por lo tanto se obtiene una fuerza de

$$F = 253 \text{ N}$$

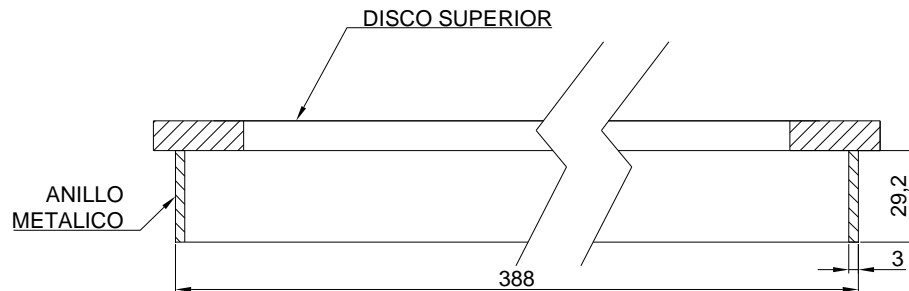
Con estos datos se obtiene el espesor mínimo (t)

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

Por lo tanto el espesor de la varilla seleccionada ( $t = 9.2 \text{ mm}$ ) es adecuado para las condiciones a las cuales está sometido este elemento.

#### 4.3.9.10 Diseño del anillo metálico

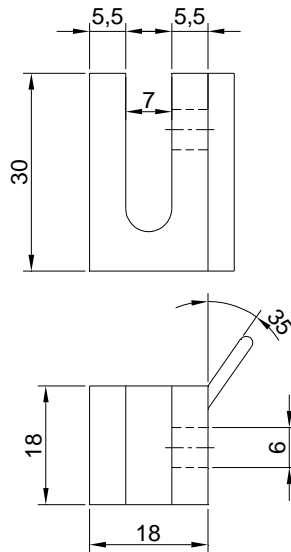
Para ayudar a que el brazo actuador tenga la trayectoria deseada, en la parte inferior del disco superior de la dosificadora – envasadora se coloca un anillo metálico como se indica en la figura 4.37



*Figura 4.37 Dimensiones y posición del anillo metálico*

Debido a que este elemento sirve como guía para la trayectoria del brazo actuador los esfuerzos sobre este son despreciables, básicamente el anillo metálico está sometido a desgaste producto de la fricción del brazo actuador y el anillo.

Además el brazo actuador debe halar a todo el sistema de la dosificadora – envasadora para lo cual sobre el anillo metálico van montados elementos que facilitan este trabajo, estos elementos tienen una configuración de tal forma que cuando el brazo actuador se encuentra en la posición extrema superior (punto B figura 4.23) el gancho en la parte final del brazo se acopla en este elemento y obliga a todo el sistema de dosificado y envasado a moverse, en la figura 4.38 se indican las dimensiones de este elemento.



*Figura 4.38 Elemento de acople para el brazo actuador y el anillo metálico*

#### 4.3.9.11 Selección del resorte

Con la finalidad de mantener en contacto continuo el brazo actuador y el anillo metálico que define la trayectoria a seguir se debe seleccionar un resorte que realice este trabajo. Debido a las condiciones de trabajo requeridas se debe seleccionar un resorte de tensión.

El material seleccionado para el resorte es un acero inoxidable tipo 302 (cromo-níquel, ASTM A313) para el cual las constantes físicas para este material son las siguientes

Modulo de elasticidad (E)	190 GPa
Módulo de rigidez (G)	73.1 GPa
Relación de Poisson	0.305
Peso específico	76.0 KN/m <sup>3</sup>

Este material es resistente a la corrosión y fácilmente disponible. Se fabrica alambre de acero inoxidable con resistencias comparables al alambre de cuerda del piano o mejores. <sup>41</sup>

<sup>41</sup> Faires, Virgil, Diseño de Elementos de Máquinas, Barcelona, 1977

Por condiciones de funcionamiento se selecciona un resorte de tensión cuya dimensiones se indican en la figura 4.39

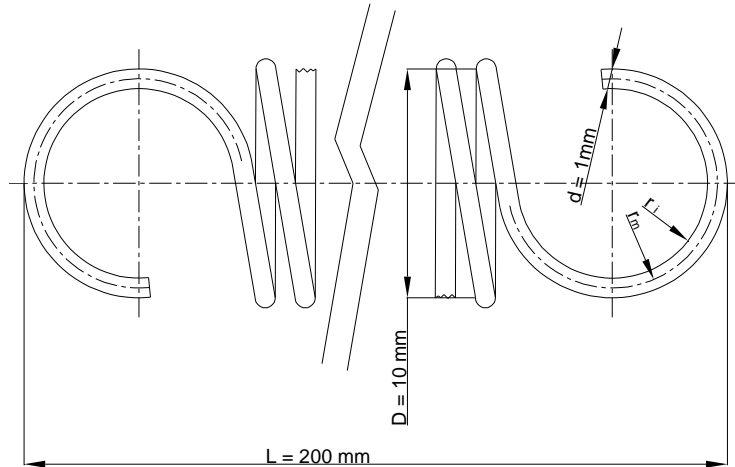


Figura 4.39 Dimensiones del resorte de tensión;  $r_i=4$  mm,  $r_m=4.5$ mm

Con estas condiciones el módulo o constante del resorte es <sup>42</sup>

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N} \quad (4.52)$$

Donde

- k           Modulo o constante del resorte [N/m]
- d           Calibre o diámetro del alambre del resorte, 0.001 m
- G           Módulo de rigidez del resorte [N/m<sup>2</sup>]
- D           Diámetro medio del resorte [m]
- N           Número de espiras activas, 170

Por lo tanto

$$k = 54 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

<sup>42</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

La deformación máxima sufrida por este resorte por la acción de la fuerza es de 350 mm, determinada a partir del análisis de la figura 4.23

$$y = \frac{F}{k} \quad (4.53)$$

Donde

y            Deformación del resorte [m]

F            Carga aplicada al resorte [N]

Por lo tanto la fuerza aplicada al resorte es de

$$F = 19 \text{ N}$$

La fuerza máxima que puede soportar el resorte seleccionado es <sup>43</sup>

$$F_{\max} = \frac{\pi d^3 S_{sy}}{8 K_s D} \quad (4.54)$$

Donde

$F_{\max}$         Fuerza máxima [N]

d            Calibre o diámetro del alambre del resorte, 0.001 m

$S_{sy}$         Resistencia de fluencia a la torsión [ $\text{N/m}^2$ ]

$S_y$         Resistencia de fluencia [ $\text{N/m}^2$ ]

D            Diámetro medio del resorte, 0.01 m

$K_s$         Factor de multiplicación del esfuerzo cortante

Para determinar las propiedades mecánicas para el resorte se considera las propiedades para el alambre de cuerda musical indicados en la tabla 4.21

---

<sup>43</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>a</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

Tabla 4.21 Constantes a emplear para estimar la resistencia a la tensión de algunos aceros para resortes

Material	Intervalo De calibres, [mm]	Exponente, m	Constante A [MPa]
Alambre para cuerda musical <sup>a</sup>	0.10 – 6.5	0.146	2170
Alambre revenido en aceite <sup>b</sup>	0.50 – 12	0.186	1880
Alambre estirado duro <sup>c</sup>	0.70 – 12	0.192	1750
Al cromo vanadio <sup>d</sup>	0.80 – 12	0.167	2000
Al cromo silicio <sup>e</sup>	1.6 – 10	0.112	2000

<sup>a</sup> La superficie es lisa y con brillante acabado lustroso

<sup>b</sup> Tiene una ligera capa, proveniente del tratamiento térmico, que debe quitarse antes de aplicar recubrimientos.

<sup>c</sup> La superficie es lisa y brillante, sin marcas visibles

<sup>d</sup> Alambre revenido de calidad para aviones

<sup>e</sup> Revenido a Rockwell C49, pero también puede obtenerse sin revenir

Elaboración: Propia

Fuente: SHIGLEY, Joseph ; Diseño en Ingeniería Mecánica; 4ta Edición; McGraw-Hill; México; 1985

Para determinar la resistencia de fluencia a la torsión se debe determinar la resistencia última a la tracción para el material <sup>44</sup>

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (4.55)$$

Considerando el material para el resorte como el alambre para cuerda musical se obtiene

$$S_{ut} = 2170 \text{ MPa}$$

Una relación aproximada entre la resistencia a la fluencia y la resistencia última a la tensión es

$$S_y = 0.75 S_{ut} \quad (4.56)$$

<sup>44</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

$$S_y = 1628 \text{ MPa}$$

Luego se aplica la teoría de la energía de distorsión, se obtiene <sup>45</sup>

$$S_{sy} = 0.577 S_{ut} \quad (4.57)$$

$$S_{sy} = 939 \text{ MPa}$$

El factor de multiplicación de esfuerzo cortante es <sup>45</sup>

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C} \quad (4.58)$$

$$K_s = 1.05$$

Donde

C Índice del resorte  $C = D/d$

Por lo tanto la fuerza máxima que el resorte debe soportar para alcanzar la resistencia a la fluencia a la tensión es

$$F_{\max} = 35 \text{ N}$$

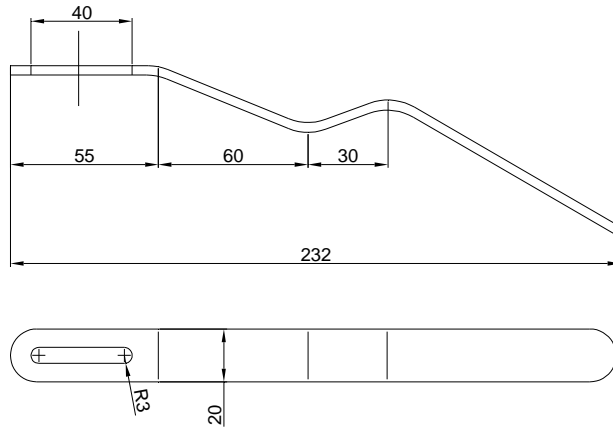
#### 4.3.10 DISEÑO DEL SOPORTE PARA LA TOLVA

La tolva debe permanecer fija mientras el mecanismo de dosificación y envasado gira, para fijar la tolva se utiliza cuatro soportes los cuales se encuentran soldados a la parte exterior de la tolva, unidos mediante pernos y anclajes al disco inferior, el cual permanece inmóvil.

Estos elementos deben permitir el movimiento libre de los elementos de la dosificadora – envasadora por lo cual tienen la siguiente configuración.

---

<sup>45</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

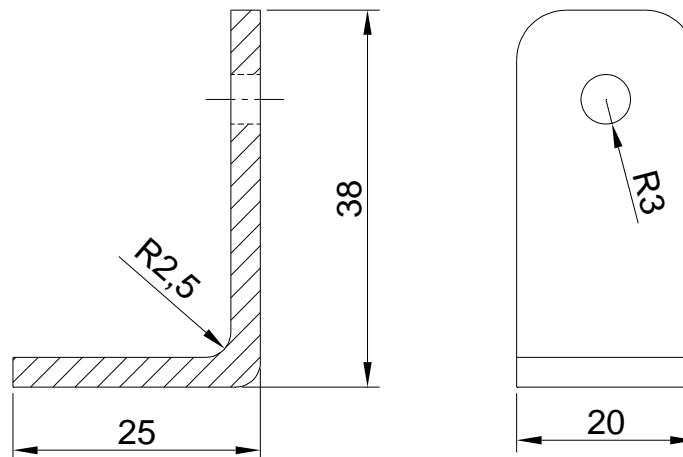


*Figura 4.40 Configuración y dimensiones de los soportes de la tolva*

La configuración y dimensiones de este elemento se determina de las condiciones de funcionamiento de la dosificadora envasadora, de tal forma que se garantice el libre movimiento de todo el resto del mecanismo.

#### **4.3.10.1 Anclajes del soporte de la tolva al disco inferior**

Estos elementos (cuatro anclajes) sirven para fijar los soportes de la tolva al disco inferior, en la figura 4.41, se indica las dimensiones de estos elementos.



*Figura 4.41 Configuración y dimensiones de los anclajes para los soportes de la tolva*



**Nota:** El proceso de soldadura utilizado para unir los elementos del mecanismo de accionamiento (bocín del eje a la salida del motorreductor con el brazo guía, porta rodamiento – brazo actuador) se utiliza las especificaciones indicadas en el WPS 003 (Anexo 9)

#### 4.3.11 DISEÑO DEL EJE CENTRAL DE LA DOSIFICADORA – ENVASADORA

El eje central es un elemento cilíndrico de sección circular, que puede estar fijo o girando, sobre el que se montan engranajes, poleas, volantes, ruedas de cadena, manivelas o manubrios, así como otros elementos mecánicos de transmisión de fuerza o potencia. Los ejes de transmisión son barras sometidas a cargas de flexión, tensión, compresión o torsión que actúan individualmente o combinadas.

Para el caso de la dosificadora – envasadora el eje está girando, con el cual gira todo el sistema de dosificación, este eje va a estar sometido principalmente a compresión (originada por el peso propio del sistema de dosificación situado sobre este) y a torsión (originada por el torque producido por el motor)

##### 4.3.11.1 Diseño estático

Los parámetros para diseñar el eje se muestran en la Figura 4.42

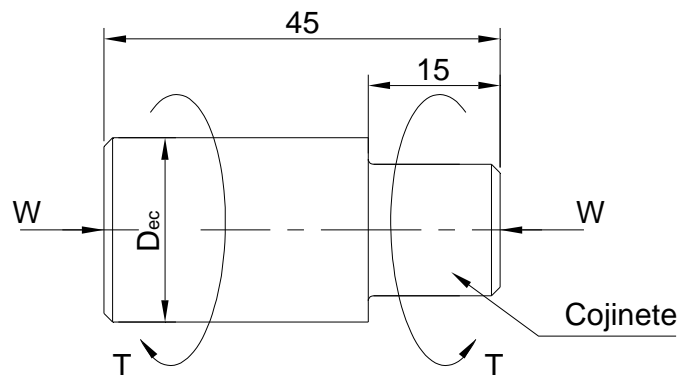


Figura 4.42 Diagrama de cuerpo libre para el eje central

Los esfuerzos para el eje macizo de sección circular, sometido a cargas combinadas de compresión y torsión, son <sup>46</sup>

$$\sigma_x = \frac{4W}{\pi d_{ec}^2} \quad \tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d_{ec}^3} \quad (4.59)$$

Donde

$\sigma_x$	Esfuerzo de compresión [N/m <sup>2</sup> ]
$\tau_{xy}$	Esfuerzo de torsión [N/m <sup>2</sup> ]
T	Momento torsor, 101.1 [N m] (torque máximo a la salida del motorreductor)
W	Peso del disco superior y dosificadores, 100 N
$d_{ec}$	Diámetro del eje central [m]

Para este caso la sección crítica y el punto crítico para el diseño se lo toma en cualquier parte del eje.

Mediante el círculo de Mohr se halla el esfuerzo cortante máximo

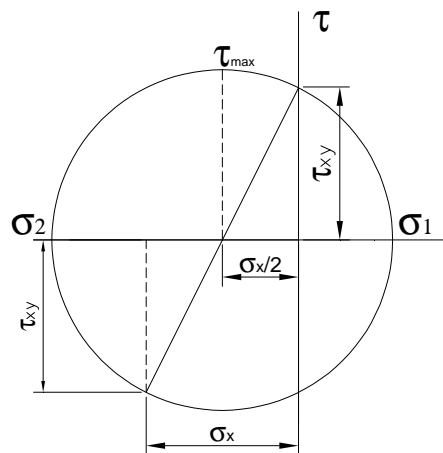


Figura 4.43 Círculo de Mohr para el eje central

Del análisis del círculo de Mohr se obtiene

<sup>46</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (4.60)$$

La teoría del esfuerzo cortante máximo para la falla estática expresa que  $S_{sy} = S_y/2$ . Empleando un factor de seguridad  $n$  la ecuación 4.60 puede escribirse como <sup>47</sup>

$$\frac{S_y}{2n} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (4.61)$$

Por lo tanto se asume un diámetro para el eje central de 0.021 m se obtiene un factor de seguridad contra la falla estática de

$$n = 2.2$$

#### 4.3.11.2 Diseño dinámico

Para realizar el diseño dinámico se debe determinar los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga para el elemento mecánico. <sup>51</sup>

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f S_e' \quad (4.62)$$

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$$

Donde

$S_e$	Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico [MPa]
$S_e'$	Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria [MPa]
$S_{ut}$	Límite de resistencia última a la tracción, 400 MPa
$k_a$	Factor de superficie, 0.64 (Figura 4.1)
$k_b$	Factor de tamaño
$k_c$	Factor de confiabilidad, 0.897 (Figura 4.19)
$k_d$	Factor de temperatura, 1
$k_e$	Factor de modificación por concentración del esfuerzo, 1

<sup>47</sup> Shigley, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 4<sup>ta</sup> Edición, Mcgraw-Hill, 1990.

kf Factor por efectos diversos, 1

Para determinar el valor del factor por el tamaño se utiliza la siguiente ecuación <sup>48</sup>

$$kb=1.189 d^{-0.097} \quad 8mm < d \leq 250 mm \quad (4.63)$$

Para un diámetro de eje de 0.021 m se obtiene

$$kb=0.885$$

Por lo tanto

$$S_e = 102 MPa$$

Del análisis de la figura 4.44 y considerando condiciones de esfuerzo repetido para el eje central se obtiene

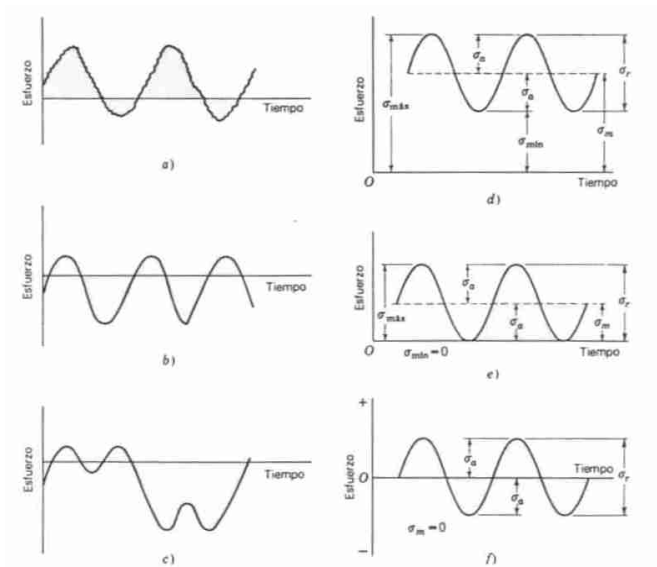


Figura 4.44 Relaciones esfuerzo-tiempo: a) esfuerzo fluctuante con pulsaciones de alta frecuencia; b) y c) esfuerzo fluctuante no senoidal; d) esfuerzo fluctuante senoidal; e) esfuerzo repetido; f) esfuerzo alternante senoidal con inversión completa

<sup>48</sup> SHIGLEY, Joseph ; Diseño en Ingeniería Mecánica; 4<sup>ta</sup> Edición; McGraw-Hill; México; 1985

$$\sigma_{xm} = \sigma_{xa} = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

$$\tau_{xym} = \tau_{xya} = \frac{\tau_{\max}}{2}$$
(4.64)

Donde

$\sigma_{xm}$	Esfuerzo medio [MPa]
$\sigma_{xa}$	Amplitud del esfuerzo [MPa]
$\sigma_{\max}$	Esfuerzo de compresión máximo, 0.29 MPa
$\tau_{\max}$	Esfuerzo de torsión máximo, 55.6 MPa

La teoría de la energía de distorsión también debe utilizarse para hallar la posibilidad de una falla por fatiga <sup>49</sup>

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_{xm}^2 + \tau_{xym}^2}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \tau_{xya}^2}$$
(4.65)

Por lo tanto

$$\sigma'_m = \sigma'_a = 48.15 \text{ MPa}$$

Para determinar el factor de seguridad dinámico para el eje se utiliza el diagrama de Goodman modificado

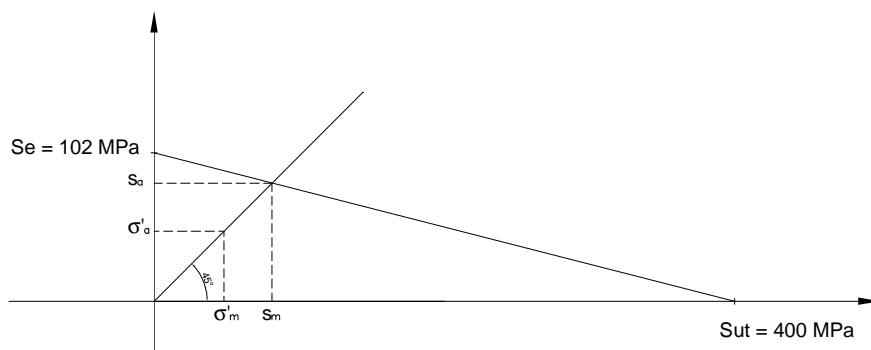


Figura 4.45 Diagrama de Goodman para el eje central

<sup>49</sup> SHIGLEY, Joseph ; Diseño en Ingeniería Mecánica; 4<sup>ta</sup> Edición; McGraw-Hill; México; 1985

De la figura 4.43 se obtiene que

$$S_a = -\frac{S_e}{S_{ut}} S_m + S_e \quad (4.66)$$
$$S_a = S_m$$

Por lo tanto

$$S_m = 81.3 \text{ MPa}$$

Entonces el factor de seguridad dinámico es

$$n_d = \frac{S_m}{\sigma_m} \quad (4.67)$$

$$n_d = 1.69$$

#### 4.3.11.3 Selección del Cojinete de rodamiento

Para este caso la selección del cojinete de rodamiento se enfoca a la selección de un cojinete de bolas de contacto angular ya que estos generalmente trabajan con una combinación de carga radial y carga axial (Anexo 7). Como las capacidades de catálogos están basadas solo en carga radial, conviene definir una carga radial equivalente que tenga el mismo efecto en la vida del cojinete que las aplicadas. La AFBMA (Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) recomienda como la carga radial equivalente de cojinete de bolas, el mayor valor de los dos valores dados por la siguientes fórmulas <sup>50</sup>

$$F_e = V F_r \quad (4.68)$$
$$F_e = X V F_r + Y V F_a$$

Donde

$F_e$  Carga radial equivalente [KN]

$F_r$  Carga radial aplicada (0.7 KN)

---

<sup>50</sup> SHIGLEY, Joseph ; Diseño en Ingeniería Mecánica; 4<sup>a</sup> Edición; McGraw-Hill; México; 1985

- F<sub>a</sub> Carga axial aplicada (1 KN)
- V Factor de rotación
- X Factor radial
- Y Factor de empuje

En la aplicación de estas fórmulas el factor de rotación *V* sirve para corregir por las diversas condiciones del anillo giratorio. Para un anillo interior rotatorio *V*=1 y para uno exterior móvil *V*=1.2, para el caso del eje de la envasadora – dosificadora el anillo interior rota mientras el exterior está inmóvil por lo tanto *V*=1

Los factores *X* y *Y* dependen de la configuración geométrica del cojinete, el número de bolas y el diámetro de éstas. Los valores para estos factores se indican en la tabla 4.22

*Tabla 4.22 Factores de carga radial equivalente*

<b>Tipo de cojinete de bolas</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>Y<sub>2</sub></b>
De contacto radial	1	0	0.5	1.4
De contacto angular con ángulo suave	1	1.25	0.45	1.2
De contacto angular con ángulo fuerte	1	0.75	0.4	0.75
Con doble fila y duplex (DB o DF)	1	0.75	0.63	1.25

*Elaboración: Propia*

*Fuente: SHIGLEY, Joseph ; Diseño en Ingeniería Mecánica; 4ta Edición; McGraw-Hill; México; 1985*

Por lo tanto considerando un cojinete de bolas de contacto angular se tiene que la carga radial equivalente es

$$F_e = 1.95 \text{ KN}$$

Por lo tanto empleando la ecuación (4.50) y considerando el mismo valor para los factores (en especial se debe considerar el mismo valor de vida útil del rodamiento por condiciones de mantenimiento) a excepción de la carga radial equivalente se obtiene

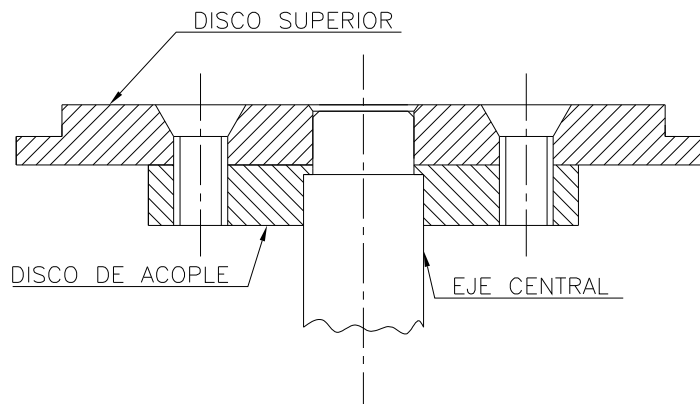
$$C_R = 1.63 \text{ KN}$$

Conclusión: Por lo calculado anteriormente se selecciona el siguiente cojinete ( Anexo 7)

TIPO: 7602015 – TVP

#### 4.3.12 DISEÑO DEL DISCO DE ACOPLA EJE CENTRAL – DISCO SUPERIOR

Para el montaje del eje central con el disco superior es necesario utilizar un elemento mecánico o acople en el cual se inserta el eje (en apriete). La función de este acople es la de facilitar el montaje y desmontaje del eje al disco superior como se indica en la figura 4.46



*Figura 4.46 Disco de acople eje central – disco superior*

##### 4.3.12.1 Selección del Material para el disco de acople eje central – disco superior

Ya que el disco de acople no es un elemento mecánico que soporte la influencia de las cargas externas por lo tanto el material a utilizarse puede ser cualquier material que pueda ser fácilmente maquinable y esté disponible en el mercado.



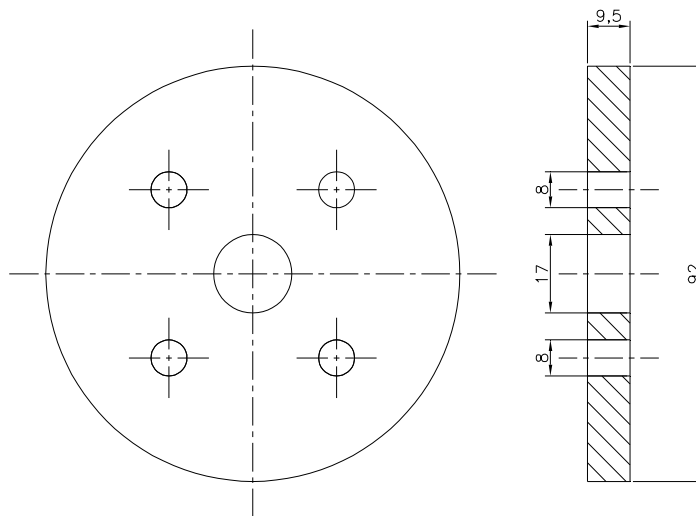
Por disponibilidad de material, adquirido para la fabricación de los discos superior e inferior, el disco de acople se lo realiza con el siguiente material ( Anexo 4):

Denominación: Lámina antiabrasiva

Acero: Chronit 400 HB

Espesor: 10 mm

Las dimensiones del Disco de Acople se las indica en la figura 4.47



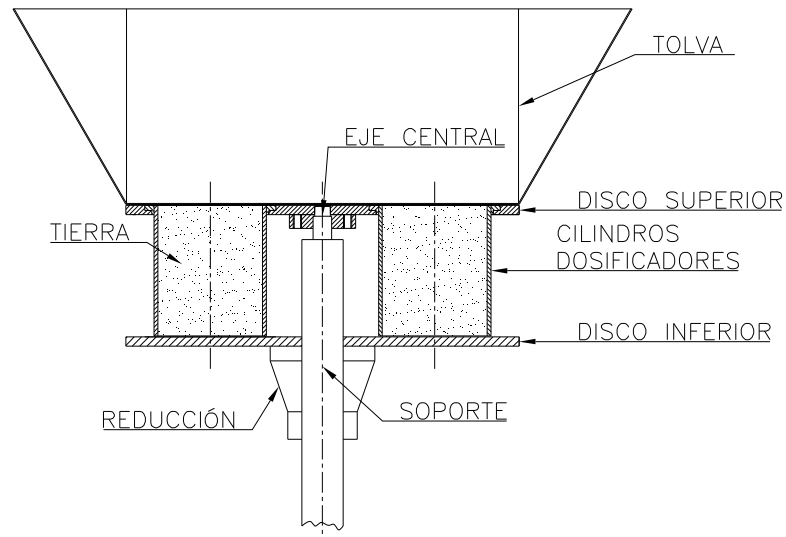
*Figura 4.47 Disco de acople superior, dimensiones principales*

Para asegurar el disco de acople al disco superior se utilizan 4 tornillos avellanados M8

#### **4.3.13 DISEÑO DE SOPORTE DE LA DOSIFICADORA – ENVASADORA**

El soporte es un elemento mecánico sobre el cual se asienta todo el sistema de dosificación y envasado, el diseño de este elemento es muy importante ya que de éste depende la estabilidad del sistema de dosificación y envasado.

El soporte está sometido principalmente a compresión y a flexión ya que todo el peso de la dosificadora – envasadora está sustentada por este elemento y la disposición de algunos elementos está fuera del eje central del soporte, por lo tanto el diseño del soporte se lo realiza analizando los efectos producidos por la compresión.



*Figura 4.48 Elementos principales de la dosificadora - envasadora*

#### **4.3.13.1 Selección del Material para el soporte de la dosificadora - envasadora**

Por la facilidad de adquisición en el mercado (Catálogo DIPAC, Ver Anexo 3) se escoge el siguiente material:

Denominación: Tubo Mecánico Redondo

Acero: ASTM A 366

Recubrimiento: Negro

#### **4.3.13.2 Determinación de la dimensiones del soporte de la dosificadora - envasadora**

Para el diseño del soporte se supone que las cargas (peso de los elementos de la dosificadora – envasadora) son cargas puntuales ubicadas en sus respectivos ejes de simetría como se indica en la Figura 4.49

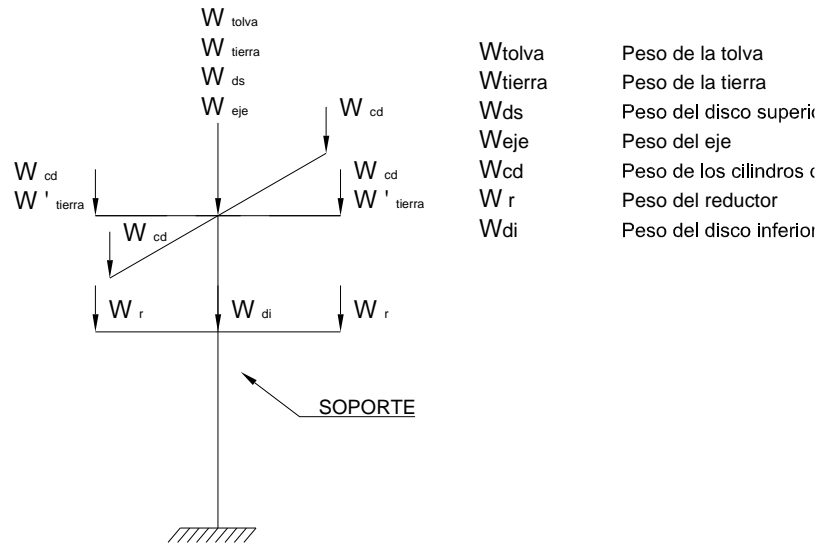


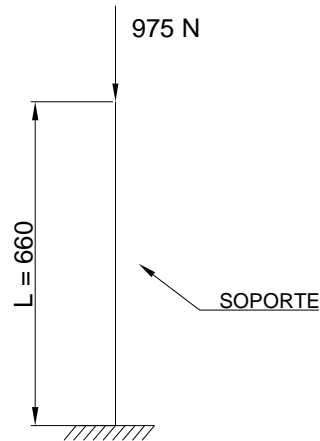
Figura 4.49 Ubicación de las cargas sobre el soporte

Para determinar el peso de todos los componentes se toma la densidad del acero que es  $7850 \text{ Kg/m}^3$  y para la tierra  $1125 \text{ Kg/m}^3$ , con lo cual se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 4.23 Peso de los diferentes elementos de la dosificadora – envasadora

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Densidad del material (<math>\text{Kg/m}^3</math>)</b>	<b>Volumen (<math>\text{m}^3</math>)</b>	<b>Peso, <math>W</math> (N)</b>
Tolva	1	7850	0.00046	35.8
Tierra (tolva)	1	1125	0.06	675
Tierra (dosificadores)	2	1125	0.0012	13.5
Disco superior	1	7850	$8.12 \times 10^{-4}$	63.8
Eje	1	7850	$2.0 \times 10^{-5}$	2.2
Cilindros dosificadores	4	7850	$9.4 \times 10^{-4}$	7.4
Reductor	2	7850	$6.3 \times 10^{-5}$	5
Disco inferior	1	7850	0.001	80
Varios				50

Con las consideraciones anteriores y transportando todas las cargas a un solo eje, el diagrama de cuerpo libre para el sistema de dosificación y envasado es el siguiente:



*Figura 4.50 Diagrama de cuerpo libre para el soporte*

Como se puede observar en la Figura 4.48, al transportar todas las cargas a un solo eje los momentos que se crean se anulan entre si ya que la distancia eje – carga es la misma y las cargas que generas el momento se oponen y son las mismas (Figura 4.48). Por lo tanto se obtiene un sistema que está sometido a compresión simple.

Para el diseño a compresión se utiliza la siguiente ecuación

$$\sigma = \frac{W_T}{A} \leq S_y \quad (4.69)$$

Donde

- $\sigma$             esfuerzo de compresión [ $\text{N/m}^2$ ]
- WT            Peso total de los elementos, 975 N
- A            Área de la sección circular [ $\text{m}^2$ ]

Resolviendo la ecuación se obtiene

$d = 2.2 \text{ mm}$  (eje macizo)

Debido a la longitud del soporte si se considera este diámetro, éste puede fallar por estabilidad. Por lo tanto el análisis del soporte se lo realiza por medio de la fórmula de Euler aplicada a columnas muy esbeltas.<sup>51</sup>

$$F_c = \frac{\pi^2 E A}{\left(\frac{L_e}{k}\right)^2}; \quad \text{para } \frac{L_e}{k} > 120 \quad (4.70)$$
$$F_c = n * F$$

Donde

- $F_c$  Carga axial crítica [N]
- $F$  Carga axial centrada, 975 N
- $n$  Factor de seguridad
- $E$  Modulo de elasticidad,  $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
- $A$  Área de la sección circular [ $\text{m}^2$ ]
- $L_e$  Longitud efectiva [m]
- $k$  Radio de giro o de inercia [m]

Para obtener una mayor estabilidad de la estructura se utiliza un tubo de sección circular hueco. Por disponibilidad en el mercado y por condiciones de trabajo se selecciona un tubo de diámetro exterior de 42.2 mm y un espesor de 4.85 mm y un área transversal de  $5.09 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  (Anexo 3).

La longitud efectiva depende del tipo o la condición de la columna como se indica en la figura 4.51

---

<sup>51</sup> Faires, Virgil, Diseño de Elementos de Máquinas, Barcelona, 1977

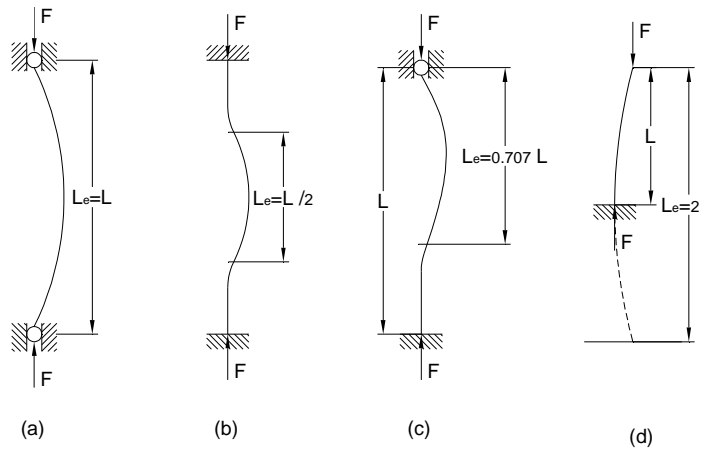


Figura 4.51 Tipos de columnas. a) Extremos articulados; b) Extremos empotrados; c) Un extremo empotrado y el otro articulado; d) Un extremo empotrado y el otro libre

Por lo tanto

$$L_e = 2L = 1.32 \text{ m}$$

En general el radio de giro del elemento utilizado como columna se determina por

$$k = \sqrt{\frac{\text{Inercia}}{\text{Area}}} \quad (4.71)$$

Por lo tanto  $k = 6.73 \times 10^{-3} \text{ m}$

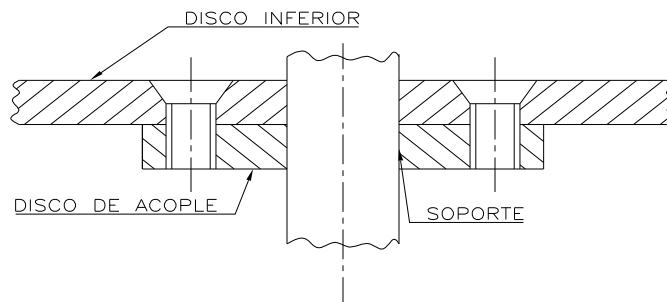
Entonces realizando los reemplazos y reordenando factores en la ecuación 4.70 se obtiene

$$n = 26.8$$

Lo cual satisface plenamente las condiciones de estabilidad requerida para el soporte del sistema de dosificación y envasado.

#### 4.3.14 DISEÑO DEL DISCO DE ACOPLER SOPORTE – DISCO INFERIOR

Para el montaje del soporte con el disco inferior es necesario utilizar un elemento de acople el cual mantiene los mantiene fijos. La configuración de este acople es similar al acople utilizado en el disco superior - eje central.



*Figura 4.52 Disco de acople Soporte – Disco Inferior*

##### 4.3.14.1 Selección del Material para el disco de acople Soporte – disco inferior

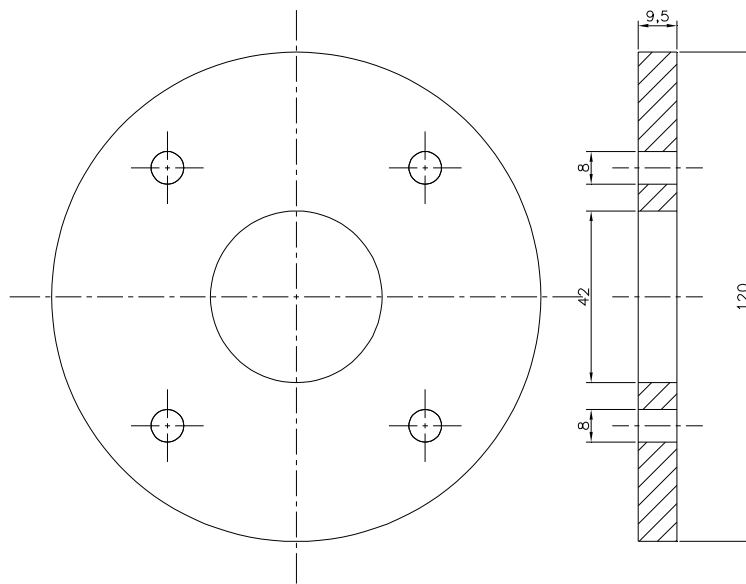
Por la disponibilidad del material adquirido para la fabricación de los discos superior e inferior, el disco de acople se lo realiza con el siguiente material:

Denominación: Lámina antiabrasiva

Acero: Chronit 400 HB

Espesor: 10 mm

Las dimensiones del Disco de Acople se las indica en la figura 4.53

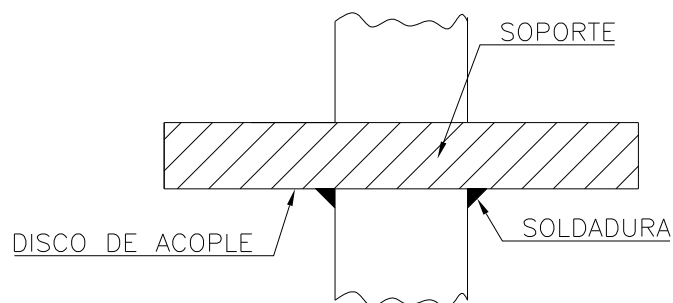


*Figura 4.53 Disco de acople inferior, dimensiones principales*

Para asegurar el disco de acople al disco inferior se utilizan 4 tornillos avellanados M8.

#### **4.3.14.2 Diseño de la soldadura soporte – disco de acople inferior**

Para la soldadura del soporte y el disco de acople inferior se diseña una soldadura en filete como se indica en la figura 4.54. Los parámetros, variables y condiciones de la soldadura se presentan en el WPS 004 ubicado en el Anexo 9.



*Figura 4.54 Tipos de junta y cordones de soldadura para el soporte – disco de acople*



#### 4.3.14.2.1 Soldadura de filete

En la figura 4.55 se ha aislado parte de la soldadura a fin de considerar la garganta de la junta como un problema de análisis de cuerpo libre.

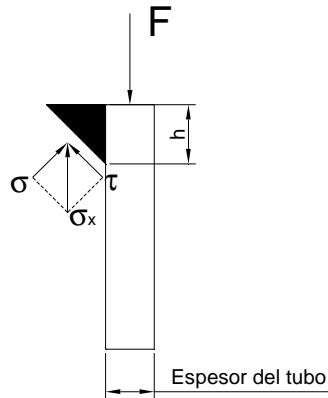


Figura 4.55 Análisis de cuerpo libre para la soldadura

De la figura anterior, se determina que:

$$\sigma_x = \frac{F}{\pi d h \cos(45^\circ)} \quad (4.72)$$

Donde

- F Carga aplicada, 975 N
- $\pi d$  Perímetro del tubo, 0.132 m
- h Medida de la garganta, 0.003 m

Este esfuerzo puede dividirse en dos componentes, un esfuerzo cortante y un esfuerzo normal. Estos son <sup>52</sup>

$$\sigma = \sigma_x \cos(45^\circ) = \frac{F}{\pi d h} \quad \tau = \sigma_x \cos(45^\circ) = \frac{F}{\pi d h} \quad (4.73)$$

Estos valores se muestran en el diagrama del Circulo de Mohr (Figura 4.56)

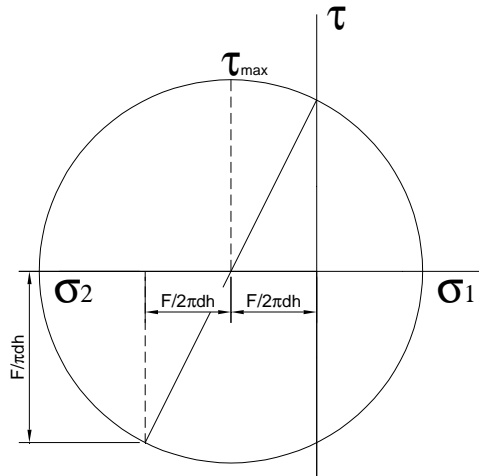


Figura 4.56 Diagrama del círculo de Mohr para la soldadura

El esfuerzo mayor principal es

$$\sigma_2 = \frac{F}{2\pi d h} + \sqrt{\left(\frac{F}{2\pi d h}\right)^2 + \left(\frac{F}{\pi d h}\right)^2} = 1.618 \frac{F}{\pi d h} \quad (4.74)$$

El esfuerzo cortante máximo es

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{F}{2\pi d h}\right)^2 + \left(\frac{F}{\pi d h}\right)^2} = 1.118 \frac{F}{\pi d h} \quad (4.75)$$

Para relacionar los esfuerzos normal y cortante se utiliza la ecuación (4.15) la cual indica el esfuerzo de von Mises en el metal a soldar

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (4.76)$$

Reemplazando los resultados obtenidos se obtiene

$$\sigma = 6212989 \text{ N/m}^2$$

#### 4.3.14.3 Factor de seguridad para la soldadura soporte – disco de acople inferior

Para el caso de la soldadura soporte – disco de soporte ésta va a estar sometida a compresión producto del peso originada por los componentes de la dosificadora – envasadora y además se tiene una junta a filete para lo cual se utiliza las mismas propiedades del metal base en el metal de soldadura.

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (4.77)$$

Donde

n	Factor de seguridad
S <sub>y</sub>	Esfuerzo admisible (esfuerzo de fluencia)
σ'	Esfuerzo de von Mises

Para las condiciones de la soldadura se tiene un factor de seguridad de

$$n = 40$$

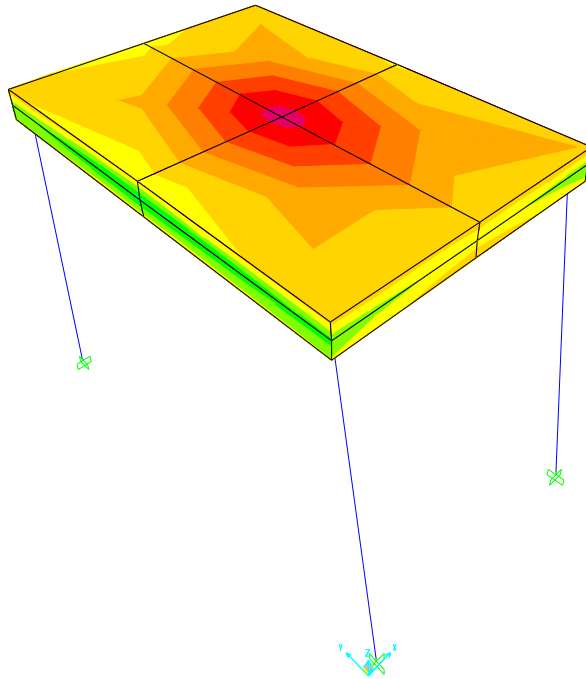
#### 4.3.15 DISEÑO DE LA MESA DE SOPORTE PARA EL SISTEMA DE LA DOSIFICADORA – ENVASADORA

El diseño y análisis de la mesa soporte se lo realiza en el programa SAP2000 versión 10.

Por condiciones de rigidez y estabilidad para la mesa se utiliza tubo mecánico cuadrado de 60x3 mm, el cual garantiza estas condiciones y además las solicitaciones mecánicas (esfuerzos) a las que está sometida la mesa. Por lo tanto el análisis de la mesa se basa en la placa que constituye la superficie útil.

Para este análisis se aplica una carga puntual de 2000 N correspondiente al peso total de el sistema de dosificación - envasado (1000 N) y a cargas eventuales externa que puedan actuar sobre la mesa (1000 N).

En la siguiente figura se indica el resultado grafico del análisis obtenido del programa SAP2000 versión 10.



*Figura 4.57 Esfuerzos de von Mises en la mesa soporte*

Los resultados numéricos del análisis de los esfuerzos para la mesa soporte se encuentran tabulados en el Anexo 8.

#### **4.3.15.1 FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA MESA SOPORTE**

De los resultados obtenidos de análisis en SAP2000 versión 10 (Anexo 8) se obtiene el máximo esfuerzo de von Mises para la placa de la mesa con lo cual el factor de seguridad se con la siguiente ecuación

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (4.78)$$

Donde

n	Factor de seguridad
$S_y$	Esfuerzo de fluencia, $248 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
$\sigma'$	Esfuerzo de von Mises, $152 \times 10^6$
t	Espesor de la placa, 1.1 mm

Por lo tanto

$$n = 1.6$$

Este factor de seguridad es aceptable considerando que el análisis se lo realiza con el doble de la carga que la mesa debe soportar, además en la estructura del tablero de la mesa se encuentran elementos rigidizadores para evitar un posible pandeo y posterior falla de la parte central de la mesa.

#### **4.4 CONSTRUCCION DE LA DOSIFICADORA-ENVASADORA**

En esta sección se especifican los pasos a seguir para la construcción de la máquina dosificadora-ensasadora de tierra.

Se analiza el proceso constructivo de las distintas partes que componen dicha máquina, luego de haber realizado su diseño así como la selección de elementos normalizados.

La máquina debe ser construida en un taller de metalmecánica, en el cuál se debe considerar lo siguiente.

Maquinaria y herramientas

Personal necesario

##### **4.4.1 MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA DOSIFICADORA-ENVASADORA**

El taller mecánico en el que se construye la dosificadora-ensasadora, debe poseer toda la maquinaria que se necesita para realizar los distintos procesos de construcción; además debe tener todas las herramientas adecuadas.

Para tener una mayor comprensión de los pasos a seguir para la construcción de la máquina, se enumera a continuación la distinta maquinaria y herramientas con su respectiva codificación.

**Máquina y/o herramientas**

**Codificación**

Torno

T

Fresadora Universal	F
Soldadora (SMAW)	SS
Soldadora (MIG)	SM
Equipo de oxicorte	OC
Taladro vertical	TV
Amoladora (Pulidora)	A
Esmeril	E
Cizalla	C
Entenalla	EA
Dobladora	D
Herramientas de ajuste.	HA
Calibrador	CB
Compresor	CM
Sierra Alternativa	SA

Cabe destacar que las herramientas de ajuste están compuestas por lo siguiente:

Martillo

Flexómetro

Escuadra

Tijeras de tol

Arco de Sierra

Limas

Playo de presión

Machuelos

Rayador.

#### **4.4.2 PERSONAL REQUERIDO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA**

Para construir la dosificadora-ensasadora, se requiere de personal con experiencia y conocimientos en máquinas herramientas para el uso adecuado de las mismas.

La construcción de los distintos elementos, así como el acople de los mismos serán dirigidos totalmente por los graduandos.

### 4.4.3 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN

Los distintos pasos a seguir en la construcción de los elementos que constituyen la máquina, así como los materiales utilizados, se detallan a continuación.

#### 4.4.3.1 Construcción de la Tolva.

Para la construcción de la tolva, se utilizará acero galvanizado por las razones antes expuestas.

Los procesos y las herramientas utilizadas se presentan en la siguiente tabla.

*Tabla 4.24 Construcción de la tolva*

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Trazado de acuerdo a desarrollo (Anexo 9)	HA
2	Cortar a medida	HA
3	Doblar según diseño	D
4	Puntear	SM
5	Realizar los cordones de soldadura	SM
6	Amolar y/o pulir	A
7	Pintar	C

#### 4.4.3.2 Construcción de los cilindros dosificadores

Los cilindros dosificadores serán construidos utilizando tubos poste con recubrimiento galvanizado (Catálogo DIPAC, Anexo 3).

*Tabla 4.25 Construcción de los cilindros de dosificación*

<b>Paso y/o proceso</b>		<b>Máquina y/o herramienta utilizada</b>
1	Señalar los tubos según medidas establecidas	HA
2	Cortar los tubos	SA
3	Eliminar aristas vivas	E
4	Realizar torneado interior, hasta llegar a las dimensiones requeridas (Anexo 10)	T

#### **4.4.3.3 Construcción de los discos de dosificación**

Los discos de dosificación, tanto superior como inferior, se construirán de acero Chronit, y los pasos a seguir, son los siguientes:

*Tabla 4.26 Construcción de los discos de dosificación*

<b>Paso y/o proceso</b>		<b>Máquina y/o herramienta utilizada</b>
1	Trazar la forma de los discos	HA
2	Cortar	EO
3	Tornear hasta obtener dimensiones exteriores (Anexo 10)	E
4	Fresar la cara superior de ambos discos	F
5	Trazar los vaciados interiores	HA
6	Formar los vaciados	F
7	Taladrar y machuelar alojamientos	TV, HA



#### 4.4.3.4 Construcción de las placas de flujo y placa base de la tolva

Las placas que direccionarán el flujo de la tierra, así como la placa base de la tolva, se construirán con acero galvanizado, debido a las características antiabrasivas que presenta este material.

Los pasos a seguir se presenta a continuación.

*Tabla 4.27 Construcción de las placas de flujo y placa base de la tolva*

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Trazado, según plano (Anexo 10)	HA
2	Cortar a medida	HA
3	Soldar a la tolva	SM
4	Amolar y/o pulir	A
5	Pintar	C

#### 4.4.3.5 Construcción de las reducciones para el envasado de tierra

Las reducciones para el envasado, al igual que los cilindros dosificadores se construirán utilizando acero galvanizado, para lo cual se debe seguir el siguiente orden de procesos:

*Tabla 4.28 Construcción de los conos de llenado*

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Señalar los conos según medidas establecidas	HA
2	Cortar según dimensiones requeridas	SA
3	Eliminar aristas vivas	E
4	Realizar torneado tanto interior como exterior hasta dar a los conos la forma necesaria	T

#### 4.4.3.6 Construcción de los acoples de unión

Los bocines son elementos mecánicos que sirven para facilitar el mantenimiento de los cilindros dosificadores, ya sea para limpiarlos o reemplazarlos, por lo que se diseñó y se fabricó de acero ASTM A36. En la tabla siguiente se presenta el proceso de construcción de los bocines.

Tabla 4.29 Construcción de los bocines

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Trazar la forma del bocín ( Anexo 9)	HA
2	Cortar	SA
2	Maquinar	T

#### 4.4.3.7 Construcción de los ejes

Todos los ejes que se utilizarán en la dosificadora-ensambladora serán construidos en acero de transmisión debido a la fácil maquinabilidad que presenta este material.

Para construir este elemento se sigue el siguiente proceso.

Tabla 4.30 Construcción de los ejes

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Señalar la longitud de corte en la varilla	HA
2	Cortar según lo señalado en el paso anterior	SA
3	Tornear según lo establecido en el diseño de este elemento ( Capítulo 4 )	T

#### 4.4.3.8 Construcción del tubo soporte de la dosificadora-ensasadora

El tubo soporte será el encargado de alojar al eje que hará que el disco superior de dosificación gire.

El tubo soporte por ser un elemento estructural, no estará sujeto a excesivo desgaste debido a la abrasión o corrosión, por lo que se construirá con acero ASTM A36. La construcción se lo hará siguiendo los pasos que se detallan a continuación.

*Tabla 4.31 Construcción del tubo soportante*

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Señalar la longitud especificada en el diseño del tubo soporte	HA
2	Cortar el tubo	SA
3	Tornear interiormente, la parte donde se alojará el eje.	T

#### 4.4.3.9 Construcción de las patinas soportes de la tolva

La tolva que es el elemento receptor de la tierra, irá sujeta en patinas, las mismas que se anclarán en el disco inferior de dosificación. Estos elementos (patinas), se construirán de acero ASTM A36.

*Tabla 4.32 Construcción de las patinas soportes de la tolva*

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Señalar la dimensión necesaria para formar la platina soporte.	HA
2	Cortar la platina	SA

3	Eliminar aristas vivas	E
3	Doblar según la condiciones requeridas	D
4	Realizar las perforaciones en los extremos.	TV

#### 4.4.3.10 Construcción de los porta rodamientos

Los porta rodamientos serán construidos en el siguiente orden

*Tabla 4.33 Construcción del porta rodamientos*

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Señalar la dimensión necesaria para el porta rodamiento ( Anexo 9)	HA
2	Cortar el tubo	SA
3	Eliminar aristas vivas	E
4	Tornear según dimensiones requeridas	T

#### 4.4.3.11 Construcción del brazo guía y brazo actuador del mecanismo

Para la construcción del brazo guía y el brazo actuador se debe tener en cuenta los procesos que se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 4.34 Construcción del brazo guía del mecanismo*

Paso y/o proceso		Máquina y/o herramienta utilizada
1	Señalar según la dimensión requerida	HA
2	Cortar la varilla	SA
3	Eliminar aristas vivas	E

#### 4.4.3.12 Construcción del anillo metálico

El anillo metálico se construirá con acero ASTM A36 ; en el siguiente orden.

*Tabla 4.35 Construcción del anillo metálico*

<b>Paso y/o proceso</b>		<b>Máquina y/o herramienta utilizada</b>
1	Señalar según la dimensión requerida	HA
2	Cortar la lámina de acero	SA
3	Eliminar aristas vivas	E

#### 4.4.3.13 Construcción de los discos de acople

Los discos de acople, se construirán de acero ASTM A 36, y los pasos a seguir, son los siguientes:

*Tabla 4.36 Construcción de los discos de acople*

<b>Paso y/o proceso</b>		<b>Máquina y/o herramienta utilizada</b>
1	Trazar la forma de los discos	HA
2	Cortar	EO
3	Eliminar aristas vivas	E
4	Fresar la cara superior de ambos discos	FU
5	Trazar los vaciados interiores	HA
6	Formar los vaciados	FU

#### **4.4.4 Proceso de pintura**

Una vez que todos los elementos sean montados, según el plano de conjunto (Anexo 9) se debe proceder a pintar con pintura anticorrosiva, para de esta manera asegurar la duración de la máquina. Los pasos a seguir para el proceso de pintura son los siguientes:

- Limpiar las superficies
- Aplicar desoxidante
- Aplicar fondo
- Lijar
- Aplicar pintura

#### **4.5 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

En esta sección se considera las pruebas que deben efectuarse para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina dosificadora- envasadora una vez construida e instalada, y las mismas que certificarán que la máquina opere en óptimas condiciones.

Las pruebas que se realizarán, constan de los siguientes aspectos:

- Verificación del montaje
- Pruebas de dosificación
- Pruebas de llenado en las bolsas
- Verificación de la estabilidad de los elementos mecánicos.

##### **4.5.1 VERIFICACIÓN DEL MONTAJE**

Se debe comprobar que el montaje de la máquina coincida con lo los planos, para que de esta manera se tenga un correcto funcionamiento de la misma.

Es importante verificar la altura de los conos de llenado, pues la misma debe ser la adecuada para garantizar la comodidad del trabajador,

así mismo hay que verificar la alineación y paralelismo del motorreductor, para evitar ruido, mal funcionamiento, etc.

#### **4.5.2 PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN**

Una vez comprobado el correcto montaje y alineación del sistema, se procederá a realizar las pruebas de dosificación, tomando en cuenta el volumen de tierra que se llenará en cada bolsa de plástico.

Las pruebas de dosificación, consisten en dos etapas:

- Pruebas en vacío
- Pruebas a plena carga

##### **4.5.2.1 Pruebas en vacío**

Se debe comprobar el correcto funcionamiento de la máquina, haciéndola operar sin carga, controlando que el mecanismo funcione adecuadamente sin que exista ruido, interferencia, etc. Es primordial verificar que los tubos de dosificación coincidan exactamente con los conos de llenado al momento que el sistema se encuentra en plena operación.

##### **4.5.2.2 Pruebas a plena carga**

La otra prueba a la que debe sujetarse la dosificadora- envasadora es funcionando a plena carga es decir con la tolva llena al 100% y con alimentación continua. Es necesario verificar la velocidad a la que gira el disco de dosificación, para de esta manera garantizar el llenado de la tierra en las bolsas de plástico.

#### **4.5.3 PRUEBAS DE LLENADO EN LAS BOLSAS**

Estas pruebas consisten en comprobar que la tierra que se llena en los tubos dosificadores, descargue correctamente en los conos de llenado sin quedar ningún residuo en los tubos, de esta manera se garantizará que la

tierra se enfunde en las bolsas de plástico y que además tengan el volumen correcto.

Tanto las pruebas de dosificación ya sea en vacío o a plena carga como las pruebas de llenado, se deben realizar por varias horas y por varios días, de ser posibles en las peores condiciones climáticas.

#### **4.5.4 VERIFICACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS**

Después de realizadas todas las pruebas anteriores es necesario verificar que ninguno de los elementos que compone la dosificadora-ensasadora, haya fallado; poniendo especial atención en los elementos soportantes de la máquina.

#### **4.6 COSTO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA-ENASADORA**

En esta sección se detalla el costo de la máquina dosificadora-ensasadora de sólidos, para lo cual se realiza un análisis de los costos totales, tanto de construcción como de montaje.

Cabe destacar que todos los materiales utilizados en la construcción de la dosificadora-ensasadora, fueron adquiridos en el mercado nacional.

Los costos son referidos al año 2006, para una producción unitaria de dicha máquina.

Los factores que influyen en este análisis de costos son los siguientes.

- Costo de motorreductor
- Costo de materiales
- Costo de mano de obra
- Costo de elementos normalizados
- Costo de alquiler de máquinas herramientas
- Costos varios



- Costos indirectos

#### 4.6.1 COSTOS DEL MOTORREDUCTOR

El motorreductor que se utiliza en la construcción de esta máquina tiene una potencia de ¼ Hp , con una salida de 17 rpm, el mismo que se consigue en el mercado local. En la tabla siguiente se detalla el costo total de dicho motorreductor.

*Tabla 4.37 Costos de motorreductor*

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor total (USD)
Motorreductor ¼ Hp, 17 rpm	1	310	310

#### 4.6.2 COSTOS DE MATERIALES

Estos costos se refieren a los materiales utilizados, elementos mecánicos normalizados, elementos eléctricos, necesarios para la construcción de esta máquina.

En la siguiente tabla se detallan estos costos.

*Tabla 4.38 Costos de materiales utilizados en la construcción de la dosificadora-ensadora (Catálogo DIPAC ; Anexo 3)*

Elemento	e (mm)	L (mm)	Cant.	Peso (kg/m)	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
<b>Acero ASTM A36</b>						
Plancha de 1220*2440mm	1		1	46,74	1,4	65
<b>Perfiles <math>F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2</math></b>						
C 100*50 mm	6	1000	1	8,66	1,4	12
Tubo Cuadrado 60*60mm	2	1000	4	3,74	1,4	21

Tubo mecánico redondo D=22.22mm	1,5	1000	2	0,82	1,4	2
Tubos Poste D = 114,3 mm	2	500	4	5,67	1,4	16
Tubo poste D=47.625 mm	3	500	1	2,34	1,4	2
Tubo Vapor cédula 80 D = 42,2	4,85	1000	1	4,47	1,4	6
L 25*25	3	1000	2	1,06	1,4	3
Varilla Cuadrada lisa VCU 1/2	11	500	1	1	1,4	1
<b>Acero Chronit</b>						
Discos D = 402 mm	10		2	9,97	3	60
<b>Otros</b>						
Tubos de Descarga			2		7	14,0
Rodamientos						30,0
Pernos y tornillos						10,0
Ejes						10,0
Resorte						10,0
<b>Material eléctrico</b>						50
<b>Total</b>						350

#### 4.6.3 COSTOS DE MANO DE OBRA

El costo de fabricación se lo hace por obra cierta, es decir el costo se lo hará tomando en cuenta las horas que se demoran en fabricarse cada uno de los elementos que constituyen la máquina dosificadora-ensadora.

Cabe destacar que en estos costos ya se encuentran incluidos todos los gastos de suministros tales como electrodos, energía, máquinas herramientas, soldadora, gratas, discos de corte y de desbaste, etc.

*Tabla 4.39 Costo de mano de obra*

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costo USD/h.</b>	<b>Costo Total USD</b>
1	Tolva y placas de dirección	2 h.	5	10
2	Discos de dosificación	5 h.	10	50
3	Cilindros dosificadores	5 h.	10	50
4	Tubos reductores	5 h.	10	50
5	Acoples de unión	5 h.	5	25
6	Ejes	3 h.	10	30
7	Soporte del motor	1 h.	6	6
8	Estructura soportante	2h.	5	10
9	Brazo guía y brazo actuador	5 h.	5	25
10	Anillo Metálico	1	5	5
10	Discos de acople	3 h.	10	30
11	Porta rodamientos	2 h.	10	20
Total				300

#### **4.6.4 COSTO DE MONTAJE Y PRUEBAS**

El costo de montaje, se lo hará tomando en cuenta el tiempo que se demora en acoplar todos los elementos, formando de esta manera la máquina dosificadora-ensasadora, además se tomará en cuenta el valor de la pintura, así como el costo de realizar pruebas para tener un correcto funcionamiento de la máquina.

*Tabla 4.40 Costo de montaje y pruebas*

Ítem	Descripción	Tiempo	Costo USD/h.	Costo Total USD
1	Costo de montaje	10 h.	10	100
2	Costo de pintura	5 h.	6	30
3	Costo de pruebas	5 h	10	50
Total				180

#### 4.6.5 COSTO DE DISEÑO Y OTROS

El costo relacionado con el diseño de la máquina así como los costos adicionales, se presentan en las siguientes tablas.

*Tabla 4.41 Costo de diseño y otros relacionados*

Ítem	Descripción	Tiempo	Costo/h.	Costo total
1	Diseño	50 h.	10	500
2	Dibujo de planos	20 h.	6	120
Total				620

*Tabla 4.42 Costos adicionales*

Ítem	Descripción	Costo USD
1	Movilización	100
2	Costo de impresión de documento y planos	50
3	Papelería	20
4	Copias	10
Total		180

#### 4.6.6 COSTO TOTAL

El costo total de la máquina se resume en la siguiente tabla:

*Tabla 4.43 Costo total de la máquina dosificadora- envasadora*

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (USD)</b>
1	Costo del motorreductor	310
2	Costo de materiales	350
3	Costo de mano de obra	300
4	Costo de montaje y pruebas	180
5	Costos de diseño	620
6	Costos adicionales	180
Total		2000

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 1.1 5.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas al haber desarrollado en su totalidad el presente proyecto son las siguientes:

1. Se cumple con el objetivo principal que es diseñar y construir una máquina dosificadora-ensasadora, la cual constituye un gran aporte al sector agrícola del país en especial a los viveros forestales, pues reduce en gran medida el tiempo que conlleva el llenado manual de bolsas con tierra para la germinación de cualquier semilla.
2. La máquina diseñada y construida, tiene la capacidad de envasar 34 bolsas de tierra por minuto.
3. La dosificadora – ensasadora, es de fácil mantenimiento y operación.
4. El diseño y posterior construcción de la máquina permitió aplicar todos los conceptos de Ingeniería Mecánica tales como Diseño de Máquinas, Dibujo Mecánico, Resistencia de Materiales, Selección de Materiales, etc, y relacionarlos en un proyecto real.
5. El costo de esta máquina es relativamente bajo en relación al beneficio que proporcionará a pequeños y medianos productores dedicados a los viveros forestales, si se considera que con la misma se aumentará la producción del llenado de bolsas.
6. El costo de la máquina es muy competitivo, si se considera que podría ser adquirida por pequeños y medianos productores que se dedican a los viveros forestales.

## **1.2 5.2 RECOMENDACIONES**

1. Se debe en lo posible, realizar el diseño con elementos normalizados para de esta manera reducir los costos por concepto de maquinado.
2. La investigación de los diferentes sistemas y mecanismos existentes en el mercado para la dosificación y envasado de sólidos ayuda a escoger el sistema más adecuado para la máquina, claro está en función de los requerimientos de producción de la misma.
3. La obtención de la suficiente cantidad de textos de diseño como de información de máquinas similares, dan pie para poder realizar un diseño aceptable.
4. El uso de paquetes computacionales para diseño, tales como el S.A.P. son de gran utilidad para el desarrollo de este tipo de proyectos.

### 1.3 BIBLIOGRAFIA

- ANDREW, Pytel; RESISTENCIA DE MATERIALES; México; 1994
- BAUMISTER, Tim y AVALLONE, Edgard; MARK`S MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO. 8<sup>va</sup> Edición; Mcgraw Hill; New York
- CHICAIZA, Marco; COSTALES Wilson; AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA PARA GRANO SECOS; Quito; 2005
- FAIRES, Virgil; DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS; Montaner y Simon S.A; España; 1977
- FERDINAND, Beer; ESTÁTICA; 5<sup>ta</sup> Edición; McGraw – Hill; México
- GTZ; TABLAS PARA LA INDUSTRIA METALÚRGICA; 3<sup>era</sup> Edición; Reverté; Barcelona; 1984
- HAMILTON, Mabie; MECANISMOS Y DINÁMICA DE MAQUINARIA; Limusa, México; 1995
- HUDSON, Wilbur; CONVEYORS AND RELATED EQUIPMENT; 3<sup>era</sup> Edición; New York; 1954
- Instituto Ecuatoriano de Normalización; CÓDIGO DE DIBUJO TÉCNICO Y MECÁNICO; Normalización #009. Quito. 1989.
- MIROLIUNOV, I; PROBLEMAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES; 3<sup>era</sup> Edición; Mir – Moscú; 1978
- SHIGLEY, J. DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA; 4<sup>ta</sup> Edición; México DF. McGrAW-HILL; 1990.



- TARQUIN, Blanck; INGENIERÍA ECONÓMICA; 5<sup>ta</sup> Edición; McGraw – Hill; México; 2004
- Tecnipress Ingenieros ED; ACEROS PRODUCTOS Y DERIVADOS; Tomo II
- TELLO, Edwin; VENEGAS, Christian; DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DOSIFICADORA DE FERTILIZANTE MINERAL PALETIZADO; Quito; 2000
- VILLACRES, Miguel; PRINCIPIOS Y CONTROL DE SOLDADURA; Quito; 2006
- [http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec\\_7.htm](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_7.htm)
- <http://www.procec.com/equipos/valvula.htm>
- <http://www.fao.org/docrep/X5041S/x5041S00.htm>
- [http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/produccion1/tema3\\_3.htm](http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/produccion1/tema3_3.htm)
- <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap9.pdf>
- <http://www.bohlerecuador.com/laminas.htm>
- <http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/tipos>
- <http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/proteccion>
- [http://www.fisicanet.com.ar/quimica/corrosion/ap02\\_corrosion.php](http://www.fisicanet.com.ar/quimica/corrosion/ap02_corrosion.php)
- [http://www.itc.edu.co/carreras\\_itc/mantenimiento/lubricacion/desgaste.htm](http://www.itc.edu.co/carreras_itc/mantenimiento/lubricacion/desgaste.htm)
- [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6\\_n2/pdf/pautas.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6_n2/pdf/pautas.pdf)

## ANEXOS

## **ANEXO 1**

### **TABLAS PARA SELECCIONAR LA ALTERNATIVA DE TRANSPORTE DE TIERRA.**

**Tablas de resultados para seleccionar la alternativa de transporte de tierra por medio de tornillo sin fin.**

*Tabla A1-1: Análisis del sistema para una elevación (Y) de 1 metro*

Inclinación (°)	Altura (m)	Longitud (m)	C corr (m <sup>3</sup> /h)	A	rpm	F	H	G	Potencia (kw)	VAN (\$)
10	1	5.76	5.80	96	60	2	0.75	2	1.3	3205.4
15	1	3.86	7.05	96	60	2	0.60	2	1.0	2578.1
20	1	2.92	9.49	114	60	2	0.60	2	1.0	2463.7
<b>25</b>	<b>1</b>	<b>2.37</b>	<b>12.43</b>	<b>114</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>0.62</b>	<b>2</b>	<b>1.0</b>	<b>2433.3</b>
30	1	2.00	17.40	171	60	2	0.74	2	1.2	2787.1
35	1	1.74	23.73	255	60	2	0.88	2	1.5	2994.2

*Tabla A1-2: Análisis del sistema para una elevación (Y) de 0.9 m.*

Inclinación (°)	Altura (m)	Longitud (m)	C corr (m <sup>3</sup> /h)	A	RPM	F	H	G	Potencia (KW)	VAN
10	0.9	5.18	5.80	96	60	2	0.68	2	1.1	2851.4
15	0.9	3.48	7.05	96	60	2	0.54	2	0.9	2456.5
20	0.9	2.63	9.49	114	60	2	0.54	2	0.9	2347.3
<b>25</b>	<b>0.9</b>	<b>2.13</b>	<b>12.43</b>	<b>114</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>0.56</b>	<b>2</b>	<b>0.9</b>	<b>2315.0</b>
30	0.9	1.80	17.40	171	60	2	0.66	2	1.1	2449.2
35	0.9	1.57	23.73	255	60	2	0.79	2	1.3	2831.3

*Tabla A1-3: Análisis del sistema para una elevación (Y) de 0.8 m.*

Inclinación (°)	Altura (m)	Longitud (m)	C corr (m <sup>3</sup> /h)	A	RPM	F	H	G	Potencia (KW)	VAN
10	0.8	4.61	5.80	96	60	2	0.60	2	1.0	2694.5
15	0.8	3.09	7.05	96	60	2	0.48	2	0.8	2337.9
20	0.8	2.34	9.49	114	60	2	0.48	2	0.8	2228.0
<b>25</b>	<b>0.8</b>	<b>1.89</b>	<b>12.43</b>	<b>114</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>0.49</b>	<b>2</b>	<b>0.8</b>	<b>2196.8</b>
30	0.8	1.60	17.40	171	60	2	0.59	2	1.0	2311.3
35	0.8	1.39	23.73	255	60	2	0.71	2	1.2	2668.4

*Tabla A1-4: Análisis del sistema para una elevación (Y) de 0.7 m.*

Inclinación (°)	Altura (m)	Longitud (m)	C corr (m <sup>3</sup> /h)	A	RPM	F	H	G	Potencia (KW)	VAN
10	0.7	4.03	5.80	96	60	2	0.53	2	0.9	2540.5

15	0.7	2.70	7.05	96	60	2	0.42	2	0.7	2216.3
20	0.7	2.05	9.49	114	60	2	0.42	2	0.7	2111.6
<b>25</b>	<b>0.7</b>	<b>1.66</b>	<b>12.43</b>	<b>114</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>0.43</b>	<b>2</b>	<b>0.7</b>	<b>2078.6</b>
30	0.7	1.40	17.40	171	60	2	0.52	2	0.9	2173.4
35	0.7	1.22	23.73	255	60	2	0.62	2	1.0	2305.5

**Tablas de resultados para seleccionar la alternativa de transporte de tierra por medio de bandas transportadoras.**

*Tabla A1-5: Análisis del sistema para una elevación (Y) de un metro*

$\alpha$	Y	X	L	N°P	N°PR	P <sub>BV</sub>	P <sub>MC</sub>	P <sub>EC</sub>	PT	CAE	Io	A	VAI	VAN
	(m)	(ft)	(ft)	4 ft	10 tf	(hp)	(hp)	(hp)	(hp)	(\$/año)	\$	\$	\$	\$
<b>10</b>	<b>1</b>	<b>18,60</b>	<b>10,28</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0,60</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>156</b>	<b>1598</b>	<b>256</b>	<b>1287</b>	<b>2885</b>
15	1	12,24	15,47	4	2	0,60	0,1	0,3	<b>1,0</b>	157	1944	257	1289	<b>3233</b>
20	1	9,01	20,94	5	2	0,65	0,1	0,3	<b>1,0</b>	165	2197	265	1330	<b>3528</b>
23	1	7,73	24,39	6	2	0,65	0,1	0,3	<b>1,0</b>	165	2394	265	1332	<b>3726</b>

*Tabla A1-6: Análisis del sistema para una elevación (Y) de 0.9 metros*

$\alpha$	Y	X	L	N°P	N°PR	P <sub>BV</sub>	P <sub>MC</sub>	P <sub>EC</sub>	PT	CAE	Io	A	VAI	VAN
	(m)	(ft)	(ft)	4 ft	10 tf	(hp)	(hp)	(hp)	(hp)	(\$/año)	\$	\$	\$	\$
<b>10</b>	<b>0,9</b>	<b>16,74</b>	<b>10,25</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0,60</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>151</b>	<b>1597</b>	<b>251</b>	<b>1261</b>	<b>2858</b>
15	0,9	11,02	15,45	4	2	0,60	0,1	0,3	<b>1,0</b>	152	1943	252	1263	<b>3206</b>
20	0,9	8,11	20,92	5	2	0,65	0,1	0,3	<b>1,0</b>	160	2197	260	1304	<b>3501</b>
23	0,9	6,95	24,38	6	2	0,65	0,1	0,3	<b>1,0</b>	160	2394	260	1306	<b>3700</b>

*Tabla A1-7: Análisis del sistema para una elevación (Y) de 0.8 metros*

$\alpha$	Y	X	L	N°P	N°PR	P <sub>BV</sub>	P <sub>MC</sub>	P <sub>EC</sub>	PT	CAE	Io	A	VAI	VAN
	(m)	(ft)	(ft)	4 ft	10 tf	(hp)	(hp)	(hp)	(hp)	(\$/año)	\$	\$	\$	\$
<b>10</b>	<b>0,8</b>	<b>14,88</b>	<b>10,22</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0,60</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,9</b>	<b>146</b>	<b>1597</b>	<b>246</b>	<b>1235</b>	<b>2831</b>
15	0,8	9,79	15,43	4	2	0,60	0,1	0,3	0,9	146	1943	246	1237	3180
20	0,8	7,21	20,91	5	2	0,65	0,1	0,3	1,0	155	2196	255	1279	3475
23	0,8	6,18	24,37	6	2	0,65	0,1	0,3	1,0	155	2393	255	1280	3673

*Tabla A1-8: Análisis del sistema para una elevación (Y) de 0.7 metros*

$\alpha$	Y	X	L	N°P	N°PR	P <sub>BV</sub>	P <sub>MC</sub>	P <sub>EC</sub>	PT	CAE	Io	A	VAI	VAN
	(m)	(ft)	(ft)	4 ft	10 tf	(hp)	(hp)	(hp)	(hp)	(\$/año)	\$	\$	\$	\$
<b>10</b>	<b>0,7</b>	<b>13,02</b>	<b>10,19</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0,60</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,9</b>	<b>141</b>	<b>1596</b>	<b>241</b>	<b>1209</b>	<b>2805</b>
15	0,7	8,57	15,41	4	2	0,60	0,1	0,2	0,9	141	1942	241	1211	3153
20	0,7	6,31	20,90	5	2	0,65	0,1	0,2	0,9	150	2196	250	1253	3449
23	0,7	5,41	24,36	6	2	0,65	0,1	0,2	1,0	150	2393	250	1254	3647

Para este análisis además se toman en cuenta los siguientes parámetros de diseño:

Ancho de la banda: 30 (in), Velocidad de la banda: 100 (ft/min)

## **ANEXO 2**

### **PARÁMETROS DE SELECCIÓN PARA BANDAS TRANSPORTADORAS**

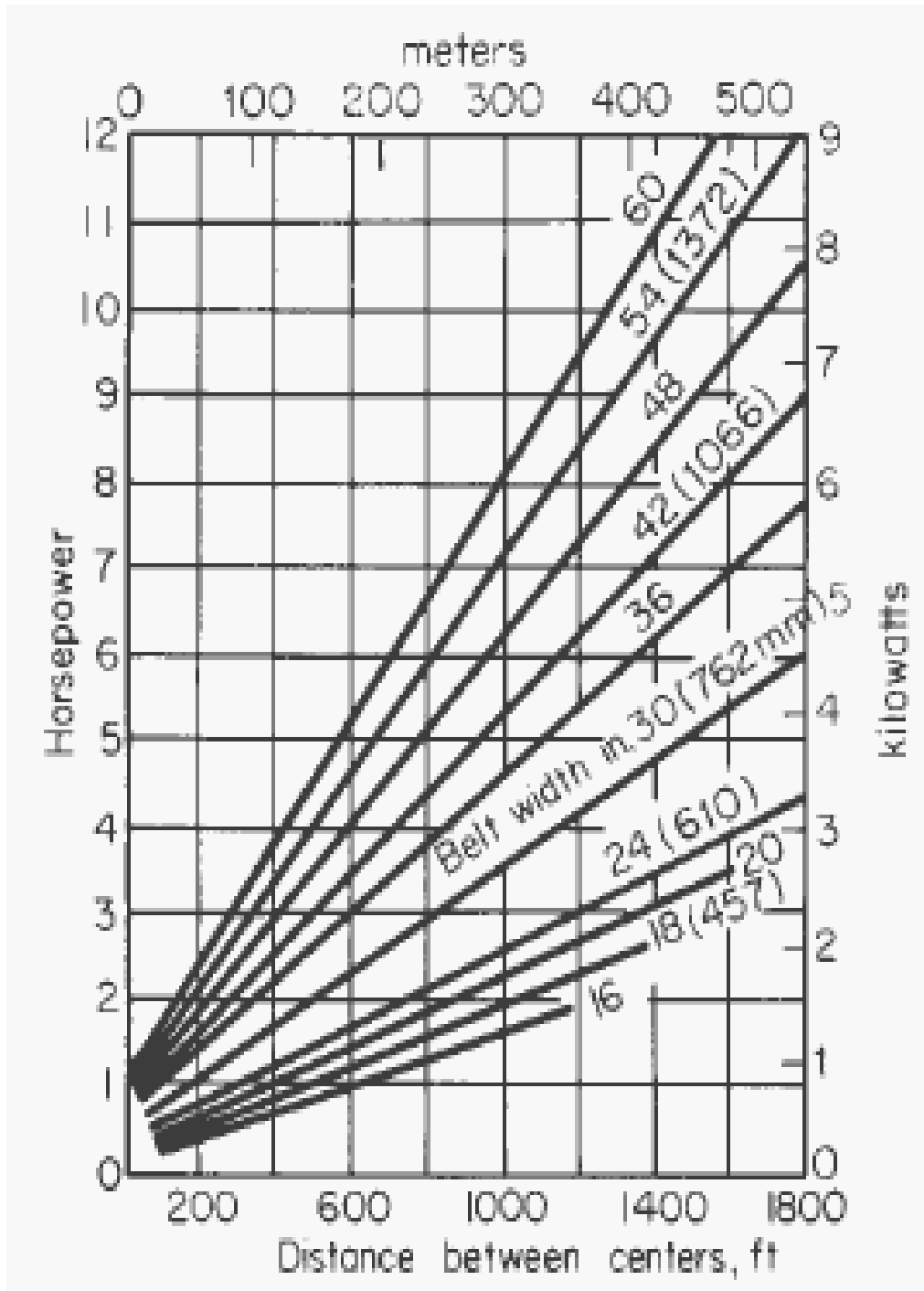


Figura A2-1: Potencia requerida para mover la banda vacía del transportador a 100 pies/min (0.15m/s)



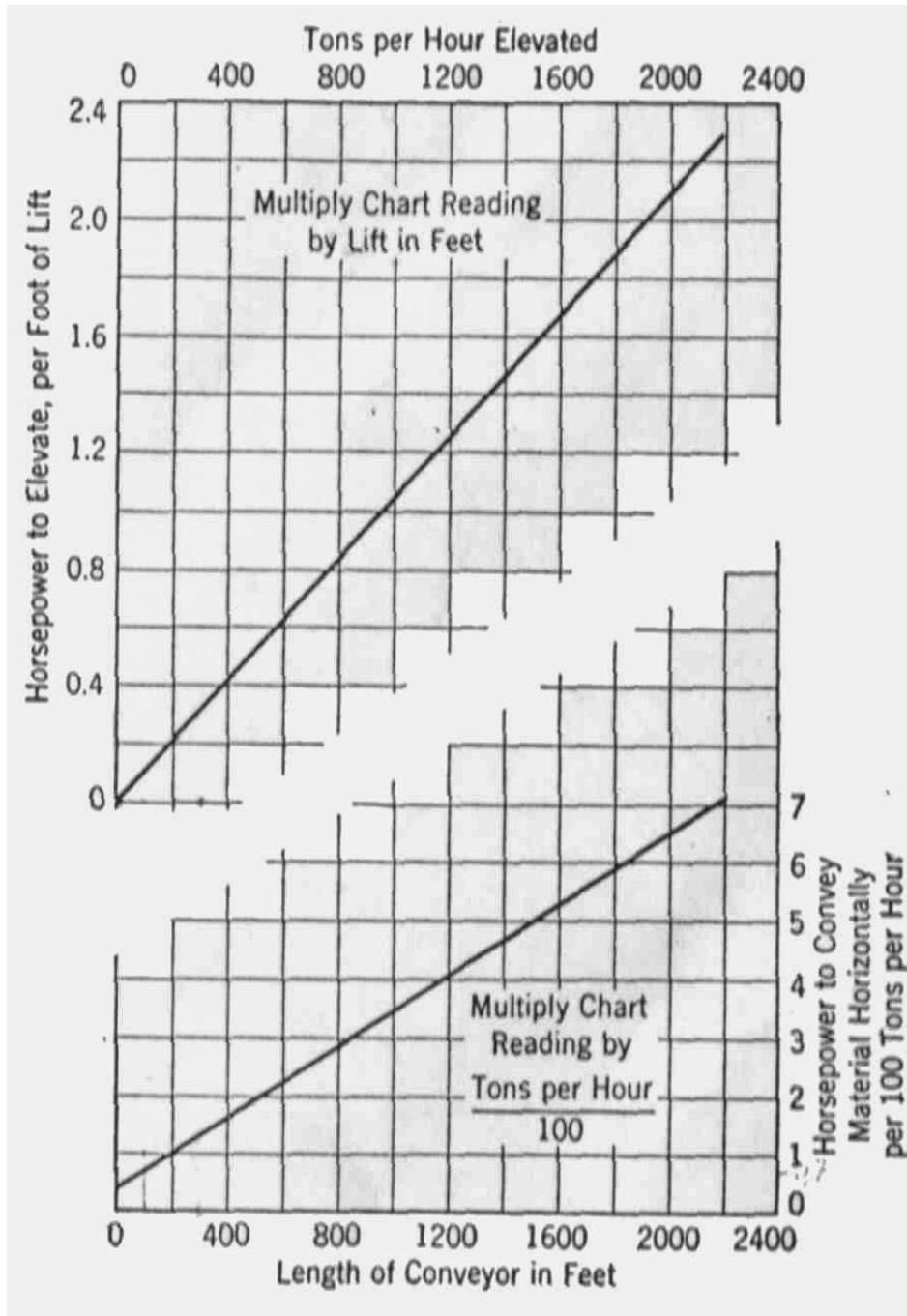


Figura A2-2. Figura superior, Potencia para elevar el material; Figura inferior, Potencia para mover la carga horizontalmente

Tabla A2-1. *Inclinación máxima (grados) de la banda para distintos materiales*

<b>Material</b>	<b>Grados</b>
Coal: Anthracite, sized; mined, 50 mesh and under; or mined and sized	16
Coal, bituminous mined, run of mined	18
Coal, bituminous stripping, not cleaned; or lignite	22
Earth, as excavated, dry	20
Earth, wet, containing clay	23
Gravel, bank run	20
Gravel, dry, sharp	15-17
Gravel, pebbles	12
Grain, distillery, spent, dry	15
Sand, bank, damp	20-22
Sand, bank, dry	16-18
Wood Chips	27

Tabla A2-2 : Ancho y velocidad de distintos tipos de banda

(These are average duties in daily runs, not the possible maximum loads. With a feeder giving continuous full loading the capacities may be exceeded. For grains the capacities will be approximately 85 per cent of the listed capacities.)

Width of Belt, inches	Tons (2000 lb.) of Material per Hour at 100 Ft. per Min. Belt Speed						
	Weight of Material, pounds per cubic foot						
	30	40	50	75	100	125	150
12	7	10	12	18	24	30	36
14	10	14	17	25	34	42	51
16	13	18	22	33	44	55	66
18	17	22	28	42	56	70	84
20	20	27	34	51	68	85	102
24	30	40	50	75	100	125	150
30	47	63	79	118	158	198	237
36	69	91	114	171	228	285	342
42	97	130	162	243	324	405	486
48	130	172	215	322	430	538	645
54	162	215	270	405	540	675	810
60	207	275	345	517	690	862	1035

Tonnage capacity proportional to speed; e.g., at 200 ft. per min., tons per hour = twice table values.

#### MAXIMUM BELT SPEEDS

Width of Belt, inches	Light or Free-Flowing Materials such as Grain, Dry Sand	Moderately Free-Flowing or Sized Materials such as Sand and Gravel, Fine Stone and Coal	Lump and Moderately Heavy or Abrasive Materials such as Run-of-Mine Soft Coal, Coarse Stone, Crushed Ore	Heavy, Sharp, or very Abrasive Materials such as Run-of-Mine Hard Coal, Hard Ore, Coke
12, 14	400	250	...	...
16, 18	500	300	250	...
20, 24	600	400	350	250
30, 36	750	500	400	300
42, 60	850	550	450	350

NOTE: The above recommendations are subject to practical allowances for methods of loading, angle of incline, auxiliary equipment, etc. In special cases where the material is loaded in the direction of belt travel, inclines are small, and discharge is over end, these figures may be substantially exceeded. On the other hand, where inclines are great or where material is subject to breakage (as coke or coal) it may be desirable to establish lower speeds. In general, wide belts can be operated at higher speeds because the material rides better, does not shift as much, and, as a result, causes less wear.

Tabla A2-3: Anchos de cinta mínimos por tamaño del material y espaciamiento de las poleas

HUDSON, Wilbur; Conveyors and Related Equipment; 3<sup>era</sup> Edición; New York; 1954

Belt Width Inches	35-Lb. Material			50-Lb. Material			75-Lb. Material			100-Lb. Material			150-Lb. Material			
	Idler Spacing	Sized, inches	Un-sized inches	Idler Spacing	Sized, inches	Un-sized inches	Idler Spacing	Sized, inches	Un-sized inches	Idler Spacing	Sized, inches	Un-sized inches	Idler Spacing	Sized, inches	Un-sized inches	Return Idlers feet
14	5' 6"	2	3	5' 6"	2	3	5' 0"	2	3	5' 0"	2	3	4' 6"	2	3	10
16	5' 6"	2½	4	5' 6"	2½	4	5' 0"	2½	4	5' 2½"	2½	4	4' 6"	2½	4	10
18	5' 6"	3	5	5' 6"	3	5	5' 0"	3	5	5' 0"	3	5	4' 6"	3	5	10
24	5' 6"	4½	8	5' 0"	4½	8	4' 6"	4½	8	4' 6"	4½	8	4' 0"	4½	8	10
30	5' 0"	7	12	4' 6"	7	12	4' 0"	7	12	4' 0"	7	12	3' 6"	7	12	10
36	5' 0"	8	14	5' 6"	8	14	4' 0"	8	14	4' 0"	8	14	3' 6"	8	14	10
42	4' 6"	10	20	4' 6"	10	20	4' 0"	10	17	4' 0"	10	16	3' 6"	10	15	9
48	4' 6"	12	24	4' 0"	10	20	3' 6"	10	17	3' 6"	10	16	3' 6"	10	16	9
60	4' 0"	12	28	4' 0"	12	28	4' 0"	12	28	4' 0"	12	28	4' 0"	12	28	9

<sup>1</sup>Link-Belt Company.

The carrying idler spacings in Table 4 relate to industrial installations with operating tensions usually below 60 lb. per inch of belt width.

For graduated spacings in high tension belts, see page 267.

*Tabla A2-4 Tipos preferidos de transportadores y elevadores para materiales a granel y empacados*

Material	Condición física	Peso promedio por volumen (kg/m <sup>3</sup> )	Reacción sobre El transportador	Transportadores Preferidos	Comentario
Algodón	Granulada	560-640	A veces se pega	a, b, c, d, e	
Almidón	Pulverizado	480-640		a, b, c, d	Polvo explosivo
Alumbre	Granulado	960-1040	Abrasivo	a, b, c, e	
Aluminio, oxido	Pulverizado	960	Abrasivo	a, e	
Amonio, nitrato	Húmedo	1040 +	Se adhiere	c, e	Pegajoso
Amonio, Nitrato	Pulverizado	900	Higroscópico	b, c, e	Explosivo
Arcillas	Pulverizada	560-960	Se adhiere	a, b, c, e	Difícil de correr
Arena: húmeda	Granulada	1440-1760	Pegajosa	a, e, f	
seca	Granulada	1440-1760	Abrasiva	a, e, f	
Azucar: Refinada	Granulada	800-880		a, b, c, e	Manejar con cuidado
Sin refinar	Granulada	880-1040	Pegajosa	a, b, c, e	
Azufre	Pulverizado	880	Corrosivo	a, b, c, e	Peligro de explosión
Borax	Pulverizado	800-1120	Abrasivo	a, b, c, d, e	
Café en grano	Granular	640-720		a, c, e	Frágil
Cal	Granular	880-1280		a, b, c, e	
Caliza en polvo	Pulverizada	1360-1520	Abrasiva	a, b, e	
Carbón: antracita	Terrones	860-880		a, b, c, e	
Bituminoso menudo	Granular	800-960		a, b, c, d, e	
Bituminoso trosos	Terrones	800-960		a, b, e	
Tamaño de vapor	Granular	800-960		a, b, c, d, e	
Caucho, desperdicio	Fibroso	800	Difícil de correr	a, b, e	Difícil

Cemento, seco	Pulverizado	1440-1890		a, c, d, e	Forma bolas	
Cenizas:		700-800	Abrasiva	f	Corrosivas	
Marks, "Manual del Ingeniero Mecánico", 8 <sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II					d, f	Polvorientas
Ceniza volátil	Pulverizada	560-720	Abrasiva suave	a, b, c, d, e	Corre libre	
Cola	Granular	720		a, c, e	Conservarla fría	
Madera triturada	Fibroso	240-480	Puede pegarse	a, b, d, e		
Copra, molida	Pulverizada	640	Abrasiva	a, b, c, e	Pegajosa	
Coque de petróleo	Terrones	670	Abrasiva suave	a, b, c, e		
Corcho, molido	Pulverizado	80-240		a, b, c, d, e	Difícil de corroer	
Creta	Pulverizada	1120-1200		a, b, c, d, e	Difícil de corroer	
Cuarzo, molido	Pulverizado	1760	Muy abrasivo	a, b, c, d		
Fosfato, ácido	Húmedo	1440	Se adhiere	a, e		
Grafito (harina)	Pulverizado	640	Lubricante	a, b, c, d, e		
Granos cervecedores	Granular	880	Corrosiva	c, e		
Grava	Granular	1520-2160	Abrasiva	a, e, f		
Hollín	Pulverizada	1600	Abrasiva	b, c, d, e, f		
Hueso, harina	Pulverizada	880-960		a, b, c, d, e		
Jabón, en escamas	Granular	160-320	Frágil	a, c, e	Pegajoso	
Linaza	Granular	720	Corteza abrasiva	a, b, c, d, e	Corre libre	
Lodos de drenaje	Pulverizado	960	Pegajoso	a, b, e, f	Abrasivos	
Madera, virutas	Granular	290-320	Puede combarse	a, c, d, e	Corrosivo	
Maíz, desgranado	Granular	720	Corteza abrasiva	a, c, e		
Malta	Seca	720	Pegajosa	a, b, c, d, e		
Mica, pulverizada	Pulverizada	320-480	Corre libre	a, b, c, d, e	Polvorienta	
Minerales pesados	En trozos	600 +		a, b, f	Tenaces	
Molibdeno	Pulverizado	1760	Abrasivo	a, b, d	Pegajoso	

Negro de humo	Granular	640		a, e	Frágiles	
Plomo, sales de	Pulverizado	960-2400	Difícil de correr	a, b, c, e	Venenosas	
Marks, "Manual del Ingeniero Mecánico", 8 <sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II					c, d, e	Difíciles
Pómez	Pulverizado	720	Abrasiva suave	a, b, c, d, e	Pule superficies	
Sal: Gruesa	Granular	800	Higroscópica	a, b, c, e	Corrosiva si está humedo	
Panes	Pulverizada	1200-1520	Corre libre	a, b, c, d, e		
Salvado (afrecho)	Granular	260-320		a, b, c, d, e	A veces pegajoso	
Aserrín	Granular	240-320		a, b, c, d, e		
Sílice, harina de	Pulverizada	1280	Difícil de corre	a, d, e	Abrasiva	
Sosa: ligera	Pulverizada	400-560	Corre libre	a, b, c, d, e	Cáustica	
pesada	Pulverizada	880-1040	Corre libre	a, b, c, d, e	Cáustica	
Soya, harina de	Pulverizada	480	Pegajosa	a, b, c, e	Polvo explosivo	
Tabaco en rama	Fibroso	400	Difícil de correr	a, b, d, e		
Trigo	Granular	770	Corre libre	a, c, d, e	Mantenerlo limpio	
Vidrio, mixtura	Granular	1280 +	Abrasivo	a, b, e		
Vidrio, machacado	Granular	1280-1600	Abrasivo	a, b, e	Corrosivo	
Yeso	Pulverizado	960		a, b, c, e		
Zinc, óxido de	Pulverizado	320-560	Forma bolas	a, b, c, d, e		
Zinc, sulfato de	Pulverizado	1120	Forma bolas	a, b, c, d, e		
Malta	Seca	720	Pegajosa	a, b, c, d, e		
Mica, pulverizada	Pulverizada	320-480	Corre libre	a, b, c, d, e	Polvorienta	
Minerales pesados	En trozos	600 +		a, b, f	Tenaces	
Molibdeno	Pulverizado	1760	Abrasivo	a, b, d	Pegajoso	
Negro de humo	Granular	640		a, e	Frágiles	
Plomo, sales de	Pulverizado	960-2400	Difícil de correr	a, b, c, e	Venenosas	
Polvos metálicos	Pulverizado	800-1600	Abrasiva	a, b, c, d, e	Difíciles	

Pómez	Pulverizado	720	Abrasiva suave	a, b, c, d, e	Pule superficies
Sal: Gruesa	Granular	800	Higroscópica	a, b, c, e	Corrosiva si está humedo
Fuente :Marks, "Manual del Ingeniero Mecánico", 8 <sup>va</sup> edición, 1984, Volumen II					A veces pegajoso
Sílice, harina de	Pulverizada	1280	Difícil de corre	a, d, e	Abrasiva
Sosa: ligera pesada	Pulverizada Pulverizada	400-560 880-1040	Corre libre Corre libre	a, b, c, d, e a, b, c, d, e	Cáustica Cáustica
Soya, harina de	Pulverizada	480	Pegajosa	a, b, c, e	Polvo explosivo
Tabaco en rama	Fibroso	400	Difícil de correr	a, b, d, e	
Trigo	Granular	770	Corre libre	a, c, d, e	Mantenerlo limpio
Vidrio, mixtura	Granular	1280 +	Abrasivo	a, b, e	
Vidrio, machacado	Granular	1280-1600	Abrasivo	a, b, e	Corrosivo
Yeso	Pulverizado	960		a, b, c, e	
Zinc, óxido de	Pulverizado	320-560	Forma bolas	a, b, c, d, e	
Zinc, sulfato de	Pulverizado	1120	Forma bolas	a, b, c, d, e	

+ : = o mayor

\* : explicación de las letras simbólicas:

a = banda; b = paletas; c = circulación continua; d = neumático; e = sin fin; f = cadenas de arrastre



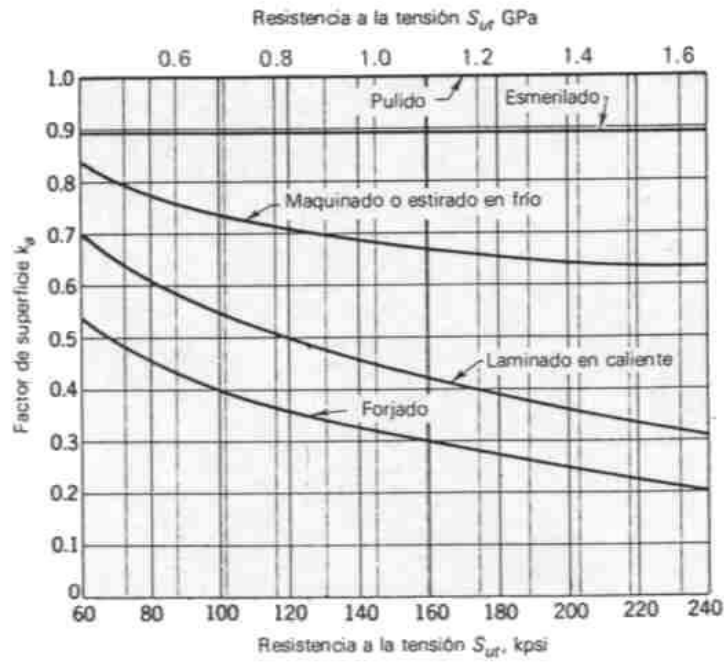


Figura A2-2: Factores que modifican el acabado superficial para el acero.

Tabla A2-5 Factores de confiabilidad  $k_c$ , correspondientes a una desviación estándar de 8% de límite de fatiga

Confiabilidad $R$	Factor de confiabilidad $k_c$
0.50	1.000
0.90	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

## **ANEXO 3**

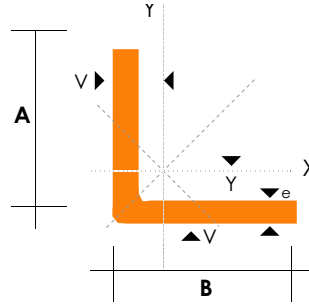
### **CATALOGOS DE ACERO “DIPAC “**



## PERFILES ESTRUCTURALES ANGULOS "L" DOBLADO

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	INEN 1 623: 2000
<b>Otras calidades</b>	Previa consulta
<b>Largo normal</b>	6,00 m
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Espesores</b>	Desde 1,5 hasta 12 mm
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X = EJE Y-Y					
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	1.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38

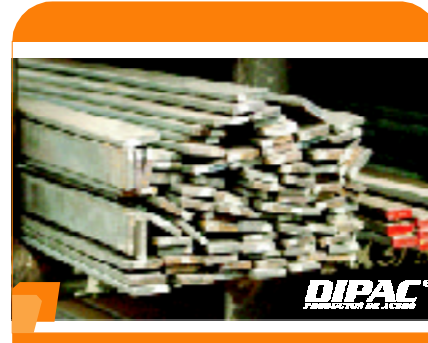
También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.



## PERFILES LAMINADOS PLATINAS

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A 36 SAE 1008
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6,00 m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00

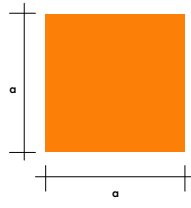


**Especificaciones Generales**

**PERFILES LAMINADOS**

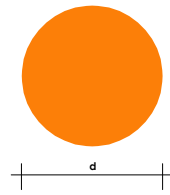
<b>Calidad</b>	ASTM A 36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6,00 m.
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta

**VARILLA CUADRADA LISA**



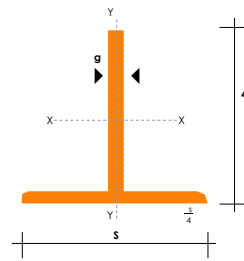
DENOMINACION	LADO		PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm2	
VCU 5/16	8.0	0.57	3.41	0.72	
VCU 3/8	9.0	0.64	3.83	0.81	
VCU 1/2	11.0	0.95	5.70	1.21	
VCU 5/8	15.0	1.77	10.60	2.25	
VCU 3/4	18.0	2.54	15.26	3.24	
VCU 24.5	24.5	4.72	28.30	6.00	

**VARILLA REDONDA LISA**



DENOMINACION	DIAMETRO		PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm2	
VRL 5,5	5.5	0.34	2.04	0.43	
VRL 8	8.0	0.50	2.96	0.63	
VRL 10	10.0	0.62	3.70	0.79	
VRL 12	12.0	0.89	5.33	1.13	
VRL 15	15.0	1.39	8.32	1.77	
VRL 18	18.0	2.00	11.98	2.55	
VRL 22	22.0	2.98	17.90	3.80	
VRL 24,5	24.0	3.70	22.20	4.71	

**TEES**



DENOMINACION	DIMENSIONES			PESO		AREA
	mm			kg/m	kg/6m	cm2
	a	b	e			
TEE 20X3	20	20	3	0.90	5.40	1.15
TEE 25X3	25	25	3	1.19	7.14	1.52
TEE 30X3	30	30	3	1.41	8.48	1.80



**PLANCHAS  
PL**



REDUCCION DE FRACCIONES DE PULGADAS A MILIMETROS					
PULGADAS	MILIMETROS	PULGADAS	MILIMETROS	PULGADAS	MILIMETROS
1/128	= 0.20	25/64	= 9.92	27/32	= 21.43
1/64	= 0.40	13/32	= 10.32	55/64	= 21.83
3/128	= 0.60	27/64	= 10.72	7/8	= 22.23
1/40	= 0.64	7/16	= 11.11	57/64	= 22.62
1/32	= 0.79	29/64	= 11.51	29/32	= 23.02
1/25	= 1.02	15/32	= 11.91	59/64	= 23.42
3/64	= 1.19	31/64	= 12.30	15/16	= 23.81
1/20	= 1.27	1/2	= 12.70	61/64	= 24.21
1/16	= 1.59	33/64	= 13.10	61/32	= 24.61
5/64	= 1.98	17/32	= 13.49	63/64	= 25.00
3/32	= 2.38	35/64	= 13.89	1	= 25.40
7/64	= 2.78	9/16	= 14.29	11/10	= 27.00
1/8	= 3.18	37/64	= 14.68	11/8	= 28.60
9/64	= 3.57	19/32	= 15.08	18/16	= 30.20
5/32	= 3.97	39/64	= 15.48	11/4	= 31.70
11/64	= 4.37	5/8	= 15.88	15/16	= 33.30
3/16	= 4.76	41/64	= 16.27	13/8	= 34.90
13/64	= 5.16	21/32	= 16.67	17/16	= 36.50
7/32	= 5.56	46/64	= 17.07	11/2	= 38.10
15/64	= 5.95	11/16	= 17.46	19/10	= 39.70
1/4	= 6.35	45/64	= 17.86	15/8	= 41.30
17/64	= 6.75	23/32	= 18.26	111/16	= 42.90
9/32	= 7.14	47/64	= 18.65	13/4	= 44.40
19/64	= 7.54	3/4	= 19.05	113/16	= 46.00
5/16	= 7.94	49/64	= 19.45	17/8	= 47.60
21/64	= 8.33	25/32	= 19.84	115/16	= 49.20
11/32	= 8.73	51/64	= 20.24	2	= 50.80
23/64	= 9.13	13/16	= 20.64		
3/8	= 9.53	53/64	= 21.03		

DIMENSIONES EN (mm)			PESOS
ANCHO	LARGO	ESPESOR	KG
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1800	2440	5	172.39
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1800	2440	6	206.86
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	229.85
1800	2440	8	275.82
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1800	2440	10	344.77
1220	6000	12	689.54

**METODO PRACTICO PARA CALCULAR PESO DE LAS PLANCHAS DE ACERO**

**NOMENCLATURA**

- L = Largo (mm)
- A = Ancho (mm)
- E = Espesor (mm)
- Peso = Kgs.

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7,85}{1,000.00}$$

Ejemplo:  $(L=1220\text{mm} \times A=2440\text{mm} \times E=1,0\text{mm}) \times 7,85 = 23.368\text{ Kg}$

## PLANCHAS GALVANIZADAS

### Especificaciones Generales

<b>Acero base</b>	Calidad Comercial o según tabla de Laminado al Frío
<b>Norma</b>	ASTM A 653 (Norma de recubrimiento)
<b>Espesores</b>	0,30 a 2,90
<b>Rollos</b>	X 1219 y flejes
<b>Planchas</b>	4 X 8 y medidas especiales
<b>Flor</b>	Regular Mínima Zero



RECUBRIMIENTO	(TOTAL AMBAS CARAS)		
	TIPO	oz / pie <sup>2</sup>	gr / m <sup>2</sup>
	G-40	40	120
	G-60	60	180
	G-90	90	270

PRODUCTO/MERCADO	COMERCIAL, CONSTRUCCION Y EDIFICIOS	INDUSTRIAL	LINEA BLANCA	AUTOMOTRIZ
Lámina Galvanizada	Techos y paredes, perfilería y tubería en general, polines, soportes de cielo falso, ductos de aire, silos para almacenar granos, accesorios para construcción, cortinas metálicas, señalizaciones de carretera, estructuras, techos y soportes de establecimientos.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, bisagras, recipientes, cajas eléctricas, pizarrones electrónicos, motores, laines, etc.	Respaldo de refrigeradores, estufas y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquineros y accesorios de fijación y otras partes no expuestas,	Moflers, uniones, soportes, pisos, carter, guantera, portaestéreos, cinchos y otras partes no expuestas, etc.



## PLANCHAS INOXIDABLES

### Especificaciones Generales

**Norma** 304, 316, 430  
**Espesores** Desde 0,40mm hasta 15,00mm  
**Rollos** X 1220  
**Planchas** 4 x 8  
 Largos y calidades especiales bajo pedido

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenite	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
Ferrite	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensite	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

JIS\* Japanese Industrial Standards  
 AISI\*\* American Iron and Steel Institute  
 DIN\*\*\* Deutsche Industrie Normen



COMPOSICION QUIMICA %			PROPIEDADES MECANICAS							
Cr	Mo	Otros Elementos	Pruebas Mecánicas					Pruebas de Dureza		PRUEBA DE FLEXIBILIDAD 180° radio (t, mm)
			Resistencia Mecánica min Kg/mm2	psi	Punto de fluencia <sup>1</sup> min kg/mm2	psi	Elongación % min JIS Nº 13 (Muestra)	Escala Rockwell B max	Escala de dureza Vickers max	
16,00 ~ 18,00		M: N:	65	82.000	25	35.800	40	100	252	
17,00 ~ 19,00			60	85.500	25	35.800	40	95	218	
16,00 ~ 18,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
17,00 ~ 19,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00			49	69.500	18	25.500	40	90	200	
17,00 ~ 19,00			49	69.500	18	25.500	40	90	200	
22,00 ~ 24,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
24,00 ~ 26,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
16,00 ~ 18,00	2,00 ~ 3,00		53	75.800	21	30.000	40	90	200	
16,00 ~ 18,00	2,00 ~ 3,00		49	69.500	18	25.500	40	90	200	
17,00 ~ 19,00	1,20 ~ 2,75	Cu: 1,00 ~ 2,5	53	75.800	21	30.000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00	3,00 ~ 4,00		53	75.800	21	30.000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00	3,00 ~ 4,00		49	69.500	18	25.800	40	90	200	
17,00 ~ 19,00		Ti: 5 x C% min	53	75.800	21	30.000	40	90	200	
17,00 ~ 19,00		Nb + Ta: 10 x C% min	53	75.800	21	30.000	40	90	200	
11,50 ~ 16,00		Al: 0,10~0,30	42	60.000	18	25.500	20	88	200	t 8 0,5 t
14,00 ~ 16,00			46	65.800	21	30.000	22	88	200	1,0t
16,00 ~ 18,00			46	65.800	21	30.000	22	88	200	1,0t
16,00 ~ 18,00	0,75 ~ 1,25		46	65.800	21	30.000	22	88	200	1,0t
11,50 ~ 13,00				64.000	21	30.000	20	88	200	1,0t
11,50 ~ 13,5				64.000	21	30.000	20	88	200	1,0t
12,00 ~ 14,00				78.500	23	32.750	18	93	210	
16,00 ~ 18,00	0,75 max			85.500	25	35.800	15	97	230	
16,00 ~ 18,00		Al: 0,75 ~ 1,50	105	148.000	39	55.500	20	92	200	



**TUBERIA PARA VAPOR**  
**TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS**  
**CEDULA 40**

**Especificaciones Generales**

<b>Norma</b>	ASTM A 53 GR B para conducción de fluidos
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00 m.
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta

**Resistencia Mecánica**

<b>Resistencia a la tracción</b>	60000 psi ( 42,2 Kg F/mm2)
<b>Límite de elasticidad</b>	35000 psi ( 24,6 Kg F/mm2)
<b>Alargamiento</b>	0.5%



DIAMETRO NOMINAL	EXTERIOR		ESPESOR e	PRESION/PRUEBA			PESO kg/mt
	mm	pulg		pulg	kg/cm2	lb/pulg2	
				mm			
1/4"	13.70	0.54	2.24	0.08	49	700	0.63
3/8"	17.10	0.37	2.81	0.09	49	700	0.85
1/2"	21.30	0.84	2.77	0.10	49	700	1.27
3/4"	26.70	1.05	2.87	0.11	49	700	1.68
1"	33.40	1.31	3.38	0.13	49	700	2.50
1 1/4"	42.20	1.66	3.56	0.14	91	1300	3.38
1 1/2"	48.30	1.90	3.68	0.14	91	1300	4.05
2"	60.30	2.37	3.91	0.15	176	2500	5.44
2 1/2"	73.00	2.87	5.16	0.20	176	2500	8.62
3"	88.90	3.50	5.49	0.21	176	2500	11.29
4"	114.30	4.50	6.02	0.23	155	2210	16.07
5"	141.30	5.56	6.55	0.25	137	1950	21.78
6"	168.30	6.62	7.11	0.28	125	1780	28.26
8"	219.10	8.62	8.18	0.32	110	1570	42.53
10"	273.00	10.75	9.27	0.36	101	1430	60.29
12"	323.80	12.75	10.31	0.40	94	1340	79.65

Composición Química	Máximo porcentaje
Carbón	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azufre	0.06

**TUBERIA PARA VAPOR**  
**TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS**  
**CEDULA 80**

**Especificaciones Generales**

<b>Norma</b>	ASTM - A 53 Gr B para conducción de fluidos
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6,00 m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta



NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR e		PRESION/PRUEBA		PESO kg/m
	mm	pulg	mm	pulg	kg/cm2	lb/pulg2	
1/4"	13.70	0.54	3.02	0.11	60	850	0.80
3/8"	17.10	0.37	3.20	0.12	60	850	1.10
1/2"	21.30	0.84	3.73	0.14	60	850	1.62
3/4"	26.70	1.05	3.91	0.15	60	850	2.19
1"	33.40	1.31	4.55	0.17	60	850	3.23
1 1/4"	42.20	1.66	4.85	0.19	134	1900	4.47
1 1/2"	48.30	1.90	5.08	0.20	134	1900	5.41
2"	60.30	2.37	5.54	0.21	176	2500	7.48
2 1/2"	73.00	2.87	7.01	0.27	176	2500	11.41
3"	88.90	3.50	7.62	0.30	176	2500	15.27
4"	114.30	4.50	8.56	0.33	197	2800	22.31
6"	168.30	6.62	10.97	0.43	193	2740	42.56

Composición Química	Máximo porcentaje
Carbón	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azúfre	0.06

## TUBO MECANICO REDONDO

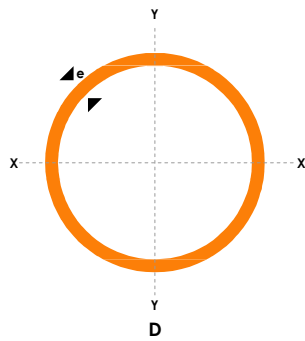
### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A 513
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo Normal</b>	6 mts
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>dimensiones</b>	Desde 1/2" a 2 1/2"
<b>Espesor</b>	Desde 0,6 mm a 1,5 mm



### NOMENCLATURA

<b>A=</b>	Area de la selección transversal del tubo, cm <sup>2</sup>
<b>I=</b>	Momento de inercia de la sección, cm <sup>4</sup>
<b>W=</b>	Módulo resistente de la sección, cm <sup>3</sup>
<b>i=</b>	Radio de giro de la sección cm



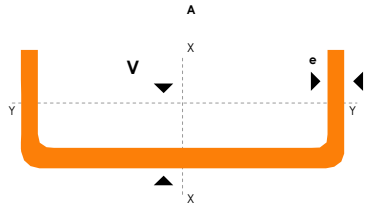
EXTERIOR (D)	ESPESOR		PESO		PROPIEDADES		
	Pulg	mm	e mm	P kg/6m	A cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>
1/2	12.70	0.60	1.14	0.23	0.04	0.07	0.43
		0.75	1.44	0.28	0.05	0.08	0.42
		0.95	1.86	0.35	0.06	0.09	0.41
		1.10	2.10	0.40	0.07	0.11	0.41
		1.50	2.82	0.53	0.08	0.13	0.39
5/8	15.88	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
22.22		0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
25.40		0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19



## PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U"

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	INEN 1 623: 2000
<b>Otras calidades</b>	Previa consulta
<b>Largo normal</b>	6mts
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Espesores</b>	Desde 1.5mm hasta 12mm
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm2	I	W	I	I	W	I	x
						cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28
100	50	2	18.24	3.04	3.87	61.50	12.30	3.99	9.72	2.66	1.58	1.34
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.60	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53
100	60	4	38.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.38	1.87	1.93
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.86	10.40	2.74	1.54	1.20
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.86	1.70
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.48	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.08	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54

**ANEXO 4**

**CATALOGOS DE ACERO "BOHLER"**

## ACEROS BOHLER

BOHLER	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	ASTM	AISI	DIN
CHRONIT	0,14	0,28	1,35	0,030	0,004		0,01			A517		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,20	0,30	1,42	0,036	0,010		0,001			A517		

\* Se puede comparar con estas normas

### EMPLEO:

Para elementos de movimiento de tierras, minerales, y materiales abrasivos como: dientes y palas de retroexcavadoras, volquetes, maquinaria pesada. Tolvas, trituradoras, prensas, blindajes de armas de mano, partes estructurales soldadas donde se requiere alta resistencia mecánica como puentes, torres, estructuras, acoples, ganchos, amarres, etc. También se utiliza en troquelería para placas base, porta matriz, porta insertos, placa porta punzón, placa guía, placa pisador, porta cuchillas y otros.

Marca	TRATAMIENTO TÉRMICO					
	Recocido	Temple	Recocido	Dureza	Entrega	Tracción/
BOHLER	°C	°C	°C	Optenible	de entrega	Torsión /
CHRONIT						(N/mm)
	720				Bonificado Tipo:	1.050
					HB: 320, 360, 400	1.250
						1.350

### MECANIZADO:

**Corte por oxiacetileno:** No presenta dificultades; hasta espesores de 25 se debe precalentar a 60 °C, para espesores mayores precalentar a 150 °C.

**Soldar:** Use procedimientos bajos en hidrógeno, los electrodos deben estar completamente secos. La plancha debe estar seca y libre de grasa o aceites. Precalentar a 150 – 205 °C, remover la escoria entre cada cordón de soldadura. Se recomienda utilizar electrodos UTP 6020 ó UTP 65.

**Conformado en caliente:** Temperatura máxima 300 °C por corto tiempo.

Línea de doblado                      Transversal                      Longitudinal

Radio de doblado mínimo                      x4                      x5

Luz entre doblados mínimo                      x10                      x5

Los valores son validos para ángulos de doblado de 90° y tiempo de deformación mayor a 2 segundos.

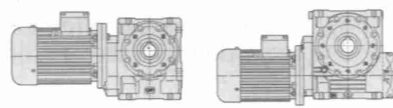
Esmerilado de los filis cortantes (con llama o cizalla) es recomendable para evitar rajaduras.



**ANEXO 5**

**CATALOGOS DE MOTORES**

9 - Programa de fabricación (motorreductores)  
 9 - Programme de fabrication (motorreductores)



$P_1$ kW	$n_2$ min <sup>-1</sup>	$P_2$ kW	$M_2$ daN m	$f_s$	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	$i$
1)					2)	
0,18	10	0,12	11	1,32	MR IV 50 - 63 B 4	3,5 x40
	11,1	0,12	10,1	0,9	MR IV 40 - 71 A 6	2,54x32
	11,1	0,12	10,3	1,7	MR IV 50 - 71 A 6	2,54x32
	12,3	0,13	10,3	0,95	MR 2IV 40 - 63 B 4	7,11x16
	12,5	0,12	9,1	1	MR IV 40 - 63 B 4	3,5 x32
	12,5	0,12	9,2	1,8	MR IV 50 - 63 B 4	3,5 x32
	14,2	0,12	8,3	1,18	MR IV 40 - 71 A 6	2,54x25
	14,3	0,11	7,2	0,71	MR V 40 - 71 A 6	63
	14,2	0,13	8,4	2,12	MR IV 50 - 71 A 6	2,54x25
	14,3	0,11	7,5	1,32	MR V 50 - 71 A 6	63
	16,9	0,12	6,8	0,71	MR IV 32 - 63 B 4	2,59x32
	16	0,12	7,4	1,25	MR IV 40 - 63 B 4	3,5 x25
	16	0,13	7,6	2,36	MR IV 50 - 63 B 4	3,5 x25
	17,7	0,13	6,8	1,5	MR IV 40 - 71 A 6	2,54x20
	18	0,12	6,2	1,06	MR V 40 - 71 A 6	50
	17,7	0,13	7	2,65	MR IV 50 - 71 A 6	2,54x20
	18	0,12	6,3	2	MR V 50 - 71 A 6	50
	20	0,13	6,1	1,6	MR IV 40 - 63 B 4	3,5 x20
	21,6	0,13	5,5	0,9	MR IV 32 - 63 B 4	2,59x25
	22,2	0,14	6	1,5	MR IV 40 - 71 A 6	2,54x16
	22,2	0,11	4,93	1	MR V 40 - 63 B 4	63
	22,5	0,12	5,2	1,4	MR V 40 - 71 A 6	40
	22,2	0,12	5,1	1,9	MR V 50 - 63 B 4	63
	25	0,14	5,3	1,7	MR IV 40 - 63 B 4	3,5 x16
	27	0,13	4,59	1,12	MR IV 32 - 63 B 4	2,59x20
	28	0,12	4,05	0,8	MR V 32 - 63 B 4	50
	28,1	0,12	4,24	1	MR V 32 - 71 A 6	32
	28	0,12	4,16	1,4	MR V 40 - 63 B 4	50
	28,1	0,13	4,33	1,8	MR V 40 - 71 A 6	32
	28	0,13	4,28	2,65	MR V 50 - 63 B 4	50
	33,8	0,14	3,98	1,18	MR IV 32 - 63 B 4	2,59x16
	35	0,12	3,4	1,06	MR V 32 - 63 B 4	40
	36	0,13	3,47	1,32	MR V 32 - 71 A 6	25
	35	0,13	3,48	1,9	MR V 40 - 63 B 4	40
	36	0,13	3,51	2,36	MR V 40 - 71 A 6	25
	43,8	0,13	2,84	1,32	MR V 32 - 63 B 4	4 32
	45	0,13	2,86	1,6	MR V 32 - 71 A 6	6 20
	43,8	0,13	2,9	2,5	MR V 40 - 63 B 4	4 32
	56	0,14	2,31	1,7	MR V 32 - 63 B 4	4 25
	56	0,14	2,34	3,15	MR V 40 - 63 B 4	4 25
	70	0,14	1,9	2,12	MR V 32 - 63 B 4	4 20
	87,5	0,15	1,61	2,24	MR V 32 - 63 B 4	4 16
	108	0,15	1,34	2,65	MR V 32 - 63 B 4	4 13
	140	0,15	1,05	3,15	MR V 32 - 63 B 4	4 10
	175	0,15	0,84	3,35	MR V 32 - 63 A 2	16
	200	0,16	0,76	3,75	MR V 32 - 63 B 4	7
	215	0,16	0,69	4	MR V 32 - 63 A 2	13
	280	0,16	0,54	4,75	MR V 32 - 63 A 2	10
0,25	1,49	0,14	90	0,67	MR 2IV 80 - 71 B 6	12,1 x50
	1,49	0,14	90	0,75	MR 2IV 81 - 71 B 6	12,1 x50
	1,86	0,15	77	0,9	MR 2IV 80 - 71 B 6	12,1 x40
	1,86	0,15	77	0,95	MR 2IV 81 - 71 B 6	12,1 x40
	2,32	0,15	60	0,95	MR 2IV 80 - 71 A 4	12,1 x50
	2,32	0,15	60	1,06	MR 2IV 81 - 71 A 4	12,1 x50
	2,33	0,16	64	1,12	MR 2IV 80 - 71 B 6	12,1 x32
	2,33	0,16	64	1,25	MR 2IV 81 - 71 B 6	12,1 x32
	2,98	0,16	51	0,8	MR 2IV 63 - 71 B 6	12,1 x25
	2,89	0,15	51	1,25	MR 2IV 80 - 71 A 4	12,1 x40
	2,89	0,15	51	1,4	MR 2IV 81 - 71 A 4	12,1 x40
	2,98	0,16	52	1,5	MR 2IV 80 - 71 B 6	12,1 x25
	2,98	0,16	52	1,6	MR 2IV 81 - 71 B 6	12,1 x25
	3,62	0,16	41	0,85	MR 2IV 63 - 71 A 4	12,1 x32
	3,62	0,16	41	0,9	MR 2IV 64 - 71 A 4	12,1 x32
	3,56	0,16	43,2	0,9	MR 2IV 63 - 71 B 6	10,1 x25
	3,62	0,16	41,9	1,6	MR 2IV 80 - 71 A 4	12,1 x32

$P_1$ kW	$n_2$ min <sup>-1</sup>	$P_2$ kW	$M_2$ daN m	$f_s$	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	$i$
1)					2)	
0,25	3,62	0,16	41,9	1,8	MR 2IV 81 - 71 A 4	12,1 x32
	3,56	0,16	44,1	1,7	MR 2IV 80 - 71 B 6	10,1 x25
	3,56	0,16	44,1	1,9	MR 2IV 81 - 71 B 6	10,1 x25
	3,76	0,14	35,8	0,71	MR IV 64 - 71 B 6	3,8 x63
	3,76	0,15	37,1	1,18	MR IV 80 - 71 B 6	3,8 x63
	3,76	0,15	37,1	1,32	MR IV 81 - 71 B 6	3,8 x63
	4,63	0,16	33,6	1,12	MR 2IV 63 - 71 A 4	12,1 x25
	4,63	0,16	33,6	1,18	MR 2IV 64 - 71 A 4	12,1 x25
	4,74	0,15	30,4	0,9	MR IV 63 - 71 B 6	3,8 x50
	4,74	0,15	30,4	1	MR IV 64 - 71 B 6	3,8 x50
	4,63	0,17	34,2	2,12	MR 2IV 80 - 71 A 4	12,1 x25
	4,63	0,17	34,2	2,36	MR 2IV 81 - 71 A 4	12,1 x25
	4,74	0,16	31,4	1,7	MR IV 80 - 71 B 6	3,8 x50
	4,74	0,16	31,4	1,9	MR IV 81 - 71 B 6	3,8 x50
	5,13	0,16	29,7	0,67	MR 2IV 50 - 63 C 4	10,9 x25
	5,69	0,16	27,6	0,75	MR 2IV 50 - 71 B 6	7,91 x20
	5,53	0,16	28,4	1,32	MR 2IV 63 - 71 A 4	10,1 x25
	5,53	0,16	28,4	1,4	MR 2IV 64 - 71 A 4	10,1 x25
	5,85	0,15	24,3	0,85	MR IV 63 - 71 A 4	3,8 x63
	5,85	0,15	24,3	0,95	MR IV 64 - 71 A 4	3,8 x63
	5,92	0,16	25,7	1,12	MR IV 63 - 71 B 6	3,8 x40
	5,92	0,16	25,7	1,25	MR IV 64 - 71 B 6	3,8 x40
	5,85	0,15	25	1,7	MR IV 80 - 71 A 4	3,8 x63
	5,85	0,15	25	1,9	MR IV 81 - 71 A 4	3,8 x63
	6,41	0,17	24,6	0,85	MR 2IV 50 - 63 C 4	10,9 x20
	7,08	0,16	21,9	0,9	MR 2IV 50 - 71 A 4	7,91 x25
	7,1	0,15	20,2	0,71	MR IV 50 - 71 B 6	2,54x50
	6,88	0,16	22,5	1,4	MR 2IV 63 - 71 A 4	6,36x32
	6,88	0,16	22,5	1,6	MR 2IV 64 - 71 A 4	6,36x32
	7,37	0,16	20,5	1,18	MR IV 63 - 71 A 4	3,8 x50
	7,37	0,16	20,5	1,4	MR IV 64 - 71 A 4	3,8 x50
	7,4	0,17	21,4	1,5	MR IV 63 - 71 B 6	3,8 x32
	7,4	0,17	21,4	1,7	MR IV 64 - 71 B 6	3,8 x32
	7,88	0,16	19,8	1	MR 2IV 50 - 63 C 4	7,11x25
	8	0,15	18,1	0,8	MR IV 50 - 63 C 4	3,5 x50
	8,85	0,17	18,1	1,12	MR 2IV 50 - 71 A 4	7,91x20
	8,87	0,16	17,1	0,9	MR IV 50 - 71 B 6	2,54x40
	9,21	0,17	17,2	1,6	MR IV 63 - 71 A 4	3,8 x40
	9,21	0,17	17,2	1,8	MR IV 64 - 71 A 4	3,8 x40
	9,85	0,17	16,4	1,25	MR 2IV 50 - 63 C 4	7,11x20
	10	0,16	15,3	1	MR IV 50 - 63 C 4	3,5 x40
	11,1	0,16	14	0,67	MR IV 40 - 71 B 6	2,54x32
	10,9	0,17	14,7	1,25	MR 2IV 50 - 71 A 4	5,15x25
	11	0,16	13,6	1	MR IV 50 - 71 A 4	2,54x50
	11,1	0,17	14,3	1,18	MR IV 50 - 71 B 6	2,54x32
	11,5	0,17	14,3	2	MR IV 63 - 71 A 4	3,8 x32
	12,5	0,16	12,6	0,75	MR IV 40 - 63 C 4	3,5 x32
	12,5	0,17	12,8	1,32	MR IV 50 - 63 C 4	3,5 x32
	13,8	0,16	11,1	0,71	MR IV 40 - 71 A 4	2,54x40
	14,2	0,17	11,5	0,85	MR IV 40 - 71 B 6	2,54x25
	13,6	0,17	12,2	1,6	MR 2IV 50 - 71 A 4	5,15x20
	13,8	0,17	11,5	1,25	MR IV 50 - 71 A 4	2,54x40
	14,2	0,17	11,7	1,5	MR IV 50 - 71 B 6	2,54x25
	14,3	0,16	10,4	0,95	MR V 50 - 71 B 6	63
	13,8	0,18	12,2	2,24	MR IV 63 - 71 A 4	3,18x32
	14,3	0,16	11	1,7	MR V 63 - 71 B 6	63
	14,3	0,16	11	1,9	MR V 64 - 71 B 6	63
	16	0,17	10,3	0,9	MR IV 40 - 63 C 4	3,5 x25
	17	0,19	10,6	1,7	MR 2IV 50 - 71 A 4	5,15x16
	16	0,18	10,5	1,7	MR IV 50 - 63 C 4	3,5 x25
	17,3	0,17	9,4	0,9	MR IV 40 - 71 A 4	2,54x32
	17,7	0,18	9,5	1,06	MR IV 40 - 71 B 6	2,54x20
	18	0,16	8,5	0,75	MR V 40 - 71 B 6	50
	17,3	0,17	9,6	1,7	MR IV 50 - 71 A 4	2,54x32
	17,7	0,18	9,7	1,9	MR IV 50 - 71 B 6	2,54x20
	18	0,17	8,8	1,4	MR V 50 - 71 B 6	50
	18	0,17	9,2	2,24	MR V 63 - 71 B 6	50
	20	0,18	8,5	1,18	MR IV 40 - 63 C 4	3,5 x20
	20	0,18	8,7	2,12	MR IV 50 - 63 C 4	3,5 x20

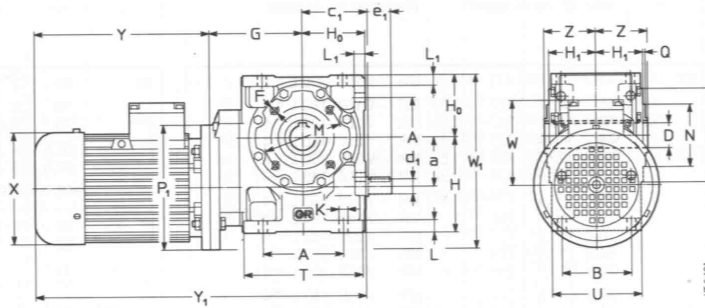
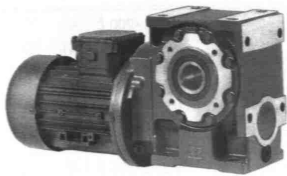
1) Potencias para servicio continuo S1; para servicios S2 ... S10 es posible aumentarias (cap. 2b); proporcionalmente  $P_2$ ,  $M_2$  aumentan y  $f_s$  disminuye.  
 2) Para la designación completa para el pedido, ver el cap. 3.

1) Puissance pour service continu S1; pour services S2 ... S10 il est possible de les augmenter (chap. 2b);  $P_2$ ,  $M_2$  augmentent et  $f_s$  diminue de façon proportionnelle.  
 2) Pour la désignation complète dans la commande, voir chap. 3.

10 - Ejecuciones, dimensiones, formas constructivas y cantidades de aceite

10 - Exécutions, dimensions, positions de montage et quantités d'huile

MR V 32 ... 81



Ejecución<sup>1)</sup>  
normal  
salida de sinfín

Exécution<sup>1)</sup>  
normale  
vis sortante

UO3A  
UO3D

Tamaño Grand. red. motor réd.	a	A	c <sub>1</sub>	D Ø H7	d <sub>1</sub> Ø	F	G	H	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	K	L	M	N	P	T	Z	P <sub>1</sub>	X	Y	Y <sub>1</sub>	W	W <sub>1</sub>	Masa Masse kg		
B5	B			e <sub>1</sub>	2)	M 5		h11	h11	h12	Ø	L <sub>1</sub>	Ø	Ø h6	Q	U		Ø	Ø	=	=	=	=	3)		
32	63 71 <sup>3)</sup> 71 B5R <sup>2)</sup>	32 61	51	19	11	M 5	76	71	48	34,5	7	10	75	55	90	91	39	140 160 140	122 140 140	185 211 225	229 — —	309 112 349	353 192 112	101 192 182	171 11 11	8 10
40	63 71 <sup>3)</sup> 80 <sup>3)</sup> 80 B5R <sup>2)</sup>	40 70 62	57,5	24	14 25	M 6 4)	87	82	56	41,5	9,5	12 10	85	68 5)	105 3	106 80	46	140 160 200 160	122 140 160 160	185 211 231 245	229 275 — —	328 354 — 388	372 418 122 —	101 112 222 122	171 192 222 202	11 14 18 18
50	63 71 80 90 <sup>3)</sup> 90 B5R <sup>2)</sup>	50 86 75	70,5	28	16 30	M 6 4)	98	100	67	49	9,5	13 12	100	85 5)	120 3	126 95	53 6)	140 160 200 200	122 140 160 180	185 211 231 270	229 275 307 —	350 376 396 —	394 440 472 —	101 112 122 149	187 197 222 249	14 21 22 28
63 64	71 80 90 100 <sup>3)</sup> 100 B5R <sup>2)</sup>	63 102 90	83	32	19 30	M 8	118	125	80	58,5	11,5	16 14	100	80	120 3	151 114	63	160 200 200 200	140 160 180 207	211 231 270 343	275 307 355 —	409 429 468 —	473 505 553 —	112 122 149 164	223 243 249 289	23 27 33 40
80 81	80 90 100 <sup>7)</sup> *112 <sup>7)</sup>	80 132 106	103	38 (80) 40 (81)	24 36	M 10	138	150	100	69,5	14	20 17	130	110	160 3,5	189 135	75	200 200 250 250	160 180 207 207	231 270 343 419	307 355 419 581	469 508 581 657	545 593 657 —	122 149 164 164	280 300 305 60	37 42 50 71

1) Para la ejecución del motor ver cap. 3  
2) Longitud útil de la rosca 2 · F.  
3) Valores válidos para motor freno.  
4) Taladros girados de 45° con respecto al esquema.  
5) Tolerancia IT8.  
6) Bajo pedido y con sobrepeso, cota P<sub>1</sub> = 160; consultarnos.  
7) Bajo pedido para 100L 4, 112M 4 también forma constructiva B5R (ver cap. 2b) excluido tam. 81.  
8) Motor freno no es posible.  
\* **IMPORTANTE**, en caso de motor freno y fijación pendular o formas constructivas V5, V6, es necesario consultarnos. Motor freno F0 112MC no es posible.

1) Pour l'exécution du moteur, voir chap. 3.  
2) Longueur utile du filetage 2 · F.  
3) Valeurs valables pour moteur frein.  
4) Trous tournés de 45° par rapport au schéma.  
5) Tolérance IT8.  
6) Sur demande et avec supplément de prix, cote P<sub>1</sub> = 160; nous consulter.  
7) Sur demande pour 100L 4, 112M 4 aussi position de montage B5R (chap. 2b) à l'exception de la grand. 81.  
8) Moteur frein impossible.  
\* **IMPORTANT**, en cas de moteur frein et fixation pendulaire ou positions de montage V5, V6, nous consulter. Moteur frein F0 112MC impossible.

Formas constructivas - sentido de rotación - y cantidades de aceite [ ]

Positions de montage - sens de rotation - et quantités d'huile [ ]

Tam. Grand.	B3	B6, B7	B8	V5, V6
32	0,16	0,2	0,16	0,16
40	0,26	0,35	0,26	0,26
50	0,4	0,6	0,4	0,4
63, 64	0,8	1,15	0,8	0,8
80, 81	1,3	2,2	1,7	1,3

Salvo indicaciones distintas, los motorreductores se entregan en la forma constructiva normal B3 (B3 y B8 para tam. ≤ 64) que, siendo la normal, no se debe indicar en la designación.

Sauf indications contraires, les motorreducteurs sont fournis selon la position de montage normale B3 (B3 et B8 pour grandeurs ≤ 64) qui, étant normale, ne doit pas figurer dans la désignation.



**ANEXO 6**

**CATALOGO DE PERNOS Y TORNILLOS**

**ANEXO 7**

**CATALOGO DE RODAMIENTOS "FAG"**

## Tipo construtivo do rolamento

Rolamentos de esferas

### Seleção do tipo construtivo

O programa de fornecimento da FAG compreende de uma grande variedade de tipos construtivos, dentre os quais o projetista pode escolher aquele que se mostre mais adequado ao campo de aplicação. Conforme o tipo dos corpos rolantes, os rolamentos se classificam em rolamentos de esferas e de rolos (Vide tabela).

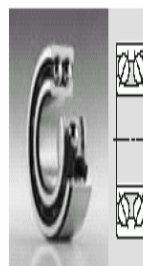
#### ▼ Rolamentos de esferas



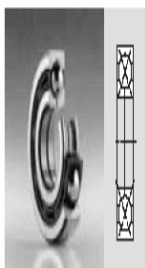
Rolamento fino de esferas de uma carreira



Rolamento de contato angular de esferas de uma carreira



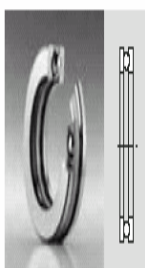
Rolamento de contato angular de esferas de duas carreiras



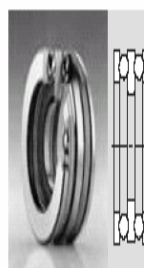
Rolamento de quatro pistas



Rolamento autocompensador de esferas



Rolamento axial de esferas escora simples



Rolamento axial de esferas de escora dupla



Rolamento axial de contato angular de esferas de escora dupla

## Tipo construtivo do rolamento

Rolamentos de rolos

#### ▼ Rolamentos de rolos



Rolamento de rolos cilíndricos de uma carreira



Rolamento de rolos cilíndricos de duas carreiras



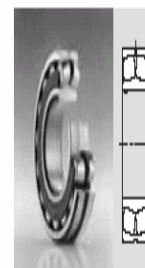
Rolamento de rolos cilíndricos de duas carreiras, sem gaiola



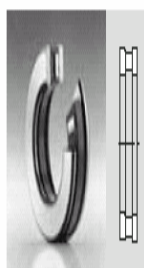
Rolamento de rolos cônicos



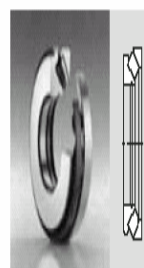
Rolamento de rolos esféricos



Rolamento autocompensador de rolos E



Rolamento axial de rolos cilíndricos



Rolamento axial autocompensadores de rolos

# Tipo construtivo dos rolamentos

Tabela: tipos construtivos e suas características

Topo construtivo	Características															
	Capacidade de carga radial	Capacidade de carga axial em ambas as direções dentro do rolamento	Compensação linear por ajuste livre	Rolamentos separáveis	Compensação de erros de alinhamento	Precisão elevada	Aptidão para alto número de rotações	Giro silencioso	Furo cônico	Vedação em um ou ambos os lados	elevada rigidez	reduzido atrito	Rolamento fixo	Rolamento livre		
fixo de esferas																
de contato angular de esferas																
de contato angular de esferas de duas carreiras																
para fusos																
de quatro pistas																
autocompensador de esferas																
de rolos cilíndricos NU, N																
NJ																
NUP, NJ + HJ																
NN																
NCF, NJ23VH																
NVC, NNF																

← rolamentos individuais e rolamentos na disposição em Tandem em uma direção. a) montagem aos pares b) sob reduzida carga axial na disposição em Tandem em uma direção c) aptidão reduzida na montagem aos pares d) também com buchas de fixação e desmontagem e) exclusivamente solicitação axial f) muito bom nas séries estreitas

# Tipo construtivo dos rolamentos

Tabela: tipos construtivos e suas características

Tipo construtivo	Características													
	Capacidade de carga radial	Capacidade de carga em ambas as direções dentro do rolamento	Compensação linear por ajuste livre	Rolamentos separáveis	Compensação de erros de alinhamento	Precisão elevada	Aptidão para alto número de rotações	Giro silencioso	Furo cônico	Vedação em um ou ambos os lados	elevada rigidez	reduzido atrito	Rolamento fixo	Rolamento livre
de rolos cônicos														
de rolos esféricos														
autocompensador de rolos														
axial fixo de esferas														
axial de contato angular de esferas														
axial de rolos cilíndricos														
axial autocompensador de rolos														
de fixação rápida														

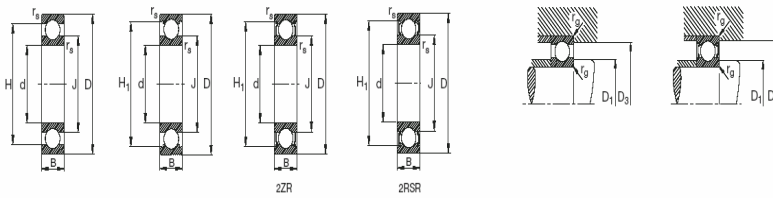
← rolamentos individuais e rolamentos na disposição em Tandem em uma direção

a) montagem aos pares

c) Aptidão reduzida na montagem aos pares d) também com buchas de fixação e de desmontagem

g) Os rolamentos de fixação rápida e os axiais de esferas com contra-placa compensam erros de alinhamento

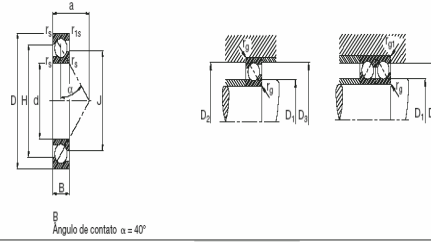




Eixo	Dimensão							Peso kg	Capacidade de carga din. C kN	est. C <sub>0</sub>	Limite de rotação rpm	Rotação de referência	Designação Rolamento FAG	Medida de montagem			
	d mm	D	B	r <sub>s</sub> min	H	H <sub>1</sub>	J							D <sub>1</sub> mm	D <sub>2</sub> mm	r <sub>a</sub> mm	
10	10	28	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,019	4,55	1,96	34000	32000	6000	12	24	0,3	
	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,019	4,55	1,96	34000	32000	S6200.W203B	12	24	0,3	
	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,02	4,55	1,96	26000	32000	6200.ZZR	12	24	0,3	
	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,02	4,55	1,96	19000		6200.ZRSR	12	24	0,3	
	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,02	4,55	1,96	19000		S6200.ZRSR.W203B	12	24	0,3	
	10	28	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,024	4,55	1,96	34000		16100	12	26	0,3	
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,031	6	2,6	32000	26000	6200	14,2	25,8	0,6	
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,031	6	2,6	32000	26000	S6200.W203B	14,2	25,8	0,6	
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,032	6	2,6	26000	26000	6200.ZZR	14,2	25,8	0,6	
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,032	6	2,6	17000		6200.ZRSR	14,2	25,8	0,6	
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,034	6	2,6	17000		S6200.ZRSR.W203B	14,2	25,8	0,6	
	10	30	14	0,6	23,9	24,9	16,6	0,046	6	2,6	17000		62200.ZRSR	14,2	25,8	0,6	
	10	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,055	8,15	3,45	56000	26000	6300	14,2	30,8	0,6	
	10	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,056	8,15	3,45	56000	26000	S6300.W203B	14,2	30,8	0,6	
	10	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,057	8,15	3,45	22000	26000	6300.ZZR	14,2	30,8	0,6	
	10	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,057	8,15	3,45	15000		6300.ZRSR	14,2	30,8	0,6	
	10	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,058	8,15	3,45	15000		S6300.ZRSR.W203B	14,2	30,8	0,6	
	12	12	28	8	0,3	23,5	24,4	16,6	0,02	5,1	2,36	32000	26000	6001	14	26	0,3
		12	28	8	0,3	23,5	24,4	16,6	0,021	5,1	2,36	32000	26000	S6001.W203B	14	26	0,3
		12	28	8	0,3	23,5	24,4	16,6	0,02	5,1	2,36	26000	26000	6001.ZZR	14	26	0,3
12		28	8	0,3	23,5	24,4	16,6	0,022	5,1	2,36	18000		6001.ZRSR	14	26	0,3	
12		28	8	0,3	23,5	24,4	16,6	0,023	5,1	2,36	18000		S6001.ZRSR.W203B	14	26	0,3	
12		30	8	0,3	23,5	24,4	16,6	0,026	5,1	2,36	32000		16101	14	28	0,3	
12		32	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,037	6,95	3,1	30000	26000	6201	16,2	27,8	0,6	
12		32	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,038	6,95	3,1	30000	26000	S6201.W203B	16,2	27,8	0,6	
12		32	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,039	6,95	3,1	24000	26000	6201.ZZR	16,2	27,8	0,6	
12		32	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,039	6,95	3,1	16000		6201.ZRSR	16,2	27,8	0,6	
12		32	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,04	6,95	3,1	16000		S6201.ZRSR.W203B	16,2	27,8	0,6	
12		32	14	0,6	25,8	27,4	18,3	0,052	6,95	3,1	16000		62201.ZRSR	16,2	27,8	0,6	
12		37	12	1	29,6	31,4	19,5	0,062	9,65	4,15	53000	24000	6301	17,6	31,4	1	
12		37	12	1	29,6	31,4	19,5	0,063	9,65	4,15	53000	24000	S6301.W203B	17,6	31,4	1	
12		37	12	1	29,6	31,4	19,5	0,064	9,65	4,15	20000	24000	6301.ZZR	17,6	31,4	1	
12		37	12	1	29,6	31,4	19,5	0,064	9,65	4,15	13000		6301.ZRSR	17,6	31,4	1	
12	37	12	1	29,6	31,4	19,5	0,065	9,65	4,15	13000		S6301.ZRSR.W203B	17,6	31,4	1		
15	15	32	8	0,3	26,9	28,4	20,4	0,027	5,6	2,85	30000	22000	16002	17	30	0,3	
	15	32	9	0,3	26,9	28,4	20,4	0,031	5,6	2,85	30000	24000	6002	17	30	0,3	
	15	32	9	0,3	26,9	28,4	20,4	0,029	5,6	2,85	30000	24000	S6002.W203B	17	30	0,3	
	15	32	9	0,3	26,9	28,4	20,4	0,033	5,6	2,85	24000	24000	6002.ZZR	17	30	0,3	
	15	32	9	0,3	26,9	28,4	20,4	0,033	5,6	2,85	16000		6002.ZRSR	17	30	0,3	
	15	32	9	0,3	26,9	28,4	20,4	0,031	5,6	2,85	16000		S6002.ZRSR.W203B	17	30	0,3	

Rolamentos FAG de contato angular de esferas de uma carreira

Os rolamentos podem atingir a durabilidade permanente, desde que  $C_d/P_r \approx 8$ , vide pág. 41.



B  
Ângulo de contato  $\alpha = 40^\circ$

Eixo	Dimensão						Peso $m$ kg	Capacidade de carga		Limite de rotação	Rotação de referência	Designação Rolamento FAG	Medida de montagem						
	d mm	D	B	$r_s$ mm	$r_s$ mm	a °		H mm	J mm				din C	est $C_0$	rpm	$D_1$ mm	$D_2$ mm	$D_3$ mm	$r_s$ mm
10	10	30	9	0,6	0,3	13	22,1	18,2	0,032	5	2,5	32000	26000	<b>7208.TVP</b>	14,2	25,8	27,6	0,6	0,3
	12	32	10	0,6	0,3	14	24,6	19,7	0,035	6,95	3,4	28000	26000	<b>7208.TVP</b>	16,2	27,8	29,6	0,6	0,3
12	12	37	12	1	0,6	16	27,2	22,3	0,06	10,6	5	24000	19000	<b>7308.TVP</b>	17,6	31,4	32,8	1	0,6
	15	35	11	0,6	0,3	16	27,6	22,7	0,044	8	4,3	24000	22000	<b>7208.TVP</b>	19,2	30,8	32,6	0,6	0,3
15	15	42	13	1	0,6	18	31,8	25,7	0,082	12,9	6,55	20000	17000	<b>7308.TVP</b>	20,6	36,4	37,8	1	0,6
	17	40	12	0,6	0,6	18	31,2	26,4	0,065	10	5,5	20000	20000	<b>7208.TVP</b>	21,2	35,8	35,8	0,6	0,6
17	17	47	14	1	0,6	20	35,8	28,7	0,109	16	8,3	18000	15000	<b>7308.TVP</b>	22,6	41,4	42,8	1	0,6
	20	47	14	1	0,6	21	36,6	30,6	0,104	13,4	7,65	18000	18000	<b>7208.TVP</b>	25,6	41,4	42,8	1	0,6
20	20	52	15	1,1	0,6	23	39,9	32,6	0,143	19	10,4	17000	13000	<b>7308.TVP</b>	27	45	47,8	1	0,6
	25	52	15	1	0,6	24	41,6	35,4	0,127	14,6	9,3	16000	16000	<b>7208.TVP</b>	30,6	46,4	47,8	1	0,6
25	25	62	17	1,1	0,6	27	48,1	39,5	0,223	26	15	14000	11000	<b>7308.TVP</b>	32	55	57,8	1	0,6
	30	62	16	1	0,6	27	49,8	43,1	0,196	20,4	13,4	13000	13000	<b>7208.TVP</b>	35,6	56,4	57,8	1	0,6
30	30	72	19	1,1	0,6	31	56	46,8	0,341	32,5	20	11000	10000	<b>7308.TVP</b>	37	65	67,8	1	0,6
	35	72	17	1,1	0,6	31	57,8	49,8	0,282	27	18,3	11000	12000	<b>7208.TVP</b>	42	65	67,8	1	0,6
35	35	80	21	1,5	1	35	63,1	52,9	0,447	39	25	9500	9000	<b>7308.TVP</b>	44	71	74,4	1,5	1
	40	80	18	1,1	0,6	34	64,6	56	0,287	32	23,2	9500	10000	<b>7208.TVP</b>	47	73	75,8	1	0,6
40	40	90	23	1,5	1	39	71,3	59,5	0,609	50	32,5	8500	8500	<b>7308.TVP</b>	49	81	84,4	1,5	1
	45	85	19	1,1	0,6	37	70	60,8	0,405	36	26,5	8500	9500	<b>7208.TVP</b>	52	78	80,8	1	0,6
45	45	100	25	1,5	1	43	79,5	69,2	0,812	60	40	7500	7500	<b>7308.TVP</b>	54	91	94,4	1,5	1
	50	90	20	1,1	0,6	39	74,4	66,5	0,458	37,5	26,5	8000	9000	<b>7208.TVP</b>	57	83	85,8	1	0,6
50	50	110	27	2	1	47	87,6	73,1	1,05	66,5	47,5	7000	7000	<b>7308.TVP</b>	61	99	104,4	2	1
	55	100	21	1,5	1	43	83	72,6	0,604	46,5	36	7000	8500	<b>7218.TVP</b>	64	91	94,4	1,5	1
55	55	120	29	2	1	51	95,3	80,3	1,38	76	56	6500	6700	<b>7318.TVP</b>	68	109	114,4	2	1
	60	110	22	1,5	1	47	91,1	79,5	0,78	56	44	6500	7500	<b>7218.TVP</b>	69	101	104,4	1,5	1
60	60	130	31	2,1	1,1	55	103,4	87,3	1,72	90	65,5	5600	6300	<b>7318.TVP</b>	72	118	123	2,1	1
	65	120	23	1,5	1	51	98,9	86,4	1	64	53	6000	7000	<b>7218.TVP</b>	74	111	114,4	1,5	1
65	65	140	33	2,1	1,1	60	111,6	94,3	2,12	102	75	5300	6000	<b>7318.TVP</b>	77	128	133	2,1	1

## **ANEXO 8**

### **RESULTADOS DEL PROGRAMA SAP ( STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAM)**

Los resultados que se presentan en este anexo corresponden a la junta 2, la cual soporta el mayor esfuerzo.

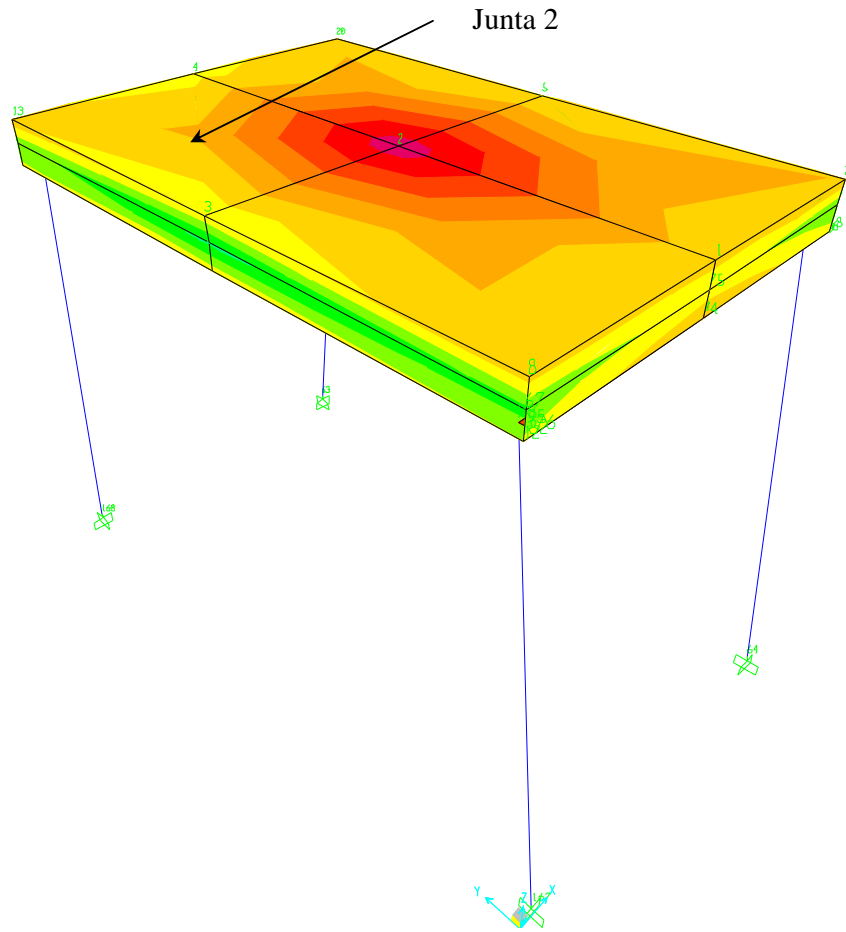
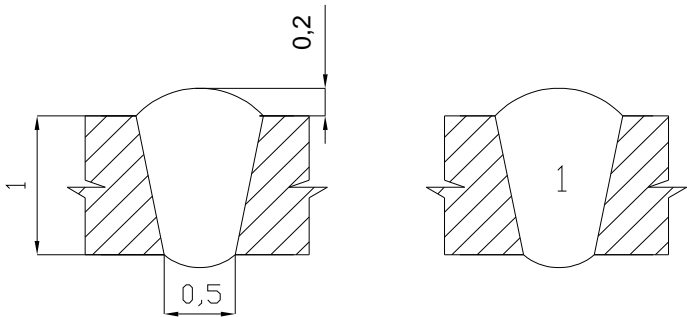


TABLE: Element Stresses - Area Shells (N/m <sup>2</sup> )						
Joint	OutputCase	S11Top	S22Top	S12Top	SVMTop	S11Bot
2	DEAD	-928506.37	-631159.26	-138424.69	855531.93	927223.02
2	viva	-165301324	-108370575	-24821468.2	151668142.8	162612358.8
2	DEAD	-898451.51	-622884.97	138777.84	832674.45	897143.75
2	viva	-159545229	-106784549	24889306.54	147238199.9	156851204
2	DEAD	-928506.37	-631159.26	138424.69	855531.93	927223.02
2	viva	-165301324	-108370575	24821468.15	151668142.8	162612358.8
2	DEAD	-898451.51	-622884.97	-138777.84	832674.45	897143.75
2	viva	-159545229	-106784549	-24889306.5	147238199.9	156851204

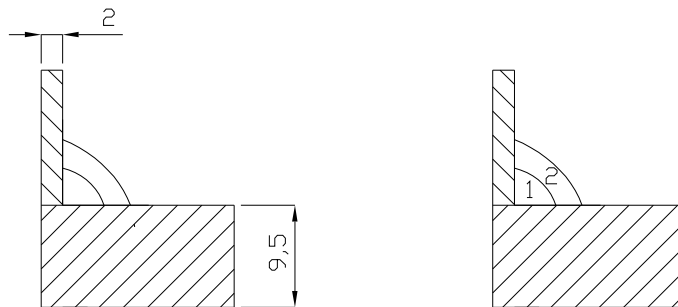
**ANEXO 9**

**WPS (WELDING PROCEDURES SPECIFICATIONS)**

Nombre Compañía : E.P.N. WPS : 001 PQR de soporte : ----- Según Norma : AWS D1.1		Fecha : 25 - 11 - 2006 Realizado por : Chaguamate - Cangás Revisado por : Ing. Gabriel Velasteguí Autorizado por : Ing. Juan Serrano				
<b>Junta Utilizada</b> Tipo de junta : A tope Abertura raíz : 0,5 mm Talón : ----- Respaldo : si .... no ..x.. Preparar bisel : si .... no ..x.		<b>Técnica de soldadura</b> Proceso de soldadura : GMAW Tipo de soldadura Manual .... Semiautomática ..x.. Automática .... Soldadura a : Un lado ..x.. Dos lados ..... Cordón de respaldo: si .... no ..x.. Limpieza: Cepillo metálico (grata)				
<b>Metal base</b> Especificación : ASTM A36 Espesor : 1 mm		<b>Posición de soldadura</b> Posición de soldadura : 1G Progresión : N/A Técnica : Un pase ..x.. Varios pases ....				
<b>Metal de aporte</b> Denominación AWS : ER70S-3 Diámetro : 0,9 mm Casa Comercial : LINCOLN Denominación Comercial : ER70S-3		<b>Notas</b> Asegurar limpieza de las partes Asegurar alineación de las juntas				
<b>Gas de protección</b> Gas tipo : CO2 Flujo : (14-20) lt/min						
<b>Detalle de la junta</b> 						
Nº de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de Trabajo (voltios )	Velocidad de avance ( cm/min )
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Intensidad (Amperios)		
1	ER70S-3	0.9	DC <sup>+</sup>	90-110	20 -22	15

Nombre Compañía : E.P.N. WPS : 002 PQR de soporte : ----- Según Norma : AWS D1.1	Fecha : 25 - 11 - 2006 Realizado por : Chaguamate - Cangás Revisado por : Ing. Gabriel Velasteguí Autorizado por : Ing. Juan Serrano
<b>Junta Utilizada</b> Tipo de junta : Filete Abertura raíz : N/A Talón : N/A Respaldo : si .... no ..x.. Preparar bisel : si .... no ..x.	<b>Técnica de soldadura</b> Proceso de soldadura : SMAW Tipo de soldadura Manual ..x.. Semiautomática .... Automática .... Soldadura a : Un lado .... Dos lados ..x.. Cordón de respaldo: si .... no ..x.. Limpieza: Pase raíz : Amoladora Pases siguientes. Cepillo Metálico ( Grata)
<b>Metal base</b> Especificación : ASTM A 36 Espesor 1 : 9.5 mm Espesor 2 : 2 mm	<b>Posición de soldadura</b> Posición de soldadura : 2F Progresión : N/A Técnica : Un pase .... Varios pases ..x.. <b>Notas</b> Asegurar alineación de las juntas Asegurar limpieza de las partes
<b>Metal de aporte</b> Denominación AWS : E6011 Diámetro : 3.2 mm Casa Comercial : LINCOLN	

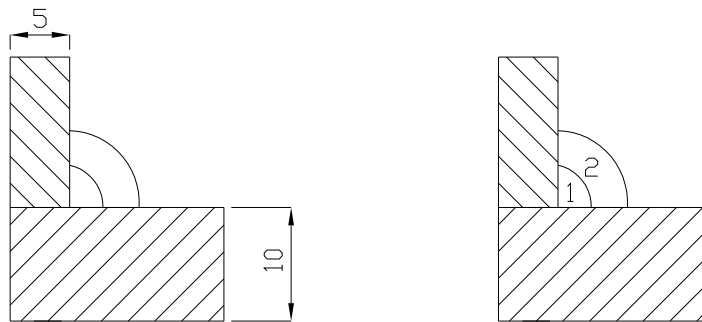
### Detalle de la junta



Nº de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de Trabajo (voltios )	Velocidad de avance ( cm/min )
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Intensidad (Amperios)		
1	E6011	3.2	DC <sup>+</sup>	90-110	20-22	15-20
2	E6011	3.2	DC+	90-110	20-22	20-25

Nombre Compañía : E.P.N. WPS : 003 PQR de soporte : ----- Según Norma : AWS D1.1	Fecha : 25 - 11 - 2006 Realizado por : Chaguamate - Cangás Revisado por : Ing. Gabriel Velasteguí Autorizado por : Ing. Juan Serrano
<b>Junta Utilizada</b> Tipo de junta : Filete Abertura raíz : N/A Talón : N/A Respaldo : si .... no ..x.. Preparar bisel : si .... no ..x.	<b>Técnica de soldadura</b> Proceso de soldadura : SMAW Tipo de soldadura Manual ..x.. Semiautomática .... Automática .... Soldadura a : Un lado ..x.. Dos lados .... Cordón de respaldo: si .... no ..x.. Limpieza: Pase raíz : Amoladora Pases siguientes. Cepillo Metálico ( Grata)
<b>Metal base</b> Especificación : ASTM A 36 Espesor 1 : 5 mm Espesor 2 : 9.5 mm	<b>Posición de soldadura</b> Posición de soldadura : 2F Progresión : N/A Técnica : Un pase .... Varios pases ..x.. <b>Notas</b> Asegurar alineación de las juntas Asegurar limpieza de las partes
<b>Metal de aporte</b> Denominación AWS : E6011 Diámetro : 3.2 mm Casa Comercial : LINCOLN	

### Detalle de la junta

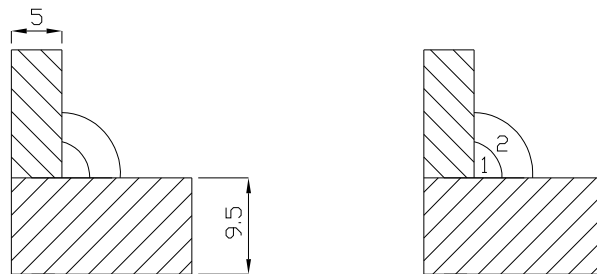


Nº de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de Trabajo (voltios )	Velocidad de avance ( cm/min )
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Intensidad (Amperios)		
1	E6011	3.2	DC <sup>+</sup>	90-110	20-22	15-20
2	E6011	3.2	DC+	105-120	22-27	17-21



Nombre Compañía : E.P.N. WPS : 004 PQR de soporte : ----- Según Norma : AWS D1.1	Fecha : 25 - 11 - 2006 Realizado por : Chaguamate - Cangás Revisado por : Ing. Gabriel Velasteguí Autorizado por : Ing. Juan Serrano
<b>Junta Utilizada</b> Tipo de junta : Filete Abertura raíz : N/A Talón : N/A Respaldo : si .... no ..x.. Preparar bisel : si .... no ..x.	<b>Técnica de soldadura</b> Proceso de soldadura : SMAW Tipo de soldadura Manual ..x.. Semiautomática .... Automática .... Soldadura a : Un lado ..x.. Dos lados .... Cordón de respaldo: si .... no ..x.. Limpieza: Pase raíz : Amoladora Pases siguientes. Cepillo Metálico ( Grata)
<b>Metal base</b> Especificación : ASTM A 36 Espesor 1 : 5 mm Espesor 2 : 9.5 mm	<b>Posición de soldadura</b> Posición de soldadura : 2F Progresión : N/A Técnica : Un pase .... Varios pases ..x.. <b>Notas</b> Asegurar alineación de las juntas Asegurar limpieza de las partes
<b>Metal de aporte</b> Denominación AWS : E6011 Diámetro : 3.2 mm Casa Comercial : LINCOLN	

### Detalle de la junta



Nº de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de Trabajo (voltios )	Velocidad de avance ( cm/min )
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Intensidad (Amperios)		
1	E6011	3.2	DC <sup>+</sup>	90-110	20-22	15-20
2	E6011	3.2	DC+	105-120	22-27	17-21

**ANEXO 10**  
**FOTOGRAFÍAS**



**ANEXO 11**  
**PLANOS DE FABRICACION**

## INDICE DE PLANOS

<b>Nº</b>	<b>Denominación</b>	<b>Nº Plano</b>	<b>Formato</b>
01	Envasadora de Tierra	ENV.CCD – 001	A0
02	Eje motriz	ENV.CCD – 101	A5
03	Brazo Guía	ENV.CCD – 102	A4
04	Acople eje – brazo guía	ENV.CCD – 103	A5
05	Pasador	ENV.CCD – 104	A5
06	Soporte seguidor	ENV.CCD – 105	A5
07	Porta rodamientos	ENV.CCD – 106	A4
08	Brazo seguidor	ENV.CCD – 107	A3
09	Anillo metálico	ENV.CCD – 108	A3
10	Disco Superior	ENV.CCD – 109	A3
11	Eje principal	ENV.CCD – 110	A5
12	Disco de acople superior	ENV.CCD – 111	A4
13	Soporte rodamiento	ENV.CCD – 112	A5
14	Disco inferior	ENV.CCD – 113	A3
15	Soporte principal	ENV.CCD – 114	A3
16	Disco de acople inferior	ENV.CCD – 115	A4
17	Acople dosificadores	ENV.CCD – 116	A4
18	Dosificador	ENV.CCD – 117	A4
19	Anclaje tolva	ENV.CCD – 118	A3
20	Soporte tolva	ENV.CCD – 119	A4
21	Conos de descarga	ENV.CCD – 120	A3
22	Chaveta	ENV.CCD – 121	A5
23	Anclaje de conos	ENV.CCD – 122	A5
24	Conjunto tolva de descarga	ENV.CCD – 002	A3
25	Tolva	ENV.CCD – 201	A3
26	Compuerta de descarga	ENV.CCD – 202	A4
27	Placa dirección de flujo	ENV.CCD – 203	A5
28	Conjunto mesa	ENV.CCD – 003	A3
29	Placa mesa	ENV.CCD – 301	A3
30	Tubo mesa	ENV.CCD – 302	A4

31	Placa nervadura	ENV.CCD – 303	A4
32	Soporte motor	ENV.CCD – 304	A4
33	Conjunto acople anillo metálico – seguidor	ENV.CCD – 004	A4
34	Acople anillo - brazo	ENV.CCD – 401	A4
35	Placa de acople	ENV.CCD – 402	A5