



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA  
AMASADORA DE MELCOCHA”**

**SÁNCHEZ VACA RONALD STALIN.  
VERDEZOTO ASHQI RUBÉN DARÍO.**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:  
**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2009**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Diciembre, 15 del 2009

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

**RONALD STALIN SÁNCHEZ VACA**

---

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA AMASADORA DE MELCOCHA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

f) DECANO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

f) DIRECTOR DE TESIS

---

f) ASESOR DE TESIS

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Diciembre, 15 del 2009

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

**RUBÉN DARÍO VERDEZOTO ASHQI.**

---

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA AMASADORA DE MELCOCHA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

f) DECANO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

f) DIRECTOR DE TESIS

---

f) ASESOR DE TESIS.

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** RONALD STALIN SÁNCHEZ VACA.

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MAQUINA AMASADORA DE MELCOCHA”

**FECHA DE EXAMINACIÓN:** Diciembre, 15 del 2009.

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VÁSQUEZ B.			
ING. PABLO FIERRO F.			
ING. WASHINGTON RUALES P.			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:**

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** RUBÉN DARÍO VERDEZOTO ASHQI.

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MAQUINA AMASADORA DE MELCOCHA”

**FECHA DE EXAMINACIÓN:** Diciembre, 15 del 2009.

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VÁSQUEZ B.			
ING. PABLO FIERRO F.			
ING. WASHINGTON RUALES P.			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:**

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f) RONALD STALIN SÁNCHEZ VACA.

5121

---

f) RUBÉN DARÍO VERDEZOTO ASHQUI.

4925

## **AGRADECIMIENTO.**

Estas líneas son dedicadas a todas aquellas personas que han vivido junto a nosotros estos años de estudios y esfuerzo.

Agradecerle a nuestras familias, por todo el amor, la fe y confianza que nos han entregado, por su apoyo en buenos y malos momentos durante toda nuestra vida y esperamos hasta hoy, se haya podido responder con logros, satisfacciones y con todo el amor que se les tiene y que se les entrega día a día.

Un agradecimiento a la ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, a su personal docente por la formación académica que nos han brindado, la misma que nos ha permitido demostrar los conocimientos adquiridos en la realización de esta tesis, gracias a ellos por ayudarnos a cumplir con éste sueño de ser profesionales y de este modo ser de provecho a la sociedad para promover soluciones a sus problemas.

Nuestro agradecimiento a nuestros amigos, y de manera especial al Ing. Pablo LLumiyinga representante de la empresa EMPAG, quien colaboró con el financiamiento de la Tesis.

A los miembros del tribunal de TESIS que fueron una ayuda importante para la consecución de éste proyecto.

Finalmente, pero no menos importante es agradecerle a Dios por la oportunidad de vivir.

Ronald Sánchez Vaca.

Rubén Verdezoto Ashqui.

## **DEDICATORIA.**

Dedico principalmente a Dios, a mis padres Walter e Inés, a mis hermanos Rafael y Johana quienes me han brindado su amor, apoyo incondicional deseos de superación y ante todo paciencia, lo cual me ha llevado a conseguir este gran e importante logro en mi vida, y a la persona que ha sido la motivación de cada día ser mejor, mi sobrinita Génesis Johana.

**RONALD STALIN SÁNCHEZ VACA.**

Dedico este trabajo a toda mi familia que siempre me apoyó y supo inculcarme por el camino del bien, a Dios por darme salud y vida, a la persona que ha sido mi motivación de cada día ser mejor en la vida, mi novia María Estrella y a mis sobrinitos adorables y encantadores Héctor y Andy.

**RUBÉN DARÍO VERDEZOTO ASQUI.**

## TABLA DE CONTENIDOS.

<b>CAPÍTULO.</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>1. GENERALIDADES.</b> .....	1
1.1. Introducción. ....	1
1.2. Justificación. ....	1
1.3. Objetivos. ....	2
1.3.1. Objetivo General. ....	2
1.3.2. Objetivos Específicos. ....	3
1.4. Definición del tema. ....	3
<b>2. BREVE HISTORIA DEL PROBLEMA.</b> .....	4
2.1. Proceso para la obtención de melcocha. ....	4
2.1.1. Selección de la materia prima (panela). ....	4
2.1.1.1. Molienda o extracción del jugo de caña. ....	5
2.1.1.2. Clarificación o limpieza del jugo de caña. ....	6
2.1.1.3. Concentración de la panela.....	7
2.1.1.4. Punto de la panela. ....	8
2.1.1.5. Batido y moldeo de la panela. ....	9
2.1.2. Cocción de la panela. ....	9
2.1.3. Enfriamiento de la miel cocida. ....	10
2.1.4. Estiramiento de la melcocha.....	10
2.1.5. Arrollado de la melcocha. ....	10
2.1.6. Corte y envoltura de la melcocha. ....	10
<b>3. ESTUDIO DE MERCADO.</b> .....	11
3.1. Finalidad del estudio de mercado. ....	11
3.2. Generalidades del mercado. ....	12
3.3. Aceptación de la máquina amasadora de melcocha. ....	12
3.4. Interpretación de resultados. ....	13
<b>4. MÁQUINAS AMASADORAS.</b> .....	15
4.1. Definición. ....	15
4.2. Tipos de amasadoras. ....	15
4.2.1. Amasadoras manuales. ....	15

4.2.2. Amasadoras semiautomáticas.....	15
4.2.2.1. Amasadora de eje oblicuo. ....	16
4.2.2.2. Amasadora de brazos. ....	17
4.2.2.3. Amasadora de espiral. ....	18
4.3. Ventajas y desventajas de los tipos de amasadoras. ....	19
<b>5. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA. ....</b>	<b>20</b>
5. 1. Metodología de diseño. ....	20
5.2 Estructura de funciones.....	22
5.2.1. Entradas. ....	22
5.2.2. Salidas. ....	23
5.3. Aplicaciones de los sistemas técnicos y sus limitaciones.....	23
5.4. Matriz morfológica. ....	25
5.5. Concepto óptimo. ....	25
5.5.1. Bosquejo y descripción de propuestas. ....	25
5.5.2. Evaluación Técnico – Económico de propuestas.. ....	27
5.5.3. Evaluación de propuestas. ....	28
5.6. Análisis de alternativas.....	29
5.6.1. Amasadora de Espiral. ....	29
5.6.2: Amasadora de Brazos. ....	30
5.6.3. Amasadora de Eje Oblicuo. ....	32
5.7. Selección de la mejor alternativa. ....	33
5.8. Esquema de la máquina. ....	34
5.9. Principio de funcionamiento de la máquina seleccionada. ....	34
<b>6. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS. ....</b>	<b>36</b>
6.1. Parámetros de diseño. ....	36
6.1.1. Característica de la melcocha. ....	36
6.1.2. Resistencia que presenta la melcocha al estiramiento. ....	38
6.1.3. Velocidad en el proceso de amasado de melcocha. ....	39
6.2. Diseño mecánico de los ejes de amasado. ....	39
6.2.1. Diseño estático.....	40
6.2.2 Diseño dinámico. ....	42

6.3. Diseño de los brazos. ....	45
6.3.1. Diseño estático.....	45
6.3.2 Diseño dinámico.....	50
6.4. Selección de los elementos de transmisión. ....	55
6.4.1. Motor. ....	55
6.4.2. Reductor de velocidad mecánico.....	56
6.4.3. Selección de la cadena. ....	57
6.4.4. Selección de la Rueda (Piñón – Catalina). ....	58
6.4.4.1. Análisis de la tensión producida por la catalina. ....	58
6.4.5. Selección de los engranajes rectos. ....	59
6.4.5.1. Fuerzas actuantes en los engranajes. ....	62
6.5. Diseño mecánico de los ejes de transmisión.....	64
6.5.1. Eje primario o conductor. ....	64
6.5.1.1. Diseño estático. ....	67
6.5.1.2. Diseño dinámico. ....	68
6.5.1.3. Verificación resistencia $d_1 = 2,54\text{cm}$ . ....	69
6.5.2. Eje secundario o conducido. ....	71
6.5.2.1. Diseño estático. ....	73
6.5.2.2. Diseño dinámico. ....	73
6.6. Movimientos dinámicos en la máquina. ....	75
6.6.1. Piñón. ....	75
6.6.2. Catalina.....	75
6.6.3. Ejes. ....	75
6.6.4. Engranajes. ....	76
6.6.5. Brazos. ....	76
6.7. Diseño y selección de rodamientos. ....	76
6.7.1. Tipos de cargas. ....	76
6.7.2. Análisis estático. ....	77
6.7.3. Análisis dinámico. ....	78
6.8. Diseño de chavetas. ....	81
6.9 Capacidad de carga de la máquina amasadora. ....	84

6.9.1. Torque requerido. ....	84
6.9.2. Torque disponible. ....	86
6.10. Diseño del bastidor. ....	87
6.11. Modelación en programas CAM. ....	91
<b>7. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y DE CONTROL</b> .....	<b>93</b>
7.1 Sistema eléctrico y electrónico de la máquina.....	93
7.2 Alternativas de automatización.....	94
7.2.1 Micro controladores. ....	94
7.2.2 PLC.....	94
7.2.2.1 Funciones básicas del PLC.....	95
7.3 Selección del control. ....	96
7.4 Diseño del circuito electrónico.....	96
<b>8. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO, MONTAJE Y ANÁLISIS DE COSTOS.</b> ....	<b>99</b>
8.1 Construcción. ....	99
8.1.1 Operaciones tecnológicas realizadas en la construcción. ....	101
8.2 Montaje. ....	107
8.2.1 Operaciones Tecnológicas realizadas en el Montaje. ....	108
8.2.2 Tiempo empleado en la construcción y montaje. ....	109
8.3 Análisis de costos. ....	109
8.3.1 Costos directos. ....	110
8.3.1.1 Costo de materiales (Cm).....	110
8.3.1.2 Costo de mano de obra (CMO). ....	111
8.3.1.3 Costo de equipos (CE).....	112
8.3.1.4 Costo transporte.....	112
8.3.2 Costos indirectos. ....	112
8.3.2.1 Costo ingenieril. ....	112
8.3.2.2 Costo utilidad.....	113
8.4 Resumen de costos. ....	113
8.5 Salvamento de la máquina amasadora de melcocha. ....	114
8.6 Depreciación de la máquina. ....	114
8.7 Viabilidad del proyecto. ....	115

8.7.1 Análisis del VAN - TIR. ....	116
8.7.2 Análisis del punto de equilibrio.....	119
8.7.3 Periodo de recuperación. ....	120
<b>9. PRUEBAS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA. ....</b>	<b>121</b>
9.1 Pruebas. ....	122
9.1.1 Plan de pruebas.....	122
9.1.1.1 Pruebas en vacío. ....	122
9.1.1.2 Pruebas con carga. ....	123
9.1.1.3 Tiempo de amasado vs capacidad de carga. ....	123
9.1.1.4 Porcentaje del crecimiento de la masa. ....	124
9.1.1.5 Eficiencia de la máquina. ....	125
9.1.1.6 Régimen de trabajo y fiabilidad. ....	125
9.2 Operación. ....	128
9.2.1 Manual de operación. ....	128
9.2.1.1 Operación Manual. ....	129
9.2.1.2 Operación Semiautomática.....	129
9.3 Mantenimiento. ....	130
9.3.1 Manual de mantenimiento. ....	130
9.4 Manual de instrucciones del usuario. ....	131
9.4.1 Descripción general. ....	131
9.4.2 Importantes instrucciones de seguridad. ....	131
9.4.2.1 Selección del lugar apropiado. ....	132
9.4.3 Características de la amasadora. ....	132
9.4.4 Instalación. ....	133
9.4.5 Como empezar a trabajar con la amasadora. ....	133
9.4.5.1 Operación Semiautomática.....	133
9.4.5.2 Operación Manual. ....	134
9.4.6 Limpieza de la amasadora. ....	134
9.4.7 Solución de problemas. ....	135
9.4.7.1 La máquina no funciona. ....	135
9.4.7. 2 El micro Plc no funciona.....	135

9.4.7.3 Demasiado ruido. ....	135
9.4.7.4 El equipo presenta sobrecalentamiento. ....	135
<b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b> .....	<b>136</b>
10.1 Conclusiones. ....	136
10.2 Recomendaciones. ....	137

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **LINKOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

### **PLANOS**

## LISTA DE TABLAS.

TABLA.	PÁGINA
5.1: MATRIZ MORFOLÓGICA. ....	25
5.2: EVALUACIÓN ECONÓMICA. ....	27
5.3: EVALUACIÓN TÉCNICA. ....	28
5.4: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA- ECONÓMICA. ....	28
6.1: DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD EN EL AMASADO. ....	39
6.2: ESFUERZO ESTÁTICO EN EL TRAMO C-D. ....	46
6.3: ESFUERZO ESTÁTICO EN EL TRAMO D-E. ....	47
6.4: ESFUERZO ESTÁTICO EN EL TRAMO E-F. ....	49
6.5: ESFUERZOS DINÁMICOS EN EL TRAMO C-D. ....	50
6.6: ESFUERZOS DINÁMICOS EN EL TRAMO D-E. ....	52
6.7: ESFUERZOS DINÁMICOS EN EL TRAMO E-F. ....	53
6.8: CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR. ....	55
6.9: CARACTERÍSTICAS DEL REDUCTOR MECÁNICO. ....	56
6.10: SELECCIÓN DEL ENGRANAJE. ....	61
6.11: VALORES DEL MOVIMIENTO DINÁMICO. ....	76
6.12: RESUMEN DE SELECCIÓN DE RODAMIENTOS. ....	80
6.13: DIMENSIONES CALCULADAS DE LAS CHAVETAS. ....	83
6.14: DIMENSIONES A SELECCIONAR LAS CHAVETAS. ....	83
6.15: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL. ....	90
7.1: CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA. ....	93
7.2: CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS. ....	97
8.1: HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS. ....	100
8.2: MÁQUINAS HERRAMIENTAS. ....	101
8.3: OPERACIONES TECNOLÓGICAS. ....	102
8.4: NOMENCLATURA DE LOS CURSOGRAMAS. ....	102
8.5: OPERACIONES TECNOLÓGICAS EN EL MONTAJE . ....	108
8.6: COSTOS DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN. ....	110
8.7: COSTO PARA LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ....	110
8.8: COSTO EN INSTALACIONES PRIMARIAS Y ACABADOS. ....	111
8.9: COSTO POR MANO DE OBRA. ....	111
8.10: COSTO DE EQUIPOS. ....	112
8.11: COSTO POR TRANSPORTE. ....	112

8.12: RESUMEN ECONÓMICO..	113
8.13: CONSUMO ELÉCTRICO.	114
8.14: DEPRECIACIÓN ANUAL.	115
8.15: PRODUCCIÓN DE MELCOCHA.	116
8.16: MANO DE OBRA POR DÍA.	117
8.17: COSTO POR TRANSPORTE.	117
8.18: FLUJO DE CAJA.	117
8.19: INTERÉS COMPUESTO.	118
8.20: COSTOS FIJOS Y DE FUNCIONAMIENTO.	119
9.1: RESULTADOS DE PRUEBAS EN VACIO.	122
9.2: RESULTADOS DE PRUEBAS CON CARGA.	123
9.3: TIEMPO DE AMASADO VS CAPACIDAD DE CARGA.	123
9.4: PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DE LA MASA.	124
9.5: RANGO PARA VALORES PARA RÉGIMEN DE TRABAJO.	127
9.6: RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.	128
9.7: CUADRO DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.	130

## LISTA DE FIGURAS.

FIGURA	PÁGINA
2.1: Diagrama de flujo del proceso de obtención de la panela. ....	5
2.2: Molino con mazas horizontales accionadas por fuerza motriz. ....	6
2.3: Tanques Prelimpiadores.....	6
2.4: Descachazado. ....	7
2.5: Concentración de la panela. ....	8
2.6: Punto de la panela. ....	8
2.7: Batido y moldeo de la panela. ....	9
3.1: Gráfico representativo de los resultados de la encuesta pregunta 1. ....	13
3.2: Gráfico representativo de los resultados de la encuesta pregunta 2. ....	13
3.3: Gráfico representativo de los resultados de la encuesta pregunta 3. ....	14
3.4: Gráfico representativo de los resultados de la encuesta pregunta 4. ....	14
4.1: Amasadora de eje oblicuo. ....	16
4.2: Amasadora de brazos horizontales. ....	17
4.3: Amasadora de brazos verticales. ....	17
4.4: Amasadora de espiral. ....	18
5.1: Abstracción de caja negra. ....	22
5.2: Propuesta de estructura de funciones. ....	24
5.3: Prototipo 1. ....	26
5.4: Prototipo 2. ....	26
5.5: Prototipo 3. ....	27
5.6: Evaluación de propuestas. ....	28
5.7: Amasadora de Espiral. ....	29
5.8: Amasadora de brazos tipo horizontal. ....	31
5.9: Amasadora de brazos tipo vertical. ....	32
5.10: Amasadora de eje oblicuo. ....	33
5.11: Esquema de la máquina seleccionada. ....	34
6.1: Diagrama de tipos de fluidos. ....	36
6.2: Ensayo de Sherman. ....	38
6.3: Representación del eje de amasado. ....	40
6.4: Componentes de la fuerza de estiramiento. ....	45
6.5: Brazo de la amasadora de melcocha. ....	46
6.6: Reductor tornillo sin fin-engranaje helicoidal. ....	56

6.7: Cadena.....	57
6.8: Fuerzas actuantes en los engranes. ....	62
6.9: Cargas actuantes en el eje primario. ....	64
6.10: Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores plano X-Y. ....	65
6.11: Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores plano X-Z. ....	66
6.12: Cargas actuantes en el eje secundario.....	71
6.13: Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores plano X-Y. ....	71
6.14: Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores plano X-Z. ....	72
6.15: Gráfica de fuerzas dinámicas y aceleraciones. ....	75
6.16: Rodamiento de bolas con soporte (Chumacera). ....	80
6.17: Propiedades de los elementos mecánicos de la amasadora. ....	85
6.18: Bastidor de la máquina amasadora de melcocha. ....	87
6.19: Cargas actuantes en el bastidor. ....	88
6.20: Diagrama de cuerpo libre. ....	88
6.21: Diagrama de cortante. ....	89
6.22: Diagrama de momento. ....	89
6.23: Diagrama de comportamiento de la estructura. ....	89
6.24: Modelación y ensamblaje total de la amasadora de melcocha. ....	91
6.25. Estudio de verificación en el diseño del bastidor. ....	92
6.26: Velocidad, aceleración y desplazamiento angular. ....	92
7.1: Estructura del PLC. ....	95
7.2: Conexión de los elementos eléctricos utilizados en la amasadora.....	96
7.3: Simulación en el programa Zelio Soft. ....	98
8.1: Cursograma de montaje de la máquina. ....	109
8.2: Diagrama de evaluación financiera. ....	117
9.1: Grafico del tiempo de Amasado Vs Capacidad de Carga. ....	124
9.2: Porcentaje de crecimiento de la masa. ....	125

## SIMBOLOGÍA

$\tau$ :	Tensión de corte.
$(\Delta V/\Delta y)$ :	Gradiente de velocidad.
M:	Viscosidad.
$\sigma_o$ :	Tensión de Fluencia.
W:	Fuerza de Estiramiento.
A:	radio en el plano de penetración de un cono de ángulo recto.
Z :	Modulo de sección.
I :	Momento de Inercia.
c :	Distancia del eje neutro hacia el extremo de la sección
$M_f$ :	Momento flector.
F :	Fuerza máxima de estiramiento.
b :	Distancia del empotramiento hacia la fuerza F.
A :	Área de sección circular.
n:	Factor de seguridad.
d:	Diámetro.
$S_y$ :	Resistencia a la fluencia.
$k_1$ :	Constante.
T:	Torque.

P:	Potencia del motor)
Nm:	Revoluciones de la rueda motriz.
Nc:	Revoluciones de la rueda conducida.
Fs:	Factor de servicio.
$T_c$ :	Tensión de la cadena.
$\vec{V}$ :	Velocidad periférica dada en ft/min
Pot:	Potencia del motor en hp
m :	módulo.
$f_s$ :	Factor de esfuerzos estáticos
$C_o$ :	Capacidad de carga estática.
$P_o$ :	Carga estática equivalente.
$F_r$ :	Carga radial.
$F_a$ :	Carga axial.
$X_0$ :	Factor radial.
$Y_0$ :	Factor axial.
$f_L$ :	Factor de esfuerzos dinámicos.
C :	Capacidad de carga dinámica.
$f_n$ :	Factor de velocidad.

## **LISTA DE ANEXOS.**

- ANEXO 1:** Encuesta a los propietarios de microempresas productoras de melcocha en Alluriquín.
- ANEXO 2:** Catalogo NOVOIX.
- ANEXO 3:** Catálogo IPAC. Resistencia del acero ASTM A 36.
- ANEXO 4:** Catálogo SKF. Soporte de piso con Rodamientos.
- ANEXO 5:** Variador de Frecuencia.
- ANEXO 6:** Catálogo SIEMENS. Características del Motor.
- ANEXO 7:** Catálogo DIPAC. Tubo estructural cuadrado.

## **SUMARIO.**

La Máquina Amasadora de Melcocha fue diseñada y construida con la finalidad de incrementar la producción, disminuir los tiempos del proceso y que el amasado de melcocha se realice en condiciones asépticas evitando al máximo que el obrero utilice sus manos, esta máquina servirá como un aporte e innovación de ciencia y tecnología para las microempresas productoras de melcocha en el país.

El diseño de los elementos mecánicos de la máquina se realizó a partir de la fuerza de estiramiento de la melcocha, se diseñaron los ejes de amasado, los brazos, los ejes de transmisión, los engranes y se seleccionó un motor reductor, piñón, cadena, catalina y se diseñó una mesa de soporte para que la máquina este a una altura adecuada de trabajo. Se realizaron pruebas tanto con masa de melcocha de panela, como de azúcar obteniendo excelentes resultados.

La máquina obtenida puede trabajar de manera manual y semiautomática, en la primera se procederá a encender, para posteriormente apagar cuando el operario considere que la melcocha esta lista, mientras que de manera semiautomática solo se enciende y automáticamente se apagará de acuerdo a un tiempo programado en un micro controlador lógico programable (PLC). La velocidad de los ejes de amasado es regulable con la utilización del variador de frecuencia y depende de la cantidad de masa de melcocha a utilizar.

La máquina amasadora de melcocha está diseñada para una producción de amasado de 6 a 8 kg por postura en un tiempo de 2 a 3 minutos.

## **SUMMARY.**

A Kneading Machine of taffy was designed and constructed to increase production, diminish the process times and carry out the process under aseptic conditions avoiding to the maximum the use of hands by the worker. This machine will serve as a contribution and innovation of science and technology for the micro-enterprise which produce taffy in the country.

The design of the mechanical elements of the machine was performed from the stretching force of the taffy. The kneading axes, the arms, the transmission gears, the gears were designed. A redactor motor, pinion chain and catalane were selected. A support table for the machine so that it could be at an adequate height of work. These were carried out both with the sugar cane sugar and sugar with excellent results.

The machine can work manually and semiautomatically. In the first, it will be started and then put off when the worker thinks the taffy is ready. In the semiautomatically way it is started and put of automatically according to a programmed time in a micro Controlling Logic Programmable PLC. The kneading axis speed is adjustable with the use of frequency changer depending of the quantity of taffy mass to be used.

The Taffy Kneading Machine is designed for a kneading production of 6 – 8 kg in 2 – 3 minutes.

## **CAPÍTULO I.**

### **1. GENERALIDADES.**

#### **1.1. Introducción.**

La melcocha es uno de los principales productos que se derivan de la panela, la misma que constituye el ingrediente indispensable para la elaboración de las mismas.

La panela es un producto obtenido de la caña de azúcar, es uno de los principales cultivos agrícolas en las zonas de clima húmedo y este cultivo va creciendo rápidamente en el país.

La preparación de la melcocha es sencilla, al inicio en una olla se pone la panela con el agua y se deja hervir a fuego alto, cuando empieza a espesar con una cuchara de palo se bate hasta que forme un melado, dando el punto de melcocha esto es cuando se vierte en un poco de agua fría y se observa que se forma una especie de masa cristalizada, cuando se llega a este punto se procede a dejar enfriar la masa para poder manipular, finalmente se la lleva a un tronco de madera, llamado gancho, donde se bate la masa obtenida para darle suavidad y color.

Los lugares del Ecuador reconocidos donde se elabora melcochas son Baños (Tungurahua), como también en Alluriquín (Santo Domingo de los Tsáchilas), la venta de melcochas en estos lugares genera ingresos económicos para muchas familias.

#### **1.2. Justificación.**

Amasadora.- “máquina para encoger y alargar masas de cualquier tipo como son: masas duras, semiduras y blandas, que permite la aireación a la masa.” [1].

En el proceso de estiramiento o amasado de la masa de melcocha se utiliza las manos por un tiempo prolongado hasta que la masa alcance el color, la aireación y la suavidad deseada, los inconvenientes que presenta este tipo de amasado son:

- Es un proceso antihigiénico ya que se realiza en un ambiente libre como es la calle y con la mano.
- El tiempo en realizar el proceso de amasado de melcocha es prolongado.

Para evitar estos inconvenientes se busca una solución para que el proceso de amasado sea aséptico y a demás aumentar la producción, por lo que se investiga construir una amasadora mecánica para masa de melcocha.

En la actualidad el consumidor busca siempre productos de mejor calidad y bajos costos, por esto, se busca optimizar el proceso de producción de la melcocha, para de esta manera lograr satisfacer las necesidades del consumidor y lograr las expectativas de venta de los microempresarios.

La mayoría de los procesos industriales modernos son producto de la investigación, elaboración de pruebas y ensayos realizados por personas dedicadas a buscar soluciones prácticas a los problemas más comunes en la industria, es así como nació la idea del “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AMASADORA DE MELCOCHA”.

Actualmente, en todos los establecimientos de fabricación de melcocha, deberían valerse de maquinaria y ayuda mecánica, de este modo se elimina mucho trabajo costoso y pesado, como lo es el proceso de amasado de melcocha, con la utilización de la máquina amasadora se ayuda a aumentar la productividad y la uniformidad del producto, asegurando la calidad de la melcocha en condiciones más higiénicas y compensa en muchos casos la escasez de mano de obra calificada en el proceso de amasado.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Diseñar, construir y validar una máquina amasadora de melcocha.

### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Diseñar los mecanismos de la máquina amasadora.
- Diseñar el control electromecánico de la máquina amasadora.
- Diseñar el bastidor de la máquina amasadora.
- Construir la máquina amasadora.
- Poner en funcionamiento la máquina amasadora.

### **1.4. Definición del tema.**

El propósito fundamental que tiene ésta máquina es de producir melcocha higiénicamente, la cual está destinada a los propietarios de locales en los que se vende este manjar, ya que se observa amasando la melcocha todos los días en las puertas de sus locales por mucho tiempo en condiciones de limpieza bajas y con una producción que se puede mejorar.

Esta máquina tiene como principio fundamental no utilizar en el proceso de amasado las manos, como también aumentar la producción lo que significa condiciones de asepsia y mayor ganancia para los microempresarios.

Debido a los inconvenientes que presenta el amasado de melcocha a mano, surge la idea de diseñar la amasadora de melcocha mecánica, que a demás de simplificar el trabajo, las condiciones higiénicas en el amasado son buenas.

## CAPÍTULO II.

### **2. BREVE HISTORIA DEL PROBLEMA.**

El trabajo humano convierte las cuerdas de pasta de panela en hileras de caramelos de colores llamados melcochas. Este dulce, elaborado con miel cocida, se exporta hoy a Suiza, España e Italia, y se vende en el país.

Aunque su origen está en Baños (Tungurahua), el dulce se confecciona también en Alluriquín, Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas y es parte del cotidiano vivir de esta parroquia ubicada en la carretera Alóag -Santo Domingo de los Colorados. Los jóvenes y mujeres ofrecen el producto a los pasajeros que pasan en sus automotores, o ayudan en el embalaje de la melcocha constituyendo una fuente de ingresos económicos para sustentar las necesidades que tienen cada una de sus familias.

“La diferencia del sabor de la melcocha de Alluriquín con otras del país, es su sabor agridulce, el limón mezclado con agua y panela que traen de Imbabura o Cotopaxi”, detalla Jorge Valencia, quien elabora este producto y en la actualidad, exporta unas cuatro mil unidades a tres países de Europa y está abriendo mercado en los EEUU, aunque hay dificultades pese a tener registro sanitario y los permisos del Ministerio de Comercio Exterior y de la Federación Nacional de Artesanos.

El principal problema que existe es en el proceso de amasado, ya que en este proceso en la actualidad hay una escases de mano de obra, y el consumidor exige condiciones de asepsia cada vez más altas.

#### **2.1. Proceso para la obtención de melcocha.**

##### **2.1.1. Selección de la materia prima (panela).**

Se inicia con escoger una buena panela, se debe observar que tenga un color blanco y sea un poco reseca, la de color oscuro tiene un sabor amargo y no sirve para este trabajo. La panela es un alimento muy nutritivo ya que no pierde sus minerales y vitaminas durante el tratamiento de obtención

de esta, como lo que sucede con el azúcar, su precio varía según el peso, la textura, el color y el sabor pero en general es barato y constituye uno de los alimentos principales del pueblo.

A continuación se detalla a través de un diagrama de flujo el proceso de obtención de panela:



**Figura 2.1:** Diagrama de flujo del proceso de obtención de la panela.

#### **2.1.1.1. Molienda o extracción del jugo de caña.**

El proceso de elaboración de la panela se inicia con la cosecha manual de la caña y su traslado en bestias o carretones al trapiche. Según la altura sobre el nivel del mar, la caña se corta entre los 12 y los 30 meses de edad.

La extracción del jugo de la caña se lleva a cabo en diversos tipos de molinos, el molino es una máquina con tres rodillos estriados (mazas) por los cuales se pasa la caña para hacer la extracción del jugo o guarapo y separarlo del bagazo. Existen molinos con mazas horizontales accionados con fuerza motriz o hidráulica y molinos con mazas verticales accionados por fuerza animal.



**Figura 2.2:** Molino con mazas horizontales accionadas por fuerza motriz.

#### **2.1.1.2. Clarificación o limpieza del jugo de caña.**

La limpieza del jugo se efectúa tradicionalmente en pozuelos, provistos de un cedazo en la parte superior. Actualmente se está introduciendo el uso del prelimpiador. Este implemento asegura una mejor filtración que el pozuelo tradicional, eliminando hasta el 97% de las impurezas.

El prelimpiador consiste en un tanque de forma rectangular, de un metro de largo por 30 cm de ancho y 60 de altura, con fondo en forma de V y una tabla retenedora de impurezas cercana a un extremo.

Las impurezas más pesadas como la arena y el lodo se van al fondo.



**Figura 2.3:** Tanques Prelimpiadores

Los residuos livianos y el bagacillo flotan formando un colchón. El jugo limpio sale por la parte de en medio. El jugo obtenido de la molienda de la caña en la fabricación de panela se compone del 18-22% de sólidos solubles, un porcentaje variable menos 15% de sólido insoluble y el resto, agua.

El jugo en ese momento tiene un pH entre 4.3 y 5.5, la adición de cal neutraliza dicha acidez y forma grumos espumosos de impurezas que son eliminadas mediante un "cucharón" o "remellón" metálico el proceso es denominado "descachazado". Esta cachaza debe eliminarse antes de que el jugo comience a hervir.



**Figura 2.4:** Descachazado.

La adecuada separación de cachaza garantiza una panela de buena calidad la cual es utilizada para la elaboración de melcochas.

### **2.1.1.3. Concentración de la panela.**

Esta fase consiste en elevar el contenido de azúcar en el jugo de 20% a 90%. La manera como se lleve a cabo este proceso incide directamente en la textura final de la panela. Cuando el pH del jugo es bajo, se favorece la formación de azúcares reductores que modifican la consistencia final del producto y pueden llegar a impedir su cristalización.

La concentración se efectúa con la ayuda de hornos quemadores del bagazo de la misma caña que calientan uno o varios recipientes en los cuales se limpian, clarifican, evaporan y concentran los jugos de la caña, hasta obtener la meladura o las mieles, que permiten fabricar la panela.

Esta concentración se efectúa en simples toneles metálicos en los trapiches pequeños o en un tren de 3-4 recipientes rectangulares en los más grandes.



**Figura 2.5:** Concentración de la panela.

#### **2.1.1.4. Punto de la panela.**

Es la fase mediante la cual se da el punto final a la miel para obtener la panela, se verifica en la última paila que el líquido concentrado no se pegue a las paredes ni se queme el producto lo cual hace aumentar la coloración. Es posible untar cebo o aceite de higuerrillo para evitar esto.



**Figura 2.6:** Punto de la panela.

El punto de la panela lo establece el operario experto de varias formas:

- Sobre el remellón cuando la miel no corre.
- Al batir la miel con el remellón, en el aire forma bomba.
- Se toma un poco de miel con la uña y se lleva a la boca para ver si se cristaliza.
- Se forma una bola, luego se vota al suelo y si suena al chocar, está a punto.

### **2.1.1.5. Batido y moldeo de la panela.**

Obtenido el punto se deposita la miel en una batea. Allí, la miel se bate constantemente a fin de que aclare y enfríe. A medida que avanza la operación, la miel se hincha, luego finalmente se seca, la masa casi fría se vierte en moldes, cuadrados o redondos, y se deja enfriar completamente. Posteriormente, se retira el molde y se empaca las panelas de 2, 4, y 7 libras.



**Figura 2.7:** Batido y moldeo de la panela.

### **2.1.2. Cocción de la panela.**

El siguiente paso es derretir, a fuego alto en una olla o paila la panela con agua por un tiempo aproximado de 40 minutos, hasta encontrar su punto especial de temperatura que es entre (100 - 115 °C).

Para la cocción de la materia prima la cocina tipo industrial constituye un elemento importante para la elaboración de melcocha ya que se necesita hervir en una fuente agua con panela hasta una temperatura adecuada, la cocina industrial utiliza como combustible GLP (GAS LICUADO DE PETRÓLEO) de 15 kg, se puede utilizar también una especie de fogón en la que se utiliza leña, lo importante es que la hornilla permita que la melcocha alcance una temperatura entre 100 a 115 °C.

La cocina tipo industrial está constituida básicamente en tres partes:

- Control de la llama y del encendido a través de una perilla.
- Fuente de energía que lo constituye el GLP.
- Mangueras para transferir el gas hasta la hornilla.

### **2.1.3. Enfriamiento de la miel cocida. [2].**

Posteriormente se lleva a un enfriador de masa de melcocha, que sirve de molde para que se enfríe, pero no totalmente, ya que puede endurecerse y no se la puede manipular, la temperatura adecuada para manipular la masa de melcocha es de 45 a 55°C.

El enfriador de masa de melcocha lo constituye una especie de recipiente que en la parte inferior interior está cubierto con un material de piedra, que permite una conducción de calor mejor hacia el ambiente, a demás permite que no se destruya el recipiente ya que la masa de melcocha esta a una temperatura elevada. La piedra es el material que mejor se conserva y más utilizado en este tipo de trabajo.

### **2.1.4. Estiramiento de la melcocha.**

Una vez tibia la miel a una temperatura de 45 a 55 °C, se va formando una masa elástica que colocan en un gancho o “garabato” que cuelga, y se comienza a enrollar la masa para proceder a estirarla y frotarla hasta blanquearla.

El gancho es de madera o se puede realizar de acero inoxidable ya que en este, se procede a estirar la melcocha a fin de que en la masa se produzca aireación.

### **2.1.5. Arrollado de la melcocha.**

Este proceso consiste en dar a la masa de melcocha una determinada forma, grosor tamaño y dimensión de acuerdo a los requerimientos del propietario.

### **2.1.6. Corte y envoltura de la melcocha.**

El proceso consiste en cortar la masa de melcocha después de haber adquirido la forma deseada, con una tijereta se corta de acuerdo a la longitud que desee el propietario, para posteriormente envolver con un plástico que se adapta a la forma de la melcocha.

### CAPÍTULO III.

#### **3. ESTUDIO DE MERCADO.**

##### **3.1. Finalidad del estudio de mercado. [3]**

Este estudio pretende principalmente que los propietarios de microempresas en Alluriquín adquieran la máquina amasadora de melcocha a fin de producir en condiciones asépticas y mejorar la producción con la finalidad de contribuir al incremento y desarrollo económico del País.

Las microempresas en la ciudad de Alluriquín, se encargan de vender el producto final que es la melcocha y no la panela ya que los microempresarios están consientes que es más rentable darle un valor agregado a la melcocha, aumentando de esta manera las ganancias e incrementando la actividad turística en esta ciudad.

La elaboración de la melcocha se trata de un proceso tradicional, el cual no ha cambiado con el transcurrir del tiempo.

En todas las microempresas de Alluriquín se realiza el proceso de amasado en forma manual, siendo esta etapa de producción la que más tiempo ocupa y es así que para disminuir el tiempo de amasado y aumentar la producción se ofrece una forma semiautomática de batido (utilizando la amasadora de melcocha), a fin de producir en mayor cantidad, siendo una ventaja competitiva frente a las demás microempresas en el país.

El estudio de mercado tiene como finalidad cuantificar el número de individuos y microempresas productoras de derivados de melcocha, que justifique la puesta en marcha de este determinado proyecto o programa de producción de bienes o servicios, a fin de mejorar la producción y satisfacer a los clientes.

Para el análisis del mercado se considera realizar una encuesta de aceptación de la máquina amasadora de melcocha a los microempresarios, esta es la investigación de mercado que nos proporciona información que sirve de apoyo para la toma de decisiones.

### **3.2. Generalidades del mercado.**

La venta de melcochas tiene como objetivo generar una economía sustentable, de las microempresas melcocheras artesanales en Alluriquín. Esta ha constituido en los últimos años la alternativa de producción de los habitantes, que le representa a corto, mediano o largo plazo mejorar su status social.

La producción de melcocha en los últimos años, han aumentado ostensiblemente, por lo que es urgente la utilización de máquinas para llegar a ser competitivos y tener productos de calidad, con buena presentación e higiene que exige el mundo globalizante.

### **3.3. Aceptación de la máquina amasadora de melcocha.**

Para determinar si la máquina amasadora de melcocha tiene o no aceptación en el mercado se ha realizado un estudio a través de encuestas a los microempresarios en la parroquia Alluriquín, ya que, es el lugar donde inicialmente se va a comercializar la máquina amasadora de melcocha con el fin de proyectar la venta a otros lugares donde se produce este manjar, con las encuestas, además, se permitió conocer el tiempo de amasado de la melcocha manualmente y la producción por hora.

El estudio de aceptación en base a la encuesta directa, proporciona buena información y más confiable que cualquier otro tipo de fuente de datos.

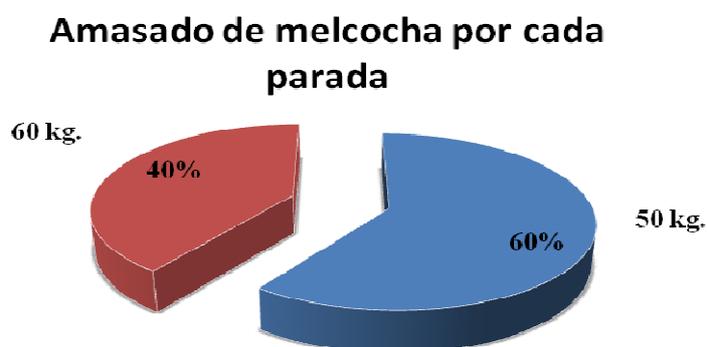
La primera parte de la investigación formal, nos permitirá determinar la cantidad de masa de melcocha que un obrero amasa manualmente por hora, y la proyección a futuro. Este estudio sirve para determinar si es necesaria una máquina que mejore y aumente la producción y que sea accesible a los microempresarios.

Con las encuestas realizadas a los microempresarios en Alluriquín se pudo evaluar las posibilidades de éxito que se tendrán al crear esta máquina y así construirla con seguridad de aceptación. (Ver anexo 1).

### 3.4. Interpretación de resultados.

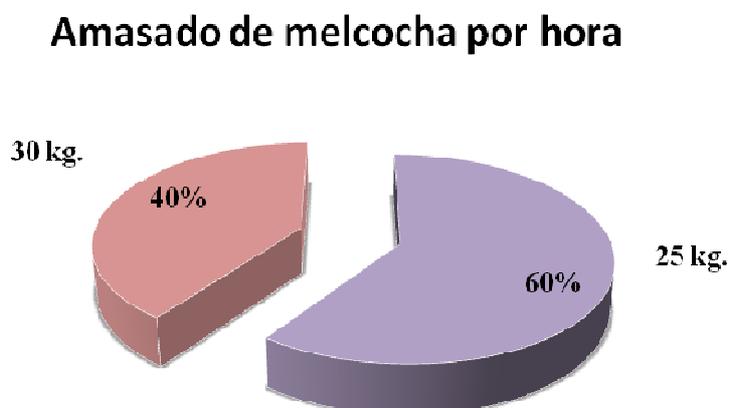
De las encuestas realizadas a 50 microempresarios en Alluriquín se ha podido determinar lo siguiente:

1.- La cantidad de melcocha que bate un operario por parada está entre 50 y 60 Kg, el 40 % = 20 encuestados, amasan por parada 60 kg. Mientras que un 60 % = 30 encuestados, amasan por parada 50 kg, lo cual está representado en el siguiente gráfico.



**Figura 3.1:** Gráfico representativo de los resultados de la encuesta pregunta 1.

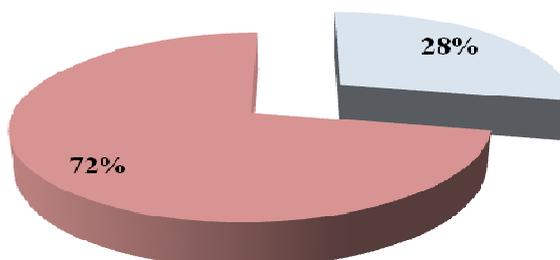
2.- La cantidad de melcocha que amasa un obrero por hora está comprendida entre 25 y 30 kg. De la encuesta realizada el 40 % = 20 encuestados, amasan por hora 30 Kg. Mientras que un 60 % = 30 encuestados, amasan por hora 25 kg, lo cual está representado en el siguiente gráfico.



**Figura 3.2:** Gráfico representativo de los resultados de la encuesta pregunta 2.

3.- El 72 % = 36 encuestados están de acuerdo con utilizar la máquina amasadora de melcocha, y el 28% = 14 encuestados no lo están, lo cual está representado en el gráfico.

### Aceptación de la amasadora de melcocha



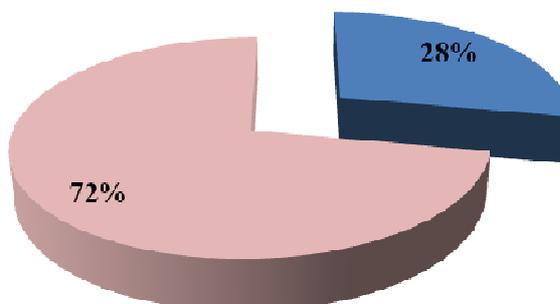
**Figura 3.3:** Gráfico representativo de los resultados de la encuesta pregunta 3.

4.- El 72% = 36 microempresarios están dispuestos a pagar entre 3000 a 3500 Usd por la máquina amasadora de melcocha, ya que están consientes que al adquirir la máquina tendrán mayores ganancias.

El 28% de microempresarios que están en desacuerdo es porque son microempresas que producen muy poca cantidad de melcocha al día.

Al tener aceptación se procede de una manera segura a construir la máquina amasadora de melcocha, ya que del porcentaje de aceptación depende si se prosigue o no con el proyecto.

### Adquisición de la amasadora de melcocha



**Figura 3.4:** Gráfico representativo de los resultados de la encuesta pregunta 4.

## CAPÍTULO IV.

### **4. MÁQUINAS AMASADORAS.**

#### **4.1. Definición.**

Amasadoras.- Las amasadoras son un conjunto de mecanismos dispuestos de tal manera que permitan estirar y encoger masas a fin de airearla.

La aireación se produce en la masa por el contacto directo con el aire y variará dependiendo de la intensidad del amasado, del tipo de amasadora, así como del volumen de ocupación de la masa.

De tal forma, que cuando se acelera la aireación disminuye el tiempo de amasado; por el contrario, cuando la aireación es baja aumenta el tiempo en el amasado.

#### **4.2. Tipos de amasadoras.**

Entre los tipos de amasadoras se considera un estudio de las amasadoras para masa de pan como posible alternativa.

Existen 2 clases de amasadoras:

- Amasadoras manuales.
- Amasadoras semiautomáticas

##### **4.2.1. Amasadoras manuales.**

Este tipo de amasadoras son aquellas en las que no se utiliza motor ni energía eléctrica para realizar el proceso de amasado.

Las amasadoras manuales son comunes en su uso, la establece el obrero que realiza el trabajo de amasado.

##### **4.2.2. Amasadoras semiautomáticas.**

Sin duda las máquinas amasadoras semiautomáticas son una herramienta excelente para quienes a diario están produciendo algún producto en mediana o gran cantidad ya que en este tipo de

máquinas el esfuerzo físico no interviene, se utiliza un motor impulsado por energía eléctrica con un control adecuado de velocidad y un sistema de encendido y apagado a través de botoneras.

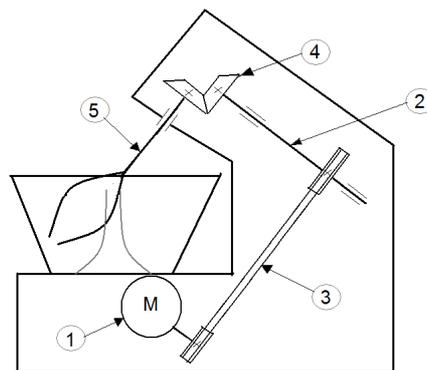
Hay que decir que las máquinas semiautomáticas no es un artefacto barato, generalmente es todo lo contrario pero su función es única, ya que se ahorra mucho tiempo y la producción aumenta considerablemente.

Existen tres tipos de amasadoras semiautomáticas:

- Amasadora de Eje Oblicuo.
- Amasadora de Brazos.
- Amasadora de Espiral.

#### 4.2.2.1. Amasadora de eje oblicuo.

Es la amasadora menos utilizada, está equipada con un motor de dos velocidades: una lenta para el preamasado para masas duras (40/45% de agua) y otra rápida para masas más blandas (60/80% de hidratación).



**Figura 4.1:** Amasadora de eje oblicuo.

Podríamos definirlo como un sistema de amasado lento, de bajo recalentamiento y que se adapta bien, tanto en masas duras en la primera velocidad, como en masas blandas en la segunda.

Tiene un motor (1), el cual transmite el movimiento a un eje (2), por medio de una transmisión por correa plana (3), el eje (2) posee una transmisión por engranajes cónicos (4), con lo que se obtiene el movimiento en el eje oblicuo (5).

#### 4.2.2.2. Amasadora de brazos.

Las amasadoras de brazos son las que cuentan con mayor tradición en el mundo es utilizada especialmente para estirar masa de caramelo o melcocha ya que asimila el proceso de estiramiento de la masa cuando este se realiza manualmente.

Existen de dos tipos, esta clasificación se da debido a la posición de sus brazos y de los ejes de amasado es así que tenemos:

- Amasadora de brazos horizontales y ejes de amasado verticales.
- Amasadora de brazos verticales y ejes de amasado horizontales.



**Figura 4.2:** Amasadora de brazos horizontales.

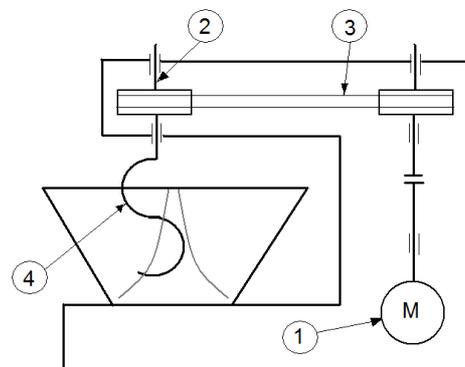


**Figura 4.3:** Amasadora de brazos verticales.

El recalentamiento es bajo aunque hay que destacar la diferencia de la aireación, en este tipo de amasadoras la aireación es excelente debido a que la masa esta directamente en contacto con el aire, y no existe algún recipiente como en los otro tipos de amasadoras que impida la aireación directa.

#### 4.2.2.3. Amasadora de espiral.

Es junto con la amasadora de brazos las que son más utilizadas, Este tipo de amasadora es especialmente para masa de harina por lo que es muy utilizado en la elaboración de masa para pan.



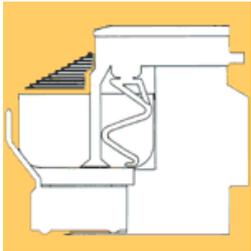
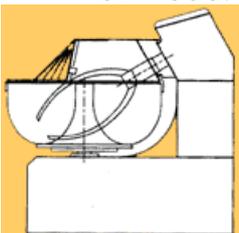
**Figura 4.4:** Amasadora de espiral.

De la amasadora espiral debemos destacar su rapidez, lo que con lleva una reducción del tiempo de amasado, que permite abastecer a una línea de producción sin tener que aumentar la capacidad del amasado.

Este sistema trabaja la masa con una presión de arriba hacia abajo, consiguiendo una menor oxigenación a la vez que un mayor recalentamiento y menos fuerza inicial, por lo que es apta para la fabricación de pan precocido.

Tiene un motor (1), el cual transmite el movimiento a un eje (2), por medio de una transmisión por correa plana (3), en el eje (2) se acopla un eje en forma de espiral (4) con lo que se obtiene el amasado en forma espiral.

### 4.3. Ventajas y desventajas de los tipos de amasadoras.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><b>AMASADORA DE ESPIRAL</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaso volumen de la máquina.</li> <li>• Amasado rápido.</li> <li>• Permite hacer masas grandes y pequeñas.</li> <li>• Fácil descarga al invertir el sentido de la cazuela.</li> <li>• Precisión en el tiempo de amasado.</li> <li>• Adecuada para el pan precocido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recalentamiento de la masa.</li> <li>• Poca fuerza.</li> <li>• Baja aireación.</li> <li>• Recipiente profundo.</li> <li>• No es adecuada para masas de caramelo.</li> </ul>
<p><b>AMASADORA DE BRAZOS.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>VERTICAL.</b></li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No recalienta la masa.</li> <li>• Poco derrame de la masa de caramelo.</li> <li>• Fácil manejo.</li> <li>• Apta para masas de caramelos.</li> <li>• Excelente aireación.</li> <li>• Se adapta bien a masas duras.</li> <li>• Limpieza fácil de realizar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca seguridad.</li> <li>• No es adecuada para masas blandas, o masas para elaborar Pan.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>HORIZONTAL</b></li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No recalienta la masa.</li> <li>• Apta para masas de caramelos.</li> <li>• Buena seguridad.</li> <li>• Gran capacidad de Amasado en poco tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La masa es arrastrada a la parte inferior de los brazos por lo que se necesita de una bandeja.</li> <li>• Solo para cantidades grandes de masas.</li> </ul>
<p><b>AMASADORA DE EJE OBLICUO.</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No recalienta la masa.</li> <li>• Flexibilidad de corrección de las condiciones del amasado por la utilización del freno.</li> <li>• Bajo recalentamiento.</li> <li>• Es apta bien tanto a masas duras como blandas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No permite masas grandes porque derrama parte de esta</li> <li>• Hay que prestar mucha atención al amasado.</li> <li>• No apta para trabajadores no iniciados.</li> <li>• Permite baja aireación a la masa.</li> </ul>

## CAPÍTULO V.

### 5. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA.

Para el estudio y selección de la alternativa más adecuada se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Que la máquina sea capaz de cumplir con las condiciones y requerimientos de los microempresarios a fin de satisfacer su necesidad de producción.
- Que el consumo energético en función de la capacidad de producción sea mínimo.
- Que en el proceso de estiramiento o amasado se permita la máxima aireación a la masa.
- Que no sea complicada el manejo de la máquina ni la puesta en funcionamiento.
- Que los costos de adquisición de materiales como el proceso de construcción no sean elevados.

#### 5. 1. Metodología de diseño. [4]

La metodología del diseño consiste en determinar en primera instancia una idea de cómo va a realizarse el diseño de la máquina amasadora de melcocha, para lo cual se considera realizar una lista de deseos **(D)** y exigencias **(E)**.

#### **Funciones.**

La máquina debe dar a la masa de caramelo porosidad luego del proceso de amasado.	(E)
La máquina debe amasar 140 Kg de masa de melcocha por hora	(E)
La máquina deberá ir provista de un sistema eficaz de control de velocidad	(E)
La máquina debe realizar el proceso de amasado sin la intervención del obrero	(D)

#### **Energía.**

La energía requerida en el proceso será producida por una persona	(E)
Requerir de una persona para la alimentación de la máquina	(D)
Minimizar la pérdida de energía por fricción	(D)

**Seguridad.**

La máquina irá acompañada de las correspondientes instrucciones de montaje, uso y mantenimiento, así como de las medidas preventivas de accidentes	(E)
La máquina tendrá un nivel de seguridad suficiente, a fin de preservar a las personas y a los bienes de los riesgos derivados de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de la amasadora de melcocha	(D)
Evitar el ingreso de elementos perjudiciales en los ejes donde se coloca la masa de melcocha cuando la máquina está en funcionamiento	(E)
Cuando existan partes de la máquina cuya pérdida de sujeción pueda dar lugar a peligros, deberán tomarse precauciones adicionales para evitar que dichas partes puedan incidir en las personas	(E)

**Ergonomía.**

La transferencia de energía hombre – máquina no debe causar fatiga extrema en el operador	(E)
El acceso a los distintos elementos de la máquina deberá ser cómodo para las operaciones de mantenimiento, montaje y desmontaje	(E)
La posición del equipo, controles y banco de trabajo deben permitir una postura satisfactoria y un control correcto mediante las manos	(D)
El periodo de entrenamiento para el uso adecuado de la amasadora de melcocha debe ser mínimo	(D)
El trabajador puede ser sustituido total o parcialmente por otra persona	(D)
No tener efecto contaminante sobre el medio ambiente	(E)

**Fabricación.**

La máquina amasadora de melcocha debe ser de fácil ensamblaje y anclaje	(E)
Las piezas que forman parte de la amasadora de melcocha serán de forma sencilla y de fácil manufactura	(D)
Para evitar la pérdida de estabilidad de la máquina especialmente en su funcionamiento normal se deberá tomar las precauciones técnicas adecuadas	(E)
Los materiales utilizados en la amasadora de melcocha deben encontrarse disponibles en el mercado nacional	(D)
Los componentes de la máquina amasadora de melcocha deben permitir un embalaje en espacio reducido	(D)
Los materiales se seleccionaran de acuerdo a las exigencias de resistencia y calidad	(E)
La máquina amasadora de melcocha debe tener buena estabilidad y rigidez	(E)
Los elementos móviles de la máquina y de los aparatos utilizados para la transmisión de energía o movimiento deben conseguirse, construirse y protegerse de forma que prevenga todo peligro de contacto que pueda originar accidentes	(D)
Los elementos de la amasadora de melcocha deben resistir los diversos esfuerzos que se presenta durante el proceso	(E)
La transmisión de la fuerza se realizara mediante procesos mecánicos	(E)

**Señales.**

La máquina amasadora de melcocha realizará el proceso de amasado en forma visible	(D)
La máquina amasadora de melcocha deberá contar con señales sonoras y/o visibles para indicar que la máquina se encuentra funcionando	(D)

**Control.**

Se deberá verificar la calidad del material utilizado para la fabricación de los elementos de la máquina amasadora de melcocha	(E)
Los niveles de ruido producidos por la amasadora no serán muy elevados	(D)

**Funcionamiento.**

La puesta en marcha de la máquina amasadora de melcocha solo será posible cuando estén garantizadas las condiciones de seguridad para las personas que operen la máquina	(E)
No generar ruidos molestos para el operador	(E)

**Mantenimiento**

La máquina amasadora de melcocha deberá ser diseñada para que las operaciones de verificación, reglaje, regulación, engrase y limpieza se puedan efectuar desde lugares fácilmente accesibles y sin necesidad de eliminar los sistemas de protección	(D)
Los elementos deberán contar con un sistema de lubricación adecuada	(E)
Las piezas deben ser fácilmente remplazadas y deben encontrarse en stock en el mercado nacional	(E)
Contar con un programa de mantenimiento preventivo	(D)

**5.2 Estructura de funciones. [5]****Figura 5.1:** Abstracción de caja negra.**5.2.1. Entradas.****Materia:** masa de melcocha.

**Energía:** (motor eléctrico) para amasar o estirar la masa de melcocha.

**Señales:** Activada al dar inicio al funcionamiento de la máquina amasadora de melcocha.

### **5.2.2. Salidas.**

**Materia:** Masa de melcocha aireada con buena porosidad.

**Energía:** Ruido, Vibraciones y calor.

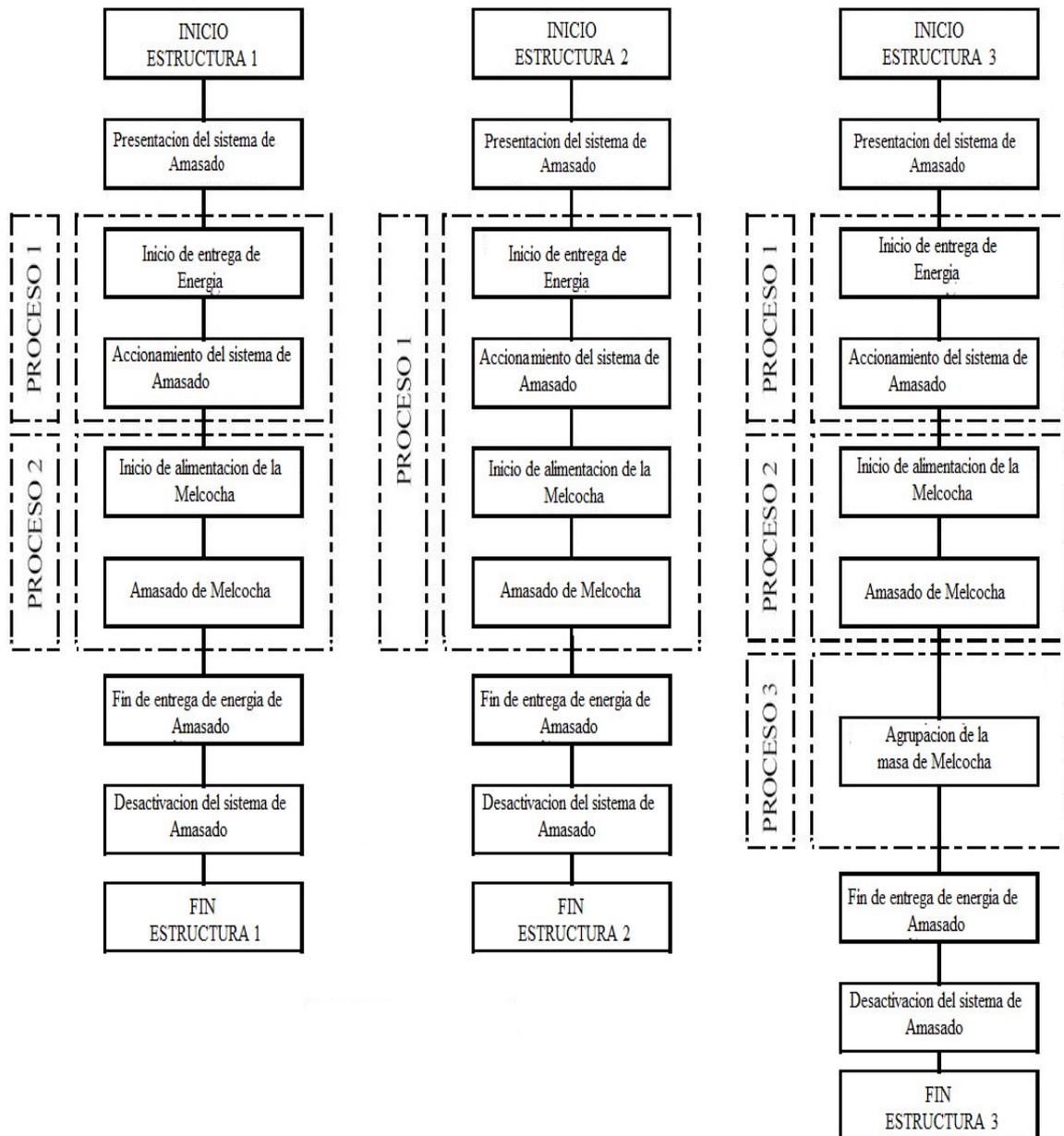
**Señales:** Que indiquen que la máquina amasadora de melcocha está funcionando.

La secuencia de operaciones empezara con posicionar en la máquina una masa de melcocha, luego se iniciara el funcionamiento de la máquina amasadora y se conseguirá a la salida una masa de melcocha aireada (porosa) por ende aumenta el volumen lo que significa ganancias para el microempresario.

### **5.3. Aplicaciones de los sistemas técnicos y sus limitaciones. [6]**

Para realizar la elaboración de la melcocha tenemos que tener en cuenta que partimos de la utilización de la energía humana tomando en cuenta que para conseguir nuestro objetivo emplearemos mecanismos los mismos que serán evaluados para seleccionar el más apropiado para el cumplimiento de dicho fin.

Desde el punto de vista energético, la fuente que se tiene prevista para la máquina es bastante ínfima es por esto la necesidad de emplear mecanismos de transmisión bastante eficientes pues se debe aprovechar de sobre manera la energía entregada.



**Figura 5.2:** Propuesta de estructura de funciones.

#### 5.4. Matriz morfológica. [7].

Tabla 5.1: MATRIZ MORFOLÓGICA.

1	<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.</b>				
1.1	Entrega de la masa de melcocha	Manual	Automático	Gravedad	
1.2	Introducción de la masa a la amasadora	Manual	Automático	Gravedad	
2	<b>SISTEMA DE IMPULSIÓN.</b>				
2.1	Energía Motriz	Humana	Eléctrica	Eólica	Hidráulica
2.2	Mecanismo Motriz	Palanca	Pedales	Mánivela	Automática
2.3	Mecanismo de transmisión	Faja	Bandas	Engranajes	Cadena
3	<b>SISTEMA DE CONTROL.</b>				
3.2	Encendido de la máquina	Manual	Automático		
3.3	Control de velocidad	Manual	regulable		
		<b>Prototipo 3</b>	<b>Prototipo 2</b>	<b>Prototipo 1</b>	

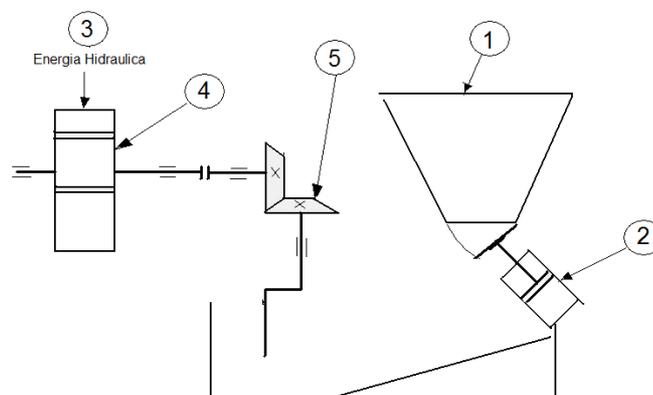
#### 5.5. Concepto óptimo. [8]

##### 5.5.1. Bosquejo y descripción de propuestas.

Una vez realizado la descripción de las necesidades en la máquina amasadora de melcocha, para obtener los resultados deseados empezamos hacer un análisis de las tres opciones anteriores que

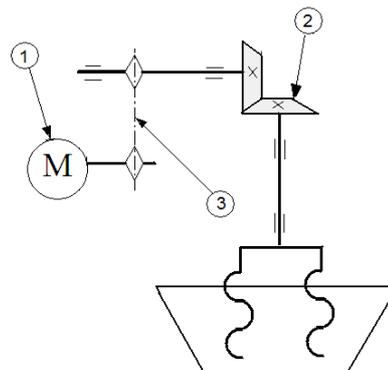
se han investigado para llegar a un balance óptimo y tener la idea principal para empezar el estudio de los diferentes tipos de amasadoras y adaptarle a la alternativa de diseño elegida.

Teniendo así que el prototipo 1 tendrá una alimentación automática de la masa de melcocha mediante una tolva (1) , la que permitirá automáticamente el paso de la masa de melcocha utilizando un cilindro neumático (2) , luego la energía será dada de manera hidráulica (3) para todos los sistemas y aprovechando el líquido como principal impulsor, el mecanismo motriz será accionada por pedales (4), y el mecanismo de transmisión será a través de engranajes (5) , para encender la máquina el sistema es automático, y el control de la velocidad del motor regulable.



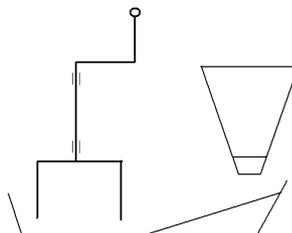
**Figura 5.3:** Prototipo 1.

El prototipo 2 tendrá una alimentación manual de la masa de melcocha en la máquina amasadora, se utilizará energía eléctrica la cual activará un motor (1), el mecanismo de transmisión será a través de engranajes (2) y cadena (3), el control del encendido del motor será manual con la utilización de botoneras y la velocidad será regulable.



**Figura 5.4:** Prototipo 2.

El prototipo 3 tendrá una alimentación por gravedad, la energía a utilizar es humana, y está opción es la menos recomendada ya que el obrero realiza el proceso de amasado.



**Figura 5.5:** Prototipo 3.

### 5.5.2. Evaluación Técnico – Económico de propuestas. [8].

Teniendo claras las propuestas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista técnico económico.

Se indicaran diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor de (1 a 5) dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención siendo 1 malo y 5 excelente.

**Tabla 5.2:** EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Puntos de evaluación		Factor de importancia $F_i$	Puntaje $P_i$			Proyecto Ideal
			Opción 1	Opción 2	Opción 3	
1	Material	3	4	4	3	5
2	Fabricación	3	4	4	3	5
3	Operación	2	4	4	3	5
4	Mantenimiento	2	4	4	2	5
5	Producción	3	4	5	2	5
Total = $\Sigma(F_i \times P_i)$			52	55	34	65
Coeficiente Económico = P total/Puntaje ideal			80%	85%	52%	100%

A los puntos de comparación también se les asignara un peso de (1 a 3) dependiendo de cuanto trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será denominado como el factor de influencia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

Tabla 5.3: EVALUACIÓN TÉCNICA.

Puntos de evaluación		Factor de importancia Fi	Opción 1	Opción 2	Opción 3	proyecto ideal
1	Seguridad	3	3	4	4	5
2	Rendimiento	3	5	5	3	5
3	Costo de energía	3	5	5	5	5
4	Facilidad de fabricación	2	4	4	5	5
5	Ergonomía	2	4	4	3	5
6	Accesorios	2	4	4	4	5
7	Facilidad de manejo	1	3	5	3	5
8	Facilidad de montaje	1	3	4	5	5
9	Lubricación	1	4	4	4	5
10	Mantenimiento	1	4	3	2	5
11	Ruido	1	3	4	4	5
Total = $\Sigma(Fi \times Pi)$			80	86	78	100
Coeficiente Técnico = P total/Puntaje ideal			80%	86%	78%	100%

Para efectos de grafica lo realizaremos considerando en el eje de las y los porcentajes que se obtuvieron tanto en el coeficiente técnico como en lo económico.

Tabla 5.4: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA- ECONÓMICA.

	OP1	Op2	Op3	Ideal
<b>Coeficiente técnico</b>	80	86	78	100
<b>coeficiente económico</b>	80	85	52	100

### 5.5.3. Evaluación de propuestas.

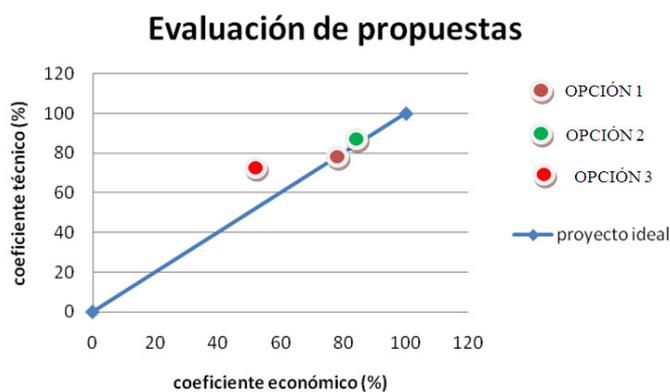


Figura 5.6: Evaluación de propuestas.

Dentro de las evaluaciones tecnico economicas y analizando la grafica observamos que la mejor opcion es el prototipo 2 por que se encuentra dentro de las normas requeridas y de facil acceso a los microempresarios que necesitan la máquina amasadora de melcocha.

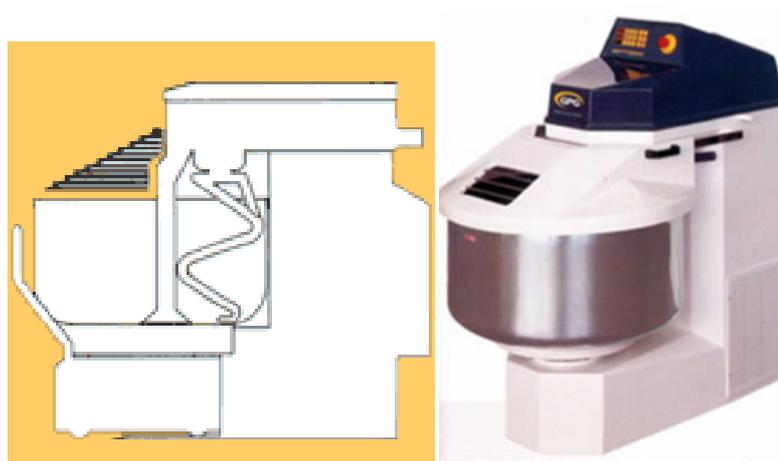
## **5.6. Análisis de alternativas.**

### **5.6.1. Amasadora de Espiral.**

Con una buena aceptación en el mercado, es junto con la amasadora de brazos las que tiene más aceptación. Además, es la que mayor utilización está teniendo con respecto a los demás tipos de amasadoras.

Tienen un recipiente profundo, por lo que la aireación es baja, obteniéndose masas muy batidas y con poca fuerza.

Generalmente en todas las amasadoras espirales se puede cambiar el sentido de giro del recipiente, lo que permite hacer masas más pequeñas y sacar la masa desenganchándola del brazo al cambiarle de sentido.



**Figura 5.7:** Amasadora de Espiral.

#### **Características.**

- Recipiente y brazo amasador en acero inoxidable con cuadro eléctrico equipado con reloj temporizador de regulación del tiempo de amasado.

- El tiempo de amasado oscila entre los 12 y 15 minutos, permite amasar de una forma rápida y eficaz utilizada en masas para panadería es decir en masas suaves.
- La estructura está construida en chapa de hierro monobloque con nervios de refuerzo en su interior.
- La estabilidad de la máquina es total no siendo necesario anclarla en el suelo.
- Brazo agitador de acero inoxidable pulido y tratado térmicamente lo que garantiza una elevada dureza superficial y una gran resistencia mecánica.
- Gancho en forma de espiral y recipiente construida en chapa de acero inoxidable pulida, con paredes lisas.
- Permite amasados de pequeñas cantidades dada las características del diseño de los elementos con que se compone la máquina, permite el amasado de cantidades que oscilan entre un 5 y 10% de su capacidad total.
- El motor posee dos velocidades, instalado en el interior de la bancada para corriente alterna trifásica (220 V).

### **5.6.2. Amasadora de Brazos.**

Esta es la amasadora que cuenta con mayor aceptación, existe dos tipos, esta clasificación se ha dado debido a la posición de los brazos y ejes de amasado así tenemos:

- Amasadora de brazos horizontales y ejes de amasado verticales.
- Amasadora de brazos verticales y ejes de amasado horizontales.

Este tipo de máquinas amasadora son rápida. El recalentamiento es bajo aunque hay que destacar la diferencia del amasado según sea la cantidad de masa, de tal forma, que a menor número de kilos de masa, mayor será la aireación.

#### **Características de la Amasadora de Brazos Horizontales – ejes verticales.**

- Se utiliza para masas suaves, untables como para confitería.

- Trabajo similar como el que se realiza a mano.
- Mecanismos montados sobre soportes resistentes a fin de sostener todo el peso.
- Cubierta con malla como protección en el proceso de amasado y cubierta de acero inoxidable para el conjunto de la transmisión motor.
- Mecanismo a base de engranajes.
- Brazos de acero inoxidable.
- Mesa de amasado que sube y baja para colocar la masa.
- Dimensiones de la máquina espaciosas.
- Motor de 2 velocidades trifásico a 220v.



**Figura 5.8:** Amasadora de brazos tipo horizontal.

#### **Características de la Amasadora de Brazos Verticales – ejes horizontales.**

- Trabajo similar como el que se realiza a mano.
- Mecanismos montados sobre chumaceras con rodamientos de bolas.
- Es muy silenciosa.
- Cubierta en Acero Inoxidable.
- Mecanismo a base de engranajes.
- Brazos de acero especial cromados.
- Dimensiones de la máquina pequeñas.
- Motor trifásico de 220 v.

- Control de velocidad con la utilización de una variador de frecuencia.



**Figura 5.9:** Amasadora de brazos tipo vertical.

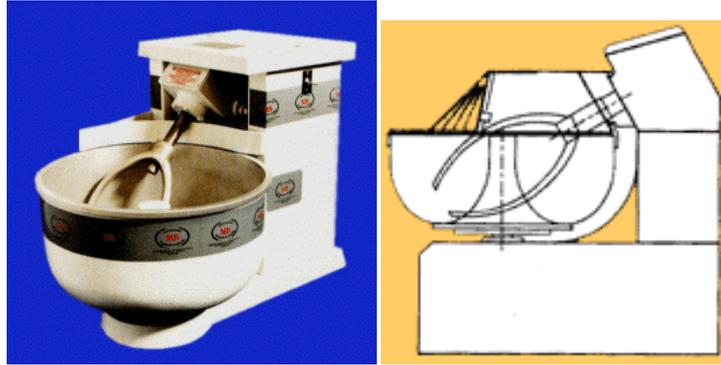
### **5.6.3. Amasadora de Eje Oblicuo.**

Está equipada con un motor de dos velocidades: una lenta para el preamasado y masas duras (40/45% de agua) y otra rápida para masas más blandas (60/80% de hidratación). Algunos modelos cuentan con la llamada “cazuela loca”, es decir, el movimiento de rotación se realiza por el impulso de la masa, de tal forma, que el frenado de la cazuela permitirá, a voluntad, ir variando las condiciones del amasado.

Este hecho implica que el amasador debe estar perfectamente entrenado para que no se produzcan grandes diferencias entre unas masas y otras. Pero, por otra parte, también es posible variar la fuerza de la masa por medio de la utilización del freno de la cazuela.

Dentro de los inconvenientes que poseen este tipo de amasadoras, debemos destacar que no permite la elaboración de cantidades grandes de masa, ya que derrama la masa al inicio del amasado. Igualmente, tampoco permite hacer pequeñas cantidades de masa al no agarrar correctamente la masa, lo que nos obliga a elaborar masas que ocupen al menos un 30% de su capacidad.

Podríamos definirlo como un sistema de amasado lento, de bajo recalentamiento y que se adapta bien, tanto en masas duras en la primera velocidad, como en masas blandas en la segunda.



**Figura 5.10:** Amasadora de eje oblicuo.

### **Características.**

- Ideal para todo tipo de masas ya sea duras o blandas.
- Cabezal a corona y sin fin.
- Lubricación automática.
- Transmisión a cadena y engranajes.
- Mando de la batea a corona y sin fin.
- Montada sobre rodamientos.
- Control Manual y automático.
- Posee tablero eléctrico automático con interrupción automática de la marcha al levantar el protector de batea.
- El tiempo de amasado es de 8 a 10 minutos.
- La batea es de acero inoxidable Aisi304 y el eje oblicuo es de acero con tratamiento antioxidante.

### **5.7. Selección de la mejor alternativa.**

De acuerdo a los parámetros expuestos en este capítulo y a las ventajas y desventajas de cada una de las máquinas amasadoras, considerando la necesidad del microempresario, se pudo apreciar que no todas estas máquinas son óptimas para el amasado de melcocha por lo indispensable que es la aireación a la masa, ya que con este proceso la masa se vuelve porosa ganando volumen. Llegando así a la conclusión de utilizar la máquina amasadora de brazos tipo vertical.

- La máquina amasadora de melcocha de brazos tipo vertical realiza el trabajo requerido para el tipo de masa (melcocha) a utilizarse.
- En el proceso de amasado la masa adquiere gran aireación.
- El costo de este tipo de máquina es relativamente menor comparada con las otras analizadas por estar constituida de partes sencillas pero importantes.
- Da facilidad para transportar esta máquina debido a que en conjunto no pesa mucho a demás se puede armar y desarmar fácilmente.
- Tiene la oportunidad de variar la velocidad con la utilización de un variador de frecuencia.

### 5.8. Esquema de la máquina.

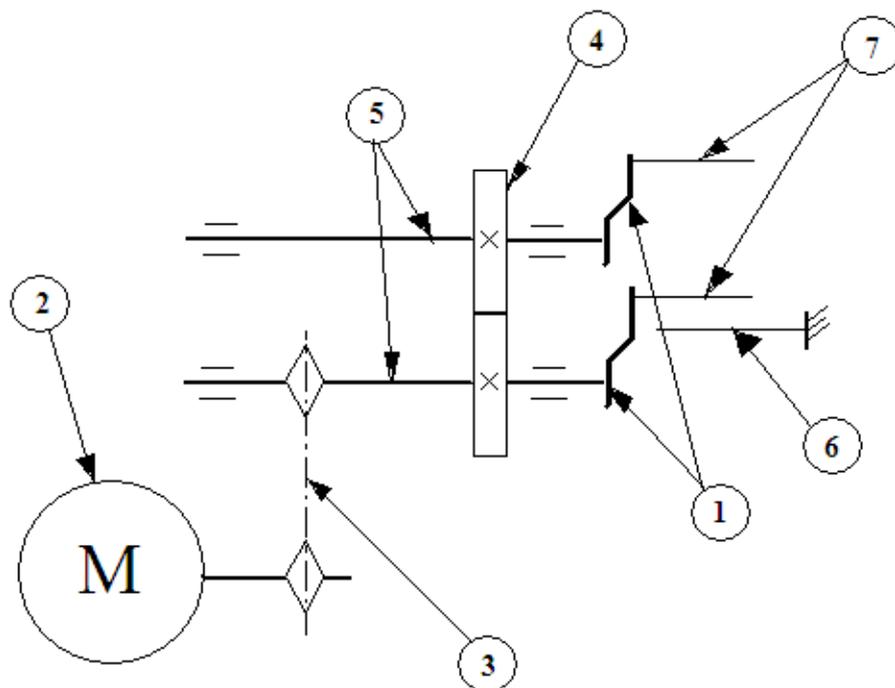


Figura 5.11: Esquema de la máquina seleccionada.

### 5.9. Principio de funcionamiento de la máquina seleccionada.

La máquina amasadora de brazos tipo vertical consta de dos brazos (1), con objeto de realizar el trabajo de los brazos del obrero, estos brazos giran con la utilización de un moto reductor (2), un

sistema de transmisión por medio de cadena (3) y engranes (4), permiten que giren los ejes (5), uno en sentido horario y el otro en sentido anti horario.

A demás posee tres ejes externos donde se sitúa la masa de melcocha, uno fijo (6) y los otros dos ejes (7) acoplados a cada uno de los brazos.

El eje fijo y el sentido de giro de cada uno de los brazos será aquel que permite que no se derrame la masa de melcocha en el proceso de amasado.

El eje del motor reductor posee un piñón con cadena que transmite el movimiento con la utilización de una catalina a un eje, en el cual esta acoplado un engrane recto este engrane transmitirá el movimiento a otro eje a través de un engrane de las mismas características, en los extremos de los ejes se colocaran dos brazos, con los cuales se obtiene el movimiento necesario para batir la masa de melcocha.

## CAPÍTULO VI.

### 6. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS.

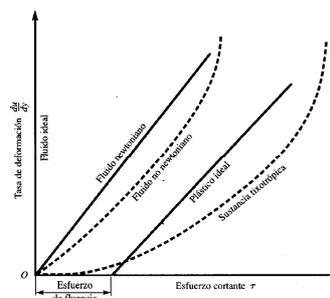
Con la utilización de paquetes computacionales los elementos mecánicos que se va a calcular, diseñar o seleccionar se realiza en dos y tres dimensiones respectivamente hasta por último obtener la máquina amasadora de melcocha de la mejor manera posible y teniendo los últimos avances en cuanto a dibujos y planos se refiere.

#### 6.1. Parámetros de diseño.

##### 6.1.1. Característica de la melcocha.

La melcocha se crea con la solución de panela con agua, la cual debe ser calentada a la temperatura apropiada que está entre los 100 y 115 °C conocido como la etapa suave de la masa de melcocha. Recomendamos el usar de un termómetro para determinar la temperatura, para la seguridad máxima y la eficacia.

Una vez que la melcocha se ha calentado a la temperatura apropiada (110 °C), se deja enfriar un poco hasta unos 45 °C para proceder a estirar esto es un proceso fuerte que requiere un mezclador, para alcanzar en la masa la textura apropiada. El estiramiento incorpora el aire en la masa, creando pequeñas burbujas en todas partes de esta. Este proceso es qué da a la melcocha su textura ligera, mullida. Para determinar el ensayo a realizar en la masa de melcocha analizamos a que fluido pertenece [9].



**Figura 6.1:** Diagrama de tipos de fluidos.

Un fluido newtoniano es aquel que se comporta de acuerdo con la ecuación:

$$\tau = \mu (\Delta V / \Delta y) \quad (6.1)$$

Donde:

$\tau$  = Tensión de corte.

$(\Delta V / \Delta y)$  = Gradiente de velocidad.

$\mu$  = Viscosidad.

Los fluidos newtonianos son aquellos que tienen una relación lineal entre la tensión de corte y el gradiente de velocidad, en este tipo de fluidos la viscosidad no cambia, mientras que en los fluidos no newtonianos, cambia la viscosidad con el gradiente de velocidad.

Se tiene dos principales clasificaciones de los fluidos no newtonianos:

- Independientes del tiempo.
- Dependientes del tiempo.

Como su nombre lo indican los fluidos independientes del tiempo tienen una viscosidad, a cualquier tensión de corte, que no varía con el tiempo.

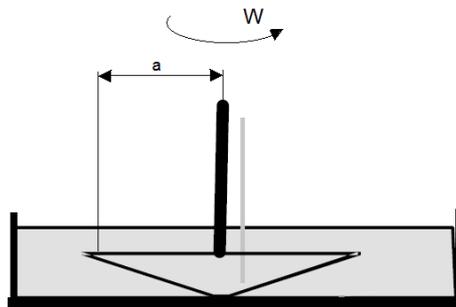
Mientras que los dependientes del tiempo, cambiará la viscosidad con el transcurrir del tiempo.

La melcocha es un fluido no newtoniano dependiente del tiempo, y es muy difícil de analizar debido a que su viscosidad aparente varía con el tiempo, así como el gradiente de velocidad y temperatura, entre los fluidos dependientes del tiempo tenemos como ejemplos: la tinta de impresión, el nailon, algunas jaleas, masa de harina, masa de caramelo, y varias soluciones polímeras. A este tipo de fluidos se las conoce como fluidos tixotrópicos.

### 6.1.2. Resistencia que presenta la melcocha al estiramiento. [10]

La resistencia al estiramiento que presenta la masa de melcocha es un parámetro fundamental del diseño de la máquina amasadora de melcocha, la misma que se determinó en base a ensayos de Tensión de Fluencia utilizando información del Manual Elementario de Reología y con el tipo de fluido al que pertenece la melcocha, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$\sigma_o = W/\pi a^2. \quad (6.2)$$



**Figura 6.2:** Ensayo de Sherman.

Donde:

$\sigma_o$  = Tensión de Fluencia.

W= Fuerza de Estiramiento.

a= radio en el plano de penetración de un cono de ángulo recto.

Sherman enlistó los siguientes valores de tensión de fluencia (en pascales) y sus valores para sólidos- suaves, alimentos, y materiales de extensión.

5000 – 10000.	Medios muy suaves, no puros.
10000 – 20000.	Suaves, pero siempre untables.
20000 – 80000.	Plásticos y untables.
80000 – 100000.	Duros, pero satisfactoriamente untables.

100000 – 150000. Demasiados duros, límite de untabilidad.

La tensión de fluencia con la cual se determina la fuerza de estiramiento es entre 10000 y 20000 Pa, para materiales suaves pero siempre untables, este valor se utiliza por las características que conserva la melcocha.

El valor de  $a$  recomendado es de 5 cm = 0.05 m que es el valor del radio en el plano de penetración. Por lo tanto la fuerza de estiramiento para la melcocha es:

$$W = \sigma_0 \cdot \pi a^2 \quad (6.3)$$

$$W_{\text{máx}} = 20000 \text{ Pa} \cdot \Pi \cdot (0.05\text{m})^2 \quad W_{\text{mín}} = 10000 \text{ Pa} \cdot \Pi \cdot (0.05\text{m})^2$$

$$W_{\text{máx}} = 157.08 \text{ N} = 16 \text{ Kg.}$$

$$W_{\text{mín}} = 8 \text{ Kg.}$$

### 6.1.3. Velocidad en el proceso de amasado de melcocha.

La velocidad en el proceso de amasado se determina por medio de la observación directa a los obreros que realizan este trabajo, al realizar esta observación se determina una velocidad aproximada.

**Tabla 6.1:** DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD EN EL AMASADO.

Pruebas	Ciclo 1 (vueltas / min)	Ciclo 2 (vueltas / min)	Ciclo 3 (vueltas / min)	Promedio (Vueltas / min).
Operario 1	48	49	47	48
Operario 2	52	50	48	50
Operario 3	60	58	56	58

El resultado que se obtiene es de aproximadamente 52 vueltas/ min.

### 6.2. Diseño mecánico de los ejes de amasado.

En la máquina amasadora de melcocha existen tres ejes de amasado de longitud asumida  $L = 25\text{cm}$ , que están en contacto directo con la masa, es así necesario utilizar un acero inoxidable ya que se

trata de una masa alimenticia de manera que se seleccionó UNS S30400 [11], dos de los ejes de amasado están en movimiento circular reemplazando los brazos del operario y por el contrario el tercer eje es fijo reemplazando el gancho para el amasado.

#### CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL UTILIZADO (Ver anexo 2)

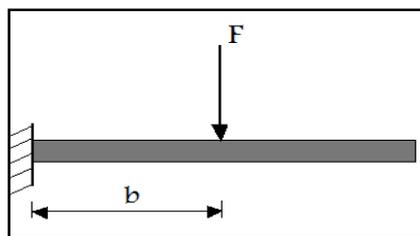
Acero Inoxidable Forjado Numero UNS S30400.

Resistencia a la fluencia  $S_y = 35000 \text{Psi} = 2466 \text{Kg/cm}^2$

Elongación a la tensión  $S_{ut} = 85000 \text{Psi} = 5988 \text{Kg/cm}^2$

#### 6.2.1. Diseño estático

En este elemento de máquina existen dos esfuerzos: de flexión y corte, para analizar estos esfuerzos vamos a representar a este elemento como una viga en voladizo.



**Figura 6.3:** Representación del eje de amasado.

**FLEXIÓN:** Para hallar el esfuerzo de flexión aplicamos la siguiente fórmula:

$$\sigma_f = \frac{M_f}{Z} \quad (6.4)$$

Siendo:

$Z$  : Modulo de sección  $= I/c$

$I$  : Momento de Inercia; en este caso de sección circular  $= \pi.d^4/64$

$c$  : Distancia del eje neutro hacia el extremo de la sección  $= d/2$

$M_f$  : Momento flector =  $F.b$

$F$  : Fuerza máxima de estiramiento = 16 Kg

$b$  :  $L/2$  Distancia del empotramiento hacia la fuerza  $F$ .

Reemplazando los valores anteriores se obtiene la siguiente fórmula:

$$\sigma_f = \frac{32.F.b}{\pi.d^3} \quad (6.5)$$

**CORTE:** Para hallar el esfuerzo de corte que se produce en el empotramiento utilizamos la siguiente fórmula:

$$\tau_c = \frac{F}{A} \quad (6.6)$$

Donde:

$A$  : Área de sección circular =  $\pi.d^2/4$

Reemplazando el valor del área obtenemos la siguiente fórmula:

$$\tau_c = \frac{4.F}{\pi.d^2} \quad (6.7)$$

Se considera utilizar la teoría del esfuerzo cortante para hallar el valor del factor de seguridad.

$$\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \frac{S_y}{n} \quad (6.8)$$

$$\sqrt{\left(\frac{32.F.b}{\pi.d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{4.F}{\pi.d^2}\right)^2} = \frac{S_y}{n}$$

Siendo:

$n$ : Factor de seguridad.

$d$ : Diámetro del eje asumido= 1 pulg. = 2,54 cm.

$S_y$ : Resistencia a la fluencia =  $2466 \text{ Kg/cm}^2$

b: Distancia entre la fuerza y el empotramiento = 12,5 cm.

Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos un factor de seguridad:

$$n = 20$$

El diámetro del eje asumido es de 1 plg, valor que se considera por el requerimiento de enganche que se necesita entre la masa y el eje externo, es por esto que se obtiene un factor de seguridad alto.

### 6.2.2 Diseño dinámico.

En el diseño dinámico se utiliza la fuerza mínima y máxima para diseñar cada uno de los elementos constitutivos de la máquina.

**FLEXIÓN:** Al existir la fuerza máxima y mínima existen dos momentos flectores máximo y mínimo, cuyos valores hallamos aplicando la siguiente fórmula:

$$M_f = F \cdot b \tag{6.9}$$

$$M_{f_1} = F_{\max} \cdot b = 16 \text{ kg} \cdot 12,5 \text{ cm} = 200 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_{f_2} = F_{\min} \cdot b = 8 \text{ kg} \cdot 12,5 \text{ cm} = 100 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

Una vez obtenidos estos valores de momentos procedemos hallar los valores de amplitud de momento y momento medio aplicando las siguientes formulas:

$$M_{f_a} = \frac{M_{f_1} - M_{f_2}}{2} \tag{6.10}$$

$$M_{f_m} = \frac{M_{f_1} + M_{f_2}}{2} \tag{6.11}$$

Aplicando la Ecuación. 6.5 obtenemos los siguientes esfuerzos:

$$\sigma_{fa} = \frac{32M_{fa}}{\pi.d^3} = \frac{32(50kg.cm)}{3,1415(2,54cm)^3} = 31 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{fm} = \frac{32M_{fm}}{\pi.d^3} = \frac{32(150kg.cm)}{3,1415(2,54cm)^3} = 93,2 \text{ Kg/cm}^2$$

**CORTE:** Al igual que en la flexión existen la fuerza máxima y mínima, en el corte también aplicamos estas fuerzas hallando así los esfuerzos de corte máximo y mínimo cuyos valores hallamos aplicando la Ec. 6.7:

$$\tau_{c1} = \frac{4.F_{\max}}{\pi.d^2} = \frac{4.(16kg)}{\pi.(2,54cm)^2} = 3,16 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau_{c2} = \frac{4.F_{\min}}{\pi.d^2} = \frac{4.(8kg)}{\pi.(2,54cm)^2} = 1,58 \text{ Kg/cm}^2$$

Una vez obtenidos estos valores de esfuerzos cortantes procedemos hallar los valores de amplitud de esfuerzo y esfuerzo medio aplicando las siguientes formulas:

$$\tau_{Ca} = \frac{\tau_{c1} - \tau_{c2}}{2} \quad (6.12)$$

$$\tau_{Cm} = \frac{\tau_{c1} + \tau_{c2}}{2} \quad (6.13)$$

Al reemplazar los valores obtenemos los siguientes resultados:

$$\tau_{Ca} = 0,79 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau_{Cm} = 2,37 \text{ Kg/cm}^2$$

Los esfuerzos equivalentes se determinan por las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 4(\tau_a)^2} \quad (6.14)$$

$$\sigma_{eq_m} = \sqrt{(\sigma_m)^2 + 4(\tau_m)^2} \quad (6.15)$$

Al reemplazar los valores se obtiene lo siguiente:

$$\sigma_{eq_a} = 31 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{eq_m} = 93,32 \text{ Kg/cm}^2$$

El siguiente paso es hallar el límite de fatiga de este material para esto vamos a optar por las siguientes recomendaciones:

1. Se sugiere una posible relación entre la resistencia estática del material y la resistencia a la fatiga dependiendo del esfuerzo mayor que predomina en este caso tenemos la flexión, por tanto la formula es la siguiente:

$$S'_e = 0,5S_u \quad (6.16)$$

$$S'_e = 1233 \text{ Kg/cm}^2$$

2. Para hallar el límite de fatiga se asume un valor de  $K_i = 0,8$  se recomienda cuando existes más de un esfuerzo fluctuante.

$$S_e = K_i \cdot S'_e \quad (6.17)$$

$$S_e = 1916 \text{ Kg/cm}^2$$

Una vez obtenido el valor del límite de fatiga utilizamos la ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} + \frac{\sigma_{eq_m}}{S_y} = \frac{1}{n} \quad (6.18)$$

Reemplazando los esfuerzos equivalentes en la Ec. 6.18 se tiene:

$$n = 32//// \text{ OK}$$

Este factor de seguridad es muy alto, esto se debe a la explicación en el diseño estático.

### 6.3. Diseño de los brazos.

Para realizar el diseño de los brazos vamos a utilizar una platina de acero laminado en caliente ASTM A-36 (ver anexo 3).

#### CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

Acero Laminado en caliente calidad ASTM A-36

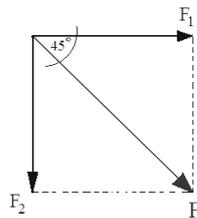
Resistencia a la fluencia  $S_y = 250MPa = 2551Kg/cm^2$

Elongación a la tensión  $S_{ut} = 550MPa = 5612Kg/cm^2$

#### 6.3.1. Diseño estático

Para el diseño de los brazos se asume una relación entre el valor de a con respecto a b es decir entre el alto y el ancho de la platina igual a 4, además se asume el valor de la longitud de los brazos considerando un posible contacto entre estos, el valor para cada tramo es: (CD = 10cm.)(DE= 3,6cm). (EF. = 8cm).

La fuerza de estiramiento de la melcocha es una fuerza resultante entre dos planos, es por esto que debemos descomponer en cada plano, a continuación se muestran estos valores:

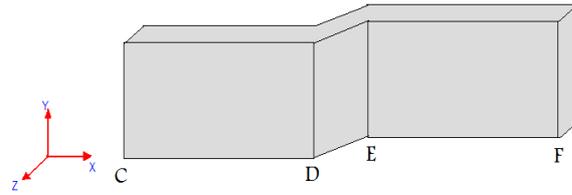


**Figura 6.4:** Componentes de la fuerza de estiramiento.

Aplicando funciones trigonométricas obtenemos los siguientes valores:

$$F_1 = F \cdot \cos 45^\circ \cong 12Kg = F_2$$

Se analiza por tramos y planos:



**Figura 6.5:** Brazo de la amasadora de melcocha.

**Tabla 6.2:** ESFUERZO ESTÁTICO EN EL TRAMO C-D.

TRAMO C-D	AXIAL	FLEXIÓN X-Z	FLEXIÓN X-Y	TORSIÓN
VISTA FRONTAL 	$\sigma = \frac{F_1}{A}$ $\sigma = \frac{48}{a^2}$	$\sigma_{f1} = \frac{M_{f1} \cdot c_1}{I_1}$ $\sigma_{f1} = \frac{14400}{a^3}$	$\sigma_{f2} = \frac{M_{f2} \cdot c_2}{I_2}$ $\sigma_{f2} = \frac{2880}{a^3}$	$\tau = k_1 \cdot \frac{T}{ab^2}$ $\tau = \frac{8520}{a^3}$

Siendo:

A: área de la sección rectangular =  $a \cdot b = a^2/4$

$I_1$ : Momento de Inercia; en este caso de sección rectangular =  $ab^3/12 = a^4/768$

$I_2$ : Momento de Inercia; en este caso de sección rectangular =  $ba^3/12 = a^4/48$

$c_1$ : Distancia del eje neutro hacia el extremo de la sección =  $b/2 = a/8$

$c_2$ : Distancia del eje neutro hacia el extremo de la sección =  $a/2$

$M_{f1}$ : Momento flector que origina la fuerza F1 a una distancia de 12,5 cm

$M_{f2}$ : Momento flector que origina la fuerza F2 a una distancia  $\overline{CD} \cong 10$  cm

$k_1$ : Constante que depende de la relación (a/b) y es igual a 3,55

T: torque que produce la fuerza F2 a una distancia = 12,5 cm

Para obtener una resultante de los esfuerzos de flexión de los dos planos se aplica la siguiente ecuación:

$$\sigma_{fresult} = \sqrt{\sigma_{f1}^2 + \sigma_{f2}^2} \quad (6.19)$$

$$\sigma_{fresult} = \frac{14685,2}{a^3}$$

Utilizamos la teoría del esfuerzo cortante para encontrar el valor de n (factor de seguridad):

$$\sqrt{(\sigma + \sigma_{fresult})^2 + 4\tau^2} = \frac{S_y}{n}$$

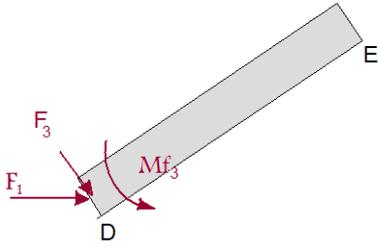
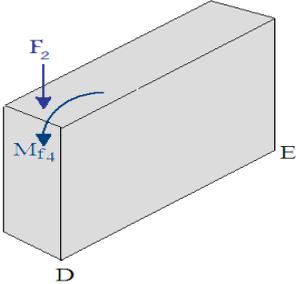
Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos lo siguiente:

$$a = 3 \quad n = 3,1$$

$$a = 4 \quad n = 7,3$$

$$a = 5 \quad n = 14,5$$

**Tabla 6.3:** ESFUERZO ESTÁTICO EN EL TRAMO D-E.

TRAMO D-E	FLEXIÓN (F3)	FLEXIÓN (F2)	TORSIÓN
<p>VISTA SUPERIOR</p>  <p>VISTA FRONTAL</p> 	$\sigma_{f1} = \frac{14400}{a^3}$	$\sigma_{f2} = \frac{2880}{a^3}$	$\tau_1 = \frac{8520}{a^3}$
	$\sigma_{f3} = \frac{M_{f3} \cdot c_3}{I_3}$ $\sigma_{f3} = \frac{3438}{a^3}$	$\sigma_{f4} = \frac{M_{f4} \cdot c_4}{I_4}$ $\sigma_{f4} = \frac{1037}{a^3}$	$\tau_2 = k_1 \cdot \frac{T}{ab^2}$ $\tau_2 = \frac{2454}{a^3}$
	$\sigma_{res1} = \frac{17838}{a^3}$	$\sigma_{res2} = \frac{3917}{a^3}$	$\tau_{res} = \frac{10974}{a^3}$

Siendo:

$I_3$ : Momento de Inercia; en este caso de sección rectangular  $= a.b^3/12 = a^4/768$

$I_4$ : Momento de Inercia; en este caso de sección rectangular  $= b.a^3/12 = a^4/48$

$c_3$ : Distancia del eje neutro hacia el extremo de la sección  $= b/2 = a/8$

$c_4$ : Distancia del eje neutro hacia el extremo de la sección  $= a/2$

$F_3$ : Componente de la fuerza  $F_1$  y es igual a 10Kg.

$M_{f3}$ : Momento flector que origina la fuerza F3 a una distancia  $\overline{DE} \cong 3,6cm$

$M_{f4}$ : Momento flector que origina la fuerza F2 a una distancia  $\overline{DE} \cong 3,6cm$

$k_1$ : Constante que depende de la relación (a/b) y es igual a 3,55

T: torque que produce la fuerza F2 a una distancia de 3cm.

Para obtener una resultante de los esfuerzos de flexión de los dos planos se aplica la siguiente fórmula:

$$\sigma_{fresult} = \sqrt{\sigma_{res1}^2 + \sigma_{res2}^2} = \frac{18263}{a^3}$$

Utilizamos la teoría del esfuerzo cortante para encontrar el valor de n (factor de seguridad):

$$\sqrt{\sigma_{fresult}^2 + 4\tau^2} = \frac{S_y}{n}$$

Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos lo siguiente:

$$a = 3 \quad n=2,4$$

$$a = 4 \quad n=5,7$$

$$a = 5 \quad n=11,1$$

**Tabla 6.4:** ESFUERZO ESTÁTICO EN EL TRAMO E-F.

TRAMO E-F	FLEXIÓN X-Z	FLEXIÓN X-Y	TORSIÓN
	$\sigma_{f1} = \frac{14400}{a^3}$	$\sigma_{f3} = \frac{2880}{a^3}$	$\tau_1 = \frac{8520}{a^3}$
	$\sigma_{f2} = \frac{M_{f2} \cdot c_2}{I_2}$ $\sigma_{f2} = \frac{3456}{a^3}$	$\sigma_{f4} = \frac{M_{f4} \cdot c_4}{I_4}$ $\sigma_{f4} = \frac{2304}{a^3}$	$\tau_2 = k_1 \cdot \frac{T}{ab^2}$ $\tau_2 = \frac{2454}{a^3}$
	$\sigma_{res1} = \frac{17856}{a^3}$	$\sigma_{res2} = \frac{5184}{a^3}$	$\tau_{res} = \frac{10974}{a^3}$

Siendo:

$I_2$ : Momento de Inercia; en este caso de sección rectangular  $= a \cdot b^3 / 12 = a^4 / 768$

$I_4$ : Momento de Inercia; en este caso de sección rectangular  $= b \cdot a^3 / 12 = a^4 / 48$

$c_2$ : Distancia del eje neutro hacia el extremo de la sección  $= b/2 = a/8$

$c_4$ : Distancia del eje neutro hacia el extremo de la sección  $= a/2$

$M_{f2}$ : Momento flector que origina la fuerza F1 a una distancia de 3 cm

$M_{f4}$ : Momento flector que origina la fuerza F2 a una distancia  $\overline{EF} \cong 8cm$

$k_1$ : Constante que depende de la relación (a/b) y es igual a 3,55

T: torque que produce la fuerza F2 a una distancia de 3cm.

Para obtener una resultante de los esfuerzos de flexión de los dos planos se aplica la siguiente fórmula:

$$\sigma_{fresult} = \sqrt{\sigma_{res1}^2 + \sigma_{res2}^2} = \frac{18593}{a^3}$$

Utilizamos la teoría del esfuerzo cortante para encontrar el valor de n (factor de seguridad):

$$\sqrt{\sigma_{fresul}^2 + 4\tau^2} = \frac{S_y}{n}$$

Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos lo siguiente:

$$a = 3 \quad n=2,39$$

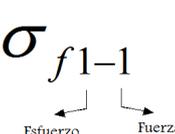
$$a = 4 \quad n=5,67$$

$$a = 5 \quad n=11,09$$

### 6.3.2 Diseño dinámico

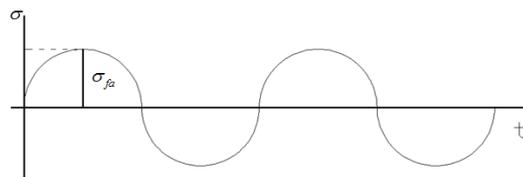
El análisis de esfuerzos se realiza por tramos al igual que en el diseño estático con la fuerza mínima y máxima de estiramiento hallada anteriormente.

**Tabla 6.5:** ESFUERZOS DINÁMICOS EN EL TRAMO C-D.

Tramo C-D	FLEXIÓN X-Z	FLEXIÓN X-Y	TORSIÓN
$\sigma_{f1-1}$  <p>F-1----Fuerza máxima = 12Kg F-2----Fuerza mínima = 6Kg</p>	$\sigma_{f1-1} = \frac{14400}{a^3}$	$\sigma_{f2-1} = \frac{2880}{a^3}$	$\tau_{1-1} = \frac{8520}{a^3}$
	$\sigma_{fmax} = \sqrt{\sigma_{f1-1}^2 + \sigma_{f2-1}^2} = \frac{14472}{a^3}$		$\tau_{1-2} = \frac{4260}{a^3}$
	$\sigma_{f1-2} = \frac{7200}{a^3}$	$\sigma_{f2-2} = \frac{1440}{a^3}$	$\tau_{Ta} = \frac{10974}{a^3}$
	$\sigma_{fa} = \frac{14472}{a^3}$	$\sigma_{fm} = 0$	

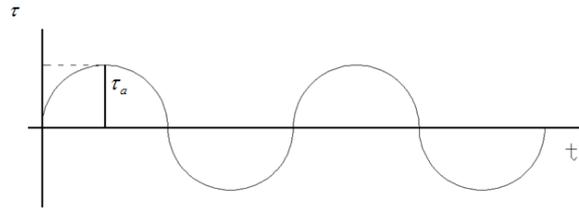
Una vez hallado los valores de amplitud de esfuerzo y esfuerzo medio, encontramos los valores equivalentes aplicando la siguiente fórmula:

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2}$$



$$\sigma_{eq_a} = \frac{22356,21}{a^3}$$

$$\sigma_{eq_m} = 0$$



Para hallar el límite de fatiga de este material vamos a optar por las siguientes recomendaciones

1. Se sugiere una posible relación entre la resistencia estática del material y la resistencia a la fatiga dependiendo del esfuerzo mayor que predomina en este caso tenemos la flexión, por tanto la formula es la siguiente:

$$S'_e = 0,5S'_u$$

$$S'_e = 2806Kg/cm^2$$

2. Para hallar el límite de fatiga se asume un valor de  $K_i = 0,3$  se recomienda cuando existe un esfuerzo fluctuante.

$$S_e = K_i \cdot S'_e$$

$$S_e = 0,3 \cdot (2806Kg/cm^2)$$

$$S_e = 841Kg/cm^2$$

Una vez ya obtenido el valor del límite de fatiga utilizamos de la ecuación siguiente:

Ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} + \frac{\sigma_{eq_m}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

Para la cual el valor de  $\sigma_{eq_m} = 0$  entonces obtenemos la siguiente formula

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} = \frac{1}{n}$$

Reemplazamos estos valores, obtenemos una relación la cual existen dos variables por tanto vamos a asumir valores

$$n = \frac{a^3}{26,6}$$

Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos lo siguiente:

$$a = 3 \quad n=1,02$$

$$a = 4 \quad n=2,04$$

$$a = 5 \quad n=4,71$$

**Tabla 6.6:** ESFUERZOS DINÁMICOS EN EL TRAMO D-E.

FLEXIÓN X-Z	FLEXIÓN X-Y	TORSIÓN
$\sigma_{f1-1} = \frac{14400}{a^3}$	$\sigma_{f3-1} = \frac{864}{a^3}$	$\tau_{1-1} = \frac{6816}{a^3}$
$\sigma_{f1-2} = \frac{7200}{a^3}$	$\sigma_{f3-2} = \frac{432}{a^3}$	
$\sigma_{f2-1} = \frac{3456}{a^3}$	$\sigma_{f4-1} = \frac{3375}{a^3}$	$\tau_{1-2} = \frac{3408}{a^3}$
$\sigma_{f2-2} = \frac{1728}{a^3}$	$\sigma_{f4-2} = \frac{1800}{a^3}$	
$\sigma_{res1} = \sigma_{f1-1} + \sigma_{f2-1} = \frac{17856}{a^3}$ $\sigma_{res2} = \sigma_{f3-1} + \sigma_{4-1} = \frac{4239}{a^3}$ $\sigma_{f\max1} = \sqrt{\sigma_{res1}^2 + \sigma_{res2}^2} = \frac{18352,3}{a^3}$		$\tau_{Ta} = \frac{6816}{a^3}$
$\sigma_{fa} = \frac{18352,3}{a^3}$	$\sigma_{fm} = 0$	

Una vez hallado los valores de amplitud de esfuerzo y esfuerzo medio, encontramos los valores equivalentes aplicando la siguiente fórmula:

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2}$$

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2} = \frac{22860}{a^3}$$

$$\sigma_{eq_m} = 0$$

Una vez ya obtenido el valor del límite de fatiga utilizamos de la ecuación siguiente:

Ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} + \frac{\sigma_{eq_m}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

Para la cual el valor de  $\sigma_{eq_m} = 0$  entonces obtenemos la siguiente formula

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} = \frac{1}{n}$$

Reemplazamos estos valores y obtenemos una relación la cual existen dos variables por tanto vamos a asumir valores

$$n = \frac{a^3}{27,2}$$

Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos lo siguiente:

$$a = 3 \quad n = 0,99$$

$$a = 4 \quad n = 2,35$$

$$a = 5 \quad n = 4,46$$

**Tabla 6.7:** ESFUERZOS DINÁMICOS EN EL TRAMO E-F.

FLEXIÓN X-Z	FLEXIÓN X-Y	TORSIÓN
$\sigma_{f1-1} = \frac{14400}{a^3}$	$\sigma_{f3-1} = \frac{2880}{a^3}$	$\tau_1 = \frac{8520}{a^3}$
$\sigma_{f2-1} = \frac{3456}{a^3}$	$\sigma_{f4-1} = \frac{2304}{a^3}$	
$\sigma_{res1} = \sigma_{f1-1} + \sigma_{f2-1} = \frac{17856}{a^3}$	$\sigma_{res2} = \sigma_{f3-1} + \sigma_{f4-1} = \frac{5184}{a^3}$	$\tau_2 = \frac{2045}{a^3}$
$\sigma_{f\max1} = \sqrt{\sigma_{res1}^2 + \sigma_{res2}^2} = \frac{18577}{a^3}$		$\tau_{Ta} = \frac{10565}{a^3}$ $\tau_m = 0$
$\sigma_{fa} = \frac{18577}{a^3}$	$\sigma_{fm} = 0$	

Una vez hallado los valores de amplitud de esfuerzo y esfuerzo medio, encontramos los valores equivalentes aplicando la siguiente fórmula:

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2}$$

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2} = \frac{28135}{a^3}$$

$$\sigma_{eq_m} = 0$$

Con el valor del límite de fatiga utilizamos de la ecuación siguiente:

Ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} + \frac{\sigma_{eq_m}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

Para la cual el valor de  $\sigma_{eq_m} = 0$  entonces obtenemos la siguiente formula

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} = \frac{1}{n}$$

Reemplazamos estos valores y obtenemos una relación la cual existen dos variables por tanto vamos a asumir valores

$$n = \frac{a^3}{33,5}$$

Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos lo siguiente:

$$a = 3 \quad n=0,81$$

$$a = 4 \quad n=1,91$$

$$a = 5 \quad n=3,73$$

Se ha realizado el diseño del brazo para lo cual los valores de  $a=4\text{cm}$  o  $5\text{cm}$  son aceptables ya sea en el diseño estático y/o dinámico, pero por estética vamos a optar por el valor de  $a=5\text{cm}$ .

#### 6.4. Selección de los elementos de transmisión.

Para seleccionar el motor a utilizar, consideramos la velocidad promedio obtenida del análisis de la velocidad de amasado (52 vueltas / min) es por esto que se utiliza un motor (1650 rpm) y un reductor mecánico ( $i = 20$ ) obteniendo una velocidad de salida de 80 rpm como máximo, para regular la velocidad se utiliza un variador de frecuencia con lo que se llega a la velocidad promedio.

##### 6.4.1. Motor.

El motor que brinda las mejores prestaciones para su funcionamiento con variadores de frecuencia es el tipo motor trifásico asíncrono de inducción (tipo jaula de ardilla). De acuerdo al catalogo de selección de Siemens se selecciona el motor cuyas características se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 6.8:** CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR.

Marca:	SIEMENS
Modelo:	1LA7 073-4YA60
Tipo:	Motor trifásico de baja tensión Motor de bajo consumo; rotor de jaula apropiado para el funcionamiento con convertidor de frecuencia
Potencia:	0,75 HP
Tensión de la red:	Trifásica a 220/440 V
cos Ø:	0,79
Velocidad en el eje:	1650 rpm
Eficiencia:	65%
Consumo:	2.90A/1.45A a 220V/440V
Frecuencia:	60 Hz
Numero de polos:	4 polos
Momento de Inercia:	0,0008 $Kg.m^2$

#### 6.4.2. Reductor de velocidad mecánico

La selección del reductor de velocidad se basa en la gran reducción de velocidad necesaria entre el motor y el mecanismo de la amasadora, además en que el espacio ocupado por este reductor debe ser lo menos posible. Por ello se selecciona un reductor del tipo tornillo sin fin –engranaje helicoidal.

Este mecanismo se compone de un tornillo cilíndrico o hiperbólico y de una rueda (corona) de diente helicoidal cilíndrica o acanalada. Es muy eficiente como reductor de velocidad (reduce la velocidad en un solo paso) dado que una vuelta en el tornillo provoca un pequeño giro de la corona.

Se caracteriza por:

- **Alta eficiencia** de la transmisión de potencia del motor
- **Alta regularidad** en cuanto a potencia y par transmitidos
- **Poco espacio** para el mecanismo
- **Poco tiempo** de instalación y mantenimiento
- **Elemento seguro** en todos los aspectos, muy protegidos.



**Figura 6.6:** Reductor tornillo sin fin-engranaje helicoidal.

Las características del reductor seleccionado para nuestro mecanismo son:

**Tabla 6.9:** CARACTERÍSTICAS DEL REDUCTOR MECÁNICO.

Marca:	MOTO VARIO
Modelo:	N000005125927
Tipo:	NMRV-050
Relación de transmisión	20:1
Velocidad de entrada	Hasta 1700 rpm

### 6.4.3. Selección de la cadena.



**Figura 6.7:** Cadena

#### **Datos:**

$P = 0,75$  Hp. (Potencia del motor)

$N_m = 80$  rpm. (Revoluciones de la rueda motriz).

$N_c = 80$  rpm. (Revoluciones de la rueda conducida)

#### **Potencia de Diseño:**

$$DHP = P \cdot F_s \quad (6.20)$$

$F_s$  = (Factor de servicio)

$F_s = 1,3$  Clase B.

$DHP = 0,75$  HP (1,3).

$DHP = 0,98$  HP

#### **Determinación del número de cadena.**

Con el valor de la potencia de diseño y  $N_m$  seleccionamos el número de cadena de acuerdo al catálogo Rex Roller Chain. [12].

Numero de cadena    40    Paso    ( $\frac{1}{2}$  plg)

La razón por la cual directamente del motor no se acopla a los engranes a transmitir el movimiento es tanto por pérdidas como por razones de mantenimiento.

#### **6.4.4. Selección de la Rueda (Piñón – Catalina).**

Como la relación de transmisión es de 1 a 1 el tipo de rueda motriz con la conducida serán del mismo tipo: [13].

**Piñón** (40). (B). (20).

**Catalina** (40). (B). (20).

##### **6.4.4.1. Análisis de la tensión producida por la catalina.**

Con la selección de la cadena, piñón, catalina obtenemos todos los datos necesarios para hallar la tensión que actúa en el eje.

Para hallar la tensión aplicamos la siguiente fórmula:

$$T_c = \frac{33000.Pot}{\vec{V}} \quad (6.21)$$

**Siendo:**

$T_c$ : Tensión de la cadena en lb

$\vec{V}$ : Velocidad periférica dada en ft/min

Pot: Potencia del motor en hp

Se necesita hallar la velocidad periférica la cual se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\vec{V} = 0,052 \cdot \frac{d_2 \cdot N_2}{1000} \quad (6.22)$$

**Siendo:**

$\vec{V}$ : Velocidad periférica dada en m/s

$d_2$ : Diámetro primitivo de la catalina conducida: 87,63 mm

$N_2$ : Revoluciones por minuto de la catalina conducida: 80 rpm

Una vez obtenido este valor aplicamos la Ec. 6.20; para hallar el valor de la tensión de la cadena

$$T_c = 345,04 lb$$

$$T_c = 156,83 Kg$$

#### **6.4.5. Selección de los engranajes rectos.**

**Datos:**

Pot= 0,75 Hp.

$N_1 = N_2 = 92$  dientes.

$n_1 = n_2 = 80$  rpm

Paso = 17 dientes / plg ,

**Paso diametral.**

$$P = \frac{N}{d} \tag{6.23}$$

P: paso diametral [dientes/in]

N: # de dientes

d : diámetro de paso [in]

$$d = \frac{N}{P}$$

$$d = \frac{92 \text{dientes}}{17 \text{dientes} / p \text{lg}} = 5,4 p \text{lg}$$

$$d = 5,4 p \text{lg} = 137,5 \text{ mm.}$$

### **Distancia entre centros.**

Como  $d_1 = d_2 = 5,4 p \text{lg}$  la distancia entre centros es:

$$L = (r_1 + r_2) = 5,4 p \text{lg.}$$

### **Modulo.**

$$m = \frac{d}{N} \tag{6.24}$$

m : modulo [mm]

$$m = 1,5$$

p: paso circular

$$p = \pi \cdot m = \frac{\pi \cdot d}{N}$$

$$p \cdot P = \pi \tag{6.25}$$

$$p = \frac{\pi}{P} = 0,184 \text{ in}$$

Al igual que la transmisión de piñón-catalina la transmisión por engranajes también tiene una relación de transmisión de 1:1.

**Tabla 6.10:** SELECCIÓN DEL ENGRANAJE.

ENGRANAJE	N1=N2 (dientes)	Paso (dientes/plg)	Diámetro d (mm)	Distancia entre centros (mm)	Paso circular (mm)	Módulo (mm)
MOTRIZ	92	17	137,5	137,5	4,67	1.5
CONDUCIDO	92	17	137,5	137,5	4,67	1.5

Además de los datos seleccionados en la tabla para los engranajes debemos hallar los espesores, para lo cual aplicamos la siguiente fórmula para encontrar la velocidad en la línea de paso:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{12} \quad (6.26)$$

$$V = \frac{\pi(5,41in)(80rpm)}{12} = 113,3 \text{ ft/min}$$

La constante  $K_v$  se halla aplicando la siguiente fórmula:

$$K_v = \frac{600}{600 + V} \quad (6.27)$$

$$K_v = \frac{600}{713,3} = 0,841$$

Carga de trabajo es el siguiente valor a encontrar por tanto aplicamos la siguiente formula

$$W_t = \frac{60(10)^3 \cdot Pot}{\pi \cdot d \cdot n} \quad (6.28)$$

$$W_t = \frac{60(10)^3 (0,75 * 0,743Kw)}{\pi(137,4mm)(80rpm)} = 0,968KN = 217,3lb$$

Para un  $S_y = 40000 \text{ lb / plg}^2$  (Hierro Fundido Nodular). [14].

Para hallar el espesor  $F$  se necesita aplicar la siguiente fórmula:

$$F = \frac{W_t \cdot P}{K_v \cdot \frac{S_y}{n} \cdot y} \quad (6.29)$$

Donde:

$$n = 3$$

$$y = 0,36292$$

$$F = \frac{(217,3lb)(17)}{(0,841)(13333)(0,36292)} = 0,9in$$

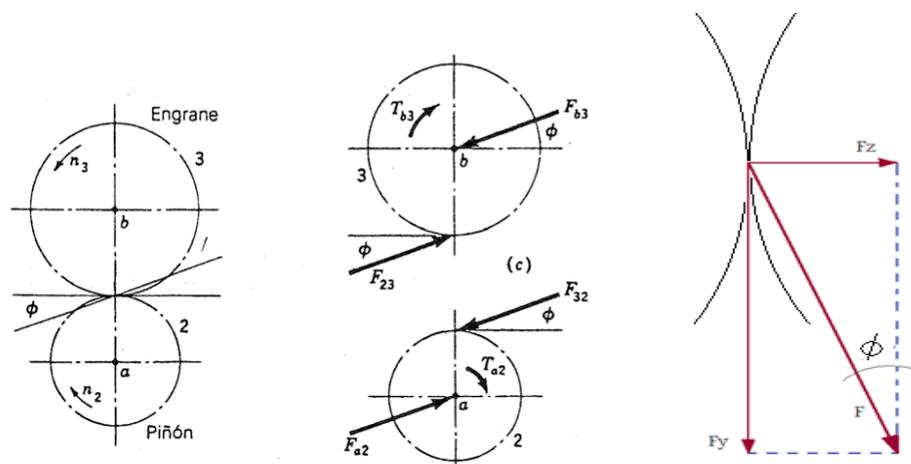
Para cumplir con las normas para la construcción de los engranajes se necesita cumplir la siguiente condición:

$$3p < F < 5 p.$$

$$0,55 < 0,9 < 0,92 \text{ OK} \text{ ///}.$$

#### 6.4.5.1. Fuerzas actuantes en los engranajes. [15]

En la selección del engranaje obtenemos todos los datos necesarios para hallar las fuerzas que actúan, en los siguientes gráficos se detalla estas fuerzas.



**Figura 6.8:** Fuerzas actuantes en los engranes.

Donde:

$$\phi = 14,7^\circ$$

$$D_{prim} = 13,7\text{cm}$$

La potencia del motor es necesaria para poder calcular las fuerzas que actúan en el engranaje, por tanto utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Pot} = T \cdot N \quad (6.30)$$

$$T = \text{Pot} / N$$

$$T = 66.8 \text{ N-m} = 682,1 \text{ Kg.cm}$$

La fuerza que actúa sobre los dientes de los engranajes es igual a:

$$F = \frac{T}{r} \quad (6.31)$$

$$F = 99,44 \text{ Kg}$$

Aplicamos las funciones trigonométricas para hallar las componentes de la fuerza actuante en el engranaje

$$F_y = F \cdot \cos \phi \quad (6.32)$$

$$F_z = F \cdot \text{sen} \phi \quad (6.33)$$

$$F_z = 25,23 \text{ Kg}$$

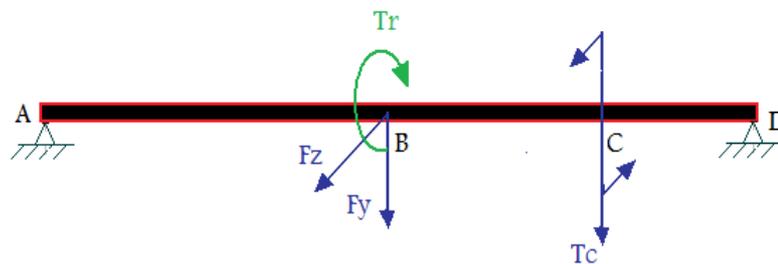
$$F_y = 96,2 \text{ Kg}$$

## 6.5. Diseño mecánico de los ejes de transmisión

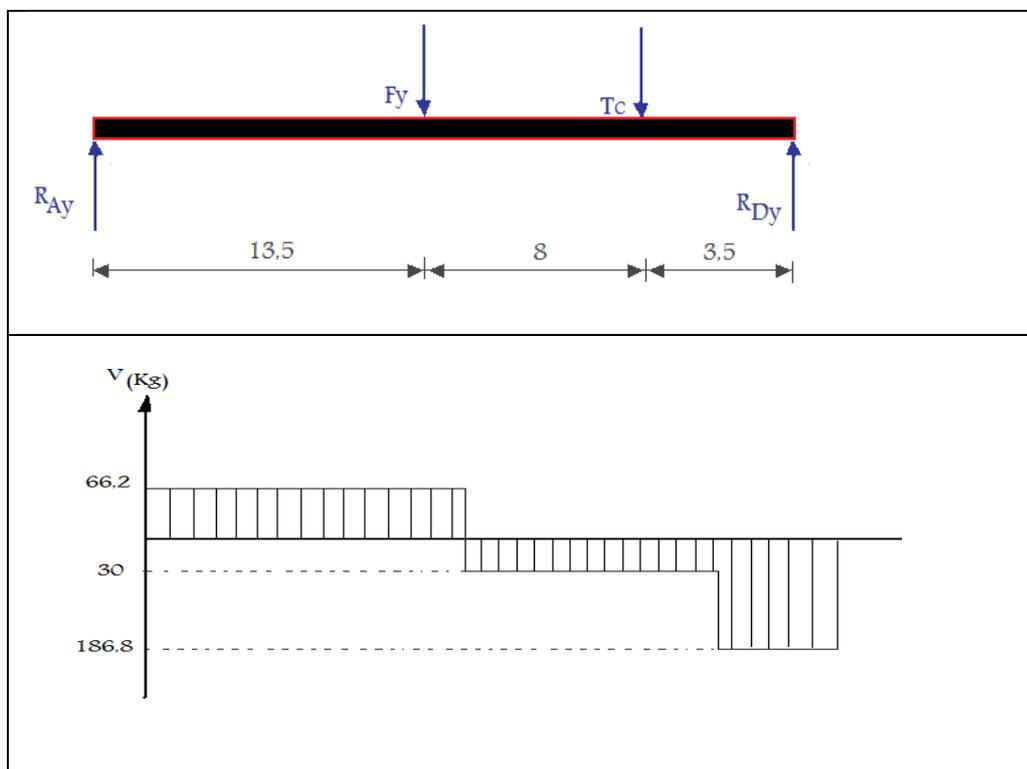
### 6.5.1. Eje primario o conductor.

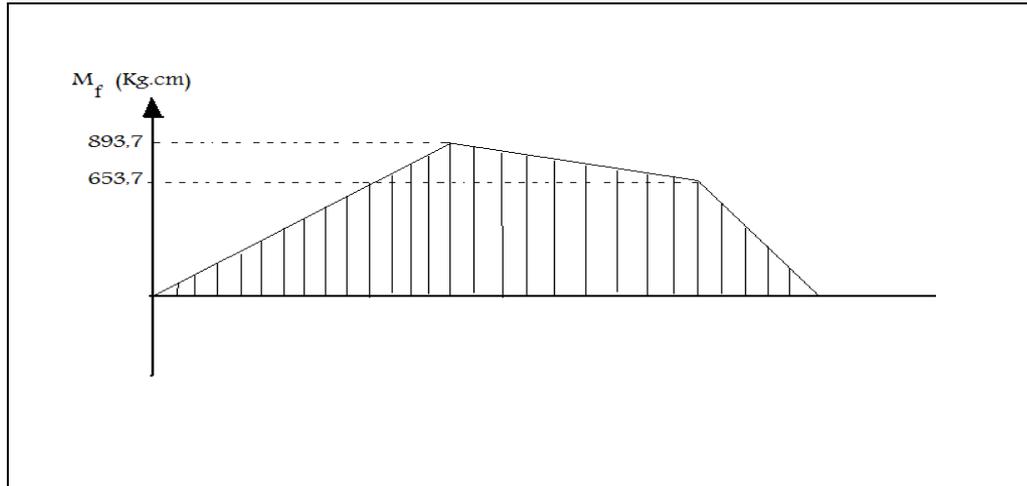
Se da este nombre en vista que este eje está soportando mayor carga ya que genera el movimiento al eje conducido.

En la siguiente figura se muestran las cargas que actúan sobre este eje, flexión y torsión, por tanto se procede a analizar en los ejes XY y XZ.



**Figura 6.9:** Cargas actuantes en el eje primario.





**Figura 6.10:** Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores plano X-Y.

**Siendo:**

Fy: Fuerza componente del engranaje en el plano XY y es igual a 96,2 Kg

Fz: Fuerza componente del engranaje en el plano XZ y es igual a 25,23 Kg

Tr: Torque resistente provocado por la fuerza de estiramiento igual a 320 Kg.cm

Tc: Es la tensión de la catalina conducida y es igual 156,83 Kg.

Para el esquema planteado, se ha hecho el análisis en base a las siguientes condiciones para la cumplir las cuales son las siguientes:

$$\sum M = 0; \sum F_y = 0 \text{ y } \sum F_x = 0.$$

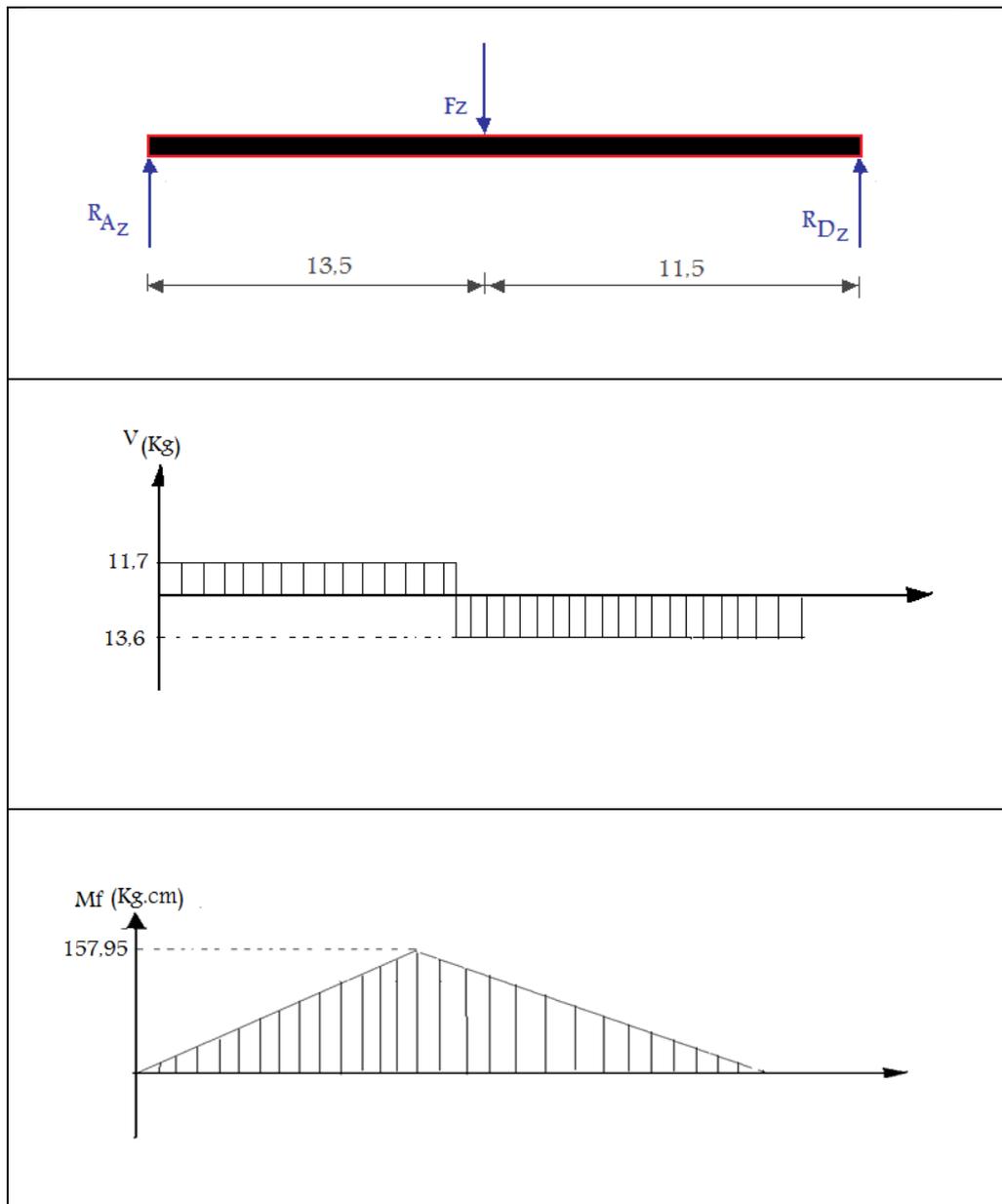
Las reacciones en los apoyos son:

$$R_{Dy} = 186,8 \text{ Kg}$$

$$R_{Ay} = 66,2$$

En base a la figura de las fuerzas cortantes hallamos los valores de momentos flectores observamos que en el punto B existe un momento flector máximo:

$$M_{f \max_{X-Y}} = 893,7 \text{ Kg.cm}$$



**Figura 6.11:** Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores plano X-Z.

Siendo:

Las reacciones en los apoyos son:

$$R_{Dz} = 13,6Kg$$

$$R_{Az} = 11,7Kg$$

En base a la figura de las fuerzas cortantes hallamos los valores de momentos flectores observamos que en el punto B existe un momento flector máximo:

$$M_{f \max_{X-Z}} = 157,95Kg.cm$$

Se procede a hallar el momento resultante para los dos planos:

$$M_{fres} = \sqrt{M_{f \max_{X-Y}}^2 + M_{f \max_{X-Z}}^2} \quad (6.34)$$

$$M_{fres} = 907,6Kg.cm$$

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL. [16]

Acero SAE 1020 CD (Recocido en caliente).

Resistencia a la fluencia  $S_y = 57KPsi = 4015,9Kg/cm^2$

Elongación a la tensión  $S_{ut} = 68KPsi = 4790,9Kg/cm^2$

#### 6.5.1.1. Diseño estático.

Debido a que el eje está sometido a flexión y torsión utilizaremos la teoría de la energía de la distorsión por ser más conservadora, realizándose un diseño por fluencia, recopilada por la siguiente fórmula:

$$d = \left[ \frac{32N}{\pi.S_y} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (6.35)$$

Donde:

n: Factor de seguridad =5

d: Diámetro del eje

$M$  : Momento flexor máximo = 907,6 Kg.cm = 786,11 Lb.pulg;

T: la diferencia de torques en el eje = 682,1Kg.cm = 313,6 Lb.pulg;

$S_y$  : Resistencia a la fluencia =  $S_y = 57 \times 10^3 \text{ Lb/pulg}^2$

Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos un diámetro de:

$$d = 0,911 \text{ pulg}$$

$$d = 2,3 \text{ cm}$$

### 6.5.1.2. Diseño dinámico.

#### Flexión Alternante

$$\sigma_{f \max} = \frac{M_f \cdot c}{I} = \frac{32M_f}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (907,6)}{\pi \cdot d^3} = \frac{9244,7}{d^3}$$

$$\sigma_a = \frac{9244,7}{d^3}$$

$$\sigma_m = 0$$

#### Torsión Continua

$$\tau_a = 0$$

$$\tau_m = \frac{T \cdot r}{J} = \frac{16T}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot (362,1)}{\pi \cdot d^3} = \frac{1844,1}{d^3}$$

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2} = \frac{9244,7}{d^3}$$

$$\sigma_{eq_m} = \sqrt{\sigma_m^2 + 4\tau_m^2} = \frac{3688,2}{d^3}$$

Para hallar el límite de fatiga de este material vamos a optar por las siguientes recomendaciones

Se sugiere una posible relación entre la resistencia estática del material y la resistencia a la fatiga dependiendo del esfuerzo mayor que predomina en este caso tenemos la flexión, por tanto la fórmula es la siguiente:

$$S'_e = 0,5S_u$$

$$S'_e = 2395,45 \text{ Kg/cm}^2$$

Para hallar el límite de fatiga se asume un valor de  $K_i = 0,3$  se recomienda cuando existe un solo esfuerzo fluctuante.

$$S_e = K_i \cdot S'_e$$

$$S_e = 0,3 \cdot (2395,45 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$S_e = 718,64 \text{ Kg/cm}^2$$

Una vez obtenido el valor del límite de fatiga utilizamos la ecuación siguiente:

Ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{eqa}}{S_e} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

Reemplazamos todos los valores con un  $n=2$  y obtenemos el valor del diámetro:

$$d = 3,02 \text{ cm}$$

Para la selección del diámetro apropiado bajo diferentes condiciones de estética de oferta en el mercado hemos optado por el diámetro de 3,18 cm

Si  $d=3,18 \text{ cm} = 1\frac{1}{4} \text{ plg}$ .

Reemplazando en la ecuación anterior obtenemos un factor de seguridad:

$$n=2,33 \text{ ///OK}$$

### 6.5.1.3. Verificación resistencia $d_1 = 2,54 \text{ cm}$ .

Debido a que el eje tiene dos diámetros vamos a verificar la resistencia estática y dinámica en el diámetro menor, para este caso se encuentra en el punto C.

**Plano X-Y**

$$M_{f \max_{X-Y}} = 653,7 \text{ Kg.cm}$$

**Plano X-Z**

Aplicando funciones trigonométricas se procede a encontrar el momento en el punto C.

$$M_{f \max_{X-Z}} = 48,1 \text{ Kg.cm}$$

Hallamos el momento resultante aplicando la siguiente ecuación

$$M_{f \max} = \sqrt{M_{f \max_{X-Y}}^2 + M_{f \max_{X-Z}}^2} \quad M_{f \max} = \frac{655,4}{d^3}$$

Con el valor máximo de torsión encontramos los esfuerzos de flexión y de torsión.

**Flexión**

$$\sigma_{fa} = 407,4 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

**Torsión**

$$\tau_m = 112,53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Una vez hallados estos valores seguimos con los valores de esfuerzo equivalente de amplitud y medio.

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2} = 407,4 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{eq_m} = \sqrt{\sigma_m^2 + 4\tau_m^2} = 225,06 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

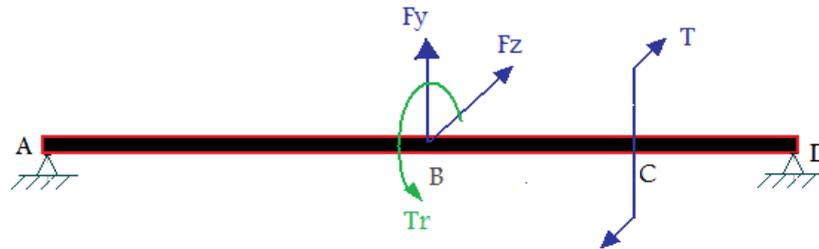
Aplicamos la Ecuación de Soderberg obtenido el límite de fatiga para hallar el factor de seguridad:

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} + \frac{\sigma_{eq_m}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

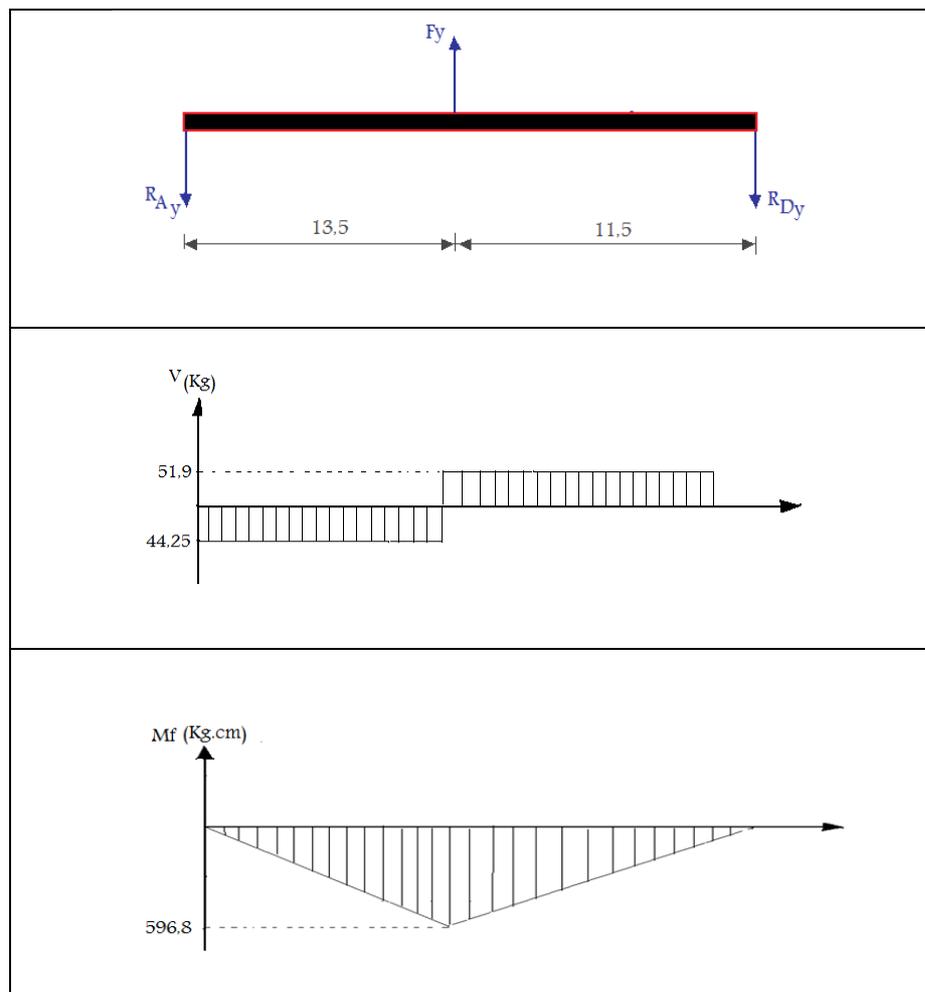
$$n = 1,6 \text{ OK////}$$

### 6.5.2. Eje secundario o conducido.

En la siguiente figura se muestran las cargas que actúan sobre este eje, flexión y torsión, por tanto se procede a analizar en los ejes XY y XZ.



**Figura 6.12:** Cargas actuantes en el eje secundario



**Figura 6.13:** Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores plano X-Y.

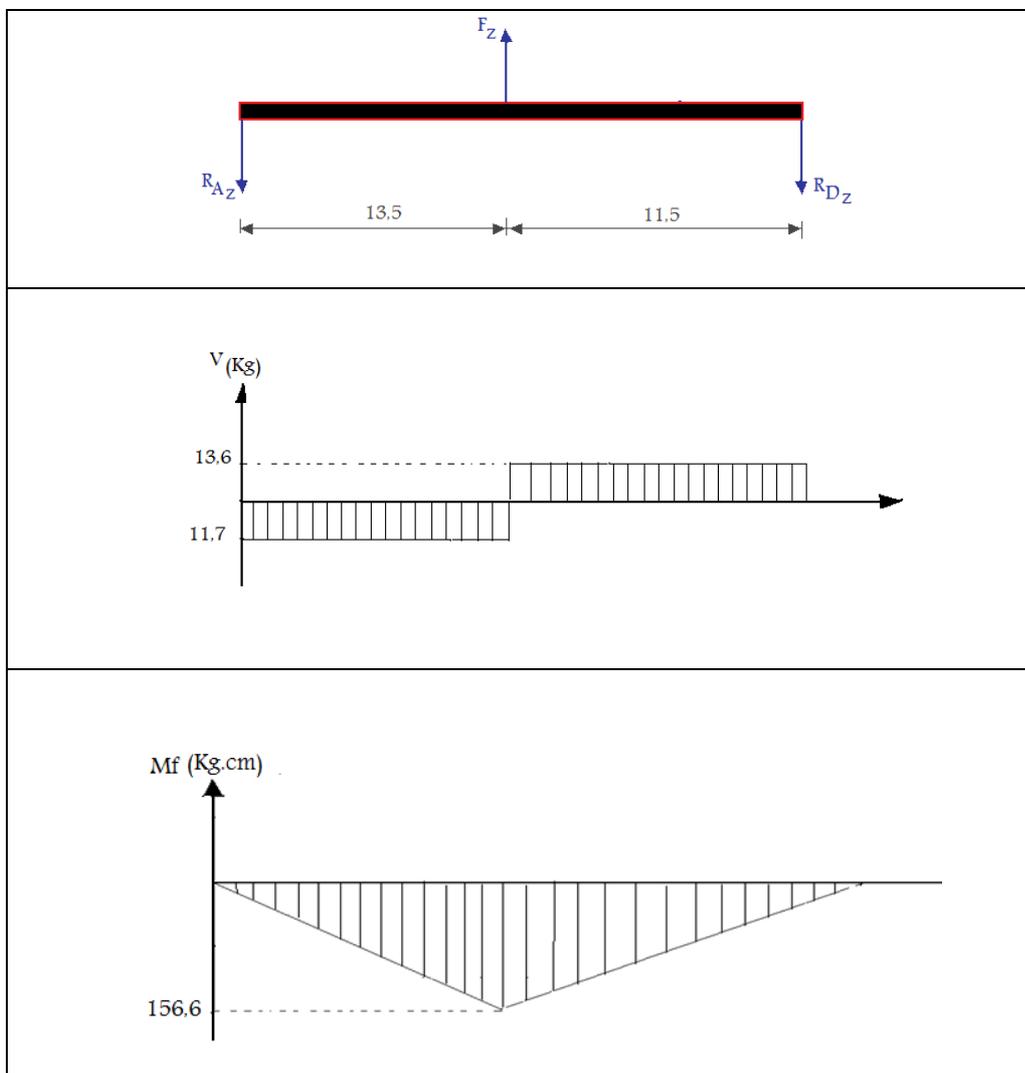
Luego de aplicar los criterios de equilibrio estático se obtiene los valores de las reacciones las cuales son:

$$R_{Dy} = 51,89Kg$$

$$R_{Ay} = 44,41Kg$$

En base a la fig. 38 se obtienen los valores de momentos flectores máximos que este caso se encuentra en el punto B y tenemos el siguiente valor:

$$M_{f \max_{X-Y}} = 596,8Kg.cm$$



**Figura 6.14:** Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores plano X-Z.

Luego de aplicar los criterios de equilibrio estático se obtiene los valores de las reacciones las cuales son:

$$R_{Dz} = 13,6Kg$$

$$R_{Az} = 11,7Kg$$

Mediante el grafico se obtiene el momento flector el cual es igual a:

$$M_{f \max_{X-Z}} = 156,6Kg.cm$$

Como existen los momentos máximos en dos planos, procedemos a encontrar el momento resultante aplicando la siguiente ecuación:

$$M_{fres} = \sqrt{M_{f \max_{X-Y}}^2 + M_{f \max_{X-Z}}^2} = 617Kg.cm$$

#### **6.5.2.1. Diseño estático.**

Debido a que el eje está sometido a flexión y torsión utilizaremos la teoría de la energía de la distorsión por ser más conservadora, realizándose un diseño por fluencia, para esto aplicamos la Ec. 6.25:

$$d = \left[ \frac{32N}{\pi.S_y} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Reemplazando numéricamente los respectivos valores, obtenemos un diámetro de:

$$d = 0,82 pu \lg$$

$$d = 2,1cm$$

#### **6.5.2.2. Diseño dinámico.**

**Flexión Alternante.**

$$\sigma_{f \max} = \frac{M_f}{\frac{\pi.d^3}{32}} = \frac{32.(617)}{\pi.d^3} = \frac{6284,71}{d^3}$$

$$\sigma_a = \frac{6284,71}{d^3}$$

$$\sigma_m = 0$$

### Torsión Continua

$$\tau_a = 0$$

$$\tau_m = \frac{16.T}{\pi.d^3} = \frac{16.(362,1)}{\pi.d^3} = \frac{1844,1}{d^3}$$

Una vez obtenido los valores de amplitud y medio, aplicamos la siguiente fórmula para hallar los valores equivalentes:

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2} = \frac{6284,71}{d^3}$$

$$\sigma_{eq_m} = \sqrt{\sigma_m^2 + 4\tau_m^2} = \frac{3688,32}{d^3}$$

Una vez ya obtenido el valor del límite de fatiga utilizamos de la ecuación siguiente:

Ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{eq_a}}{S_e} + \frac{\sigma_{eq_m}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

Reemplazando los valores con n=2 en la ecuación anterior obtenemos el diámetro a seleccionar:

$$\frac{9,66}{d^3} = \frac{1}{2}$$

$$d = 2,68cm$$

Para nuestro diseño se escoge el mismo diámetro del eje primario ya que se dispone de este eje.

Entonces para un diámetro igual al eje primario obtenemos un factor de seguridad:

Si  $d=3,18\text{cm}=1\frac{1}{4}\text{ pulg.}$

$n=3,3$

### 6.6. Movimientos dinámicos en la máquina.

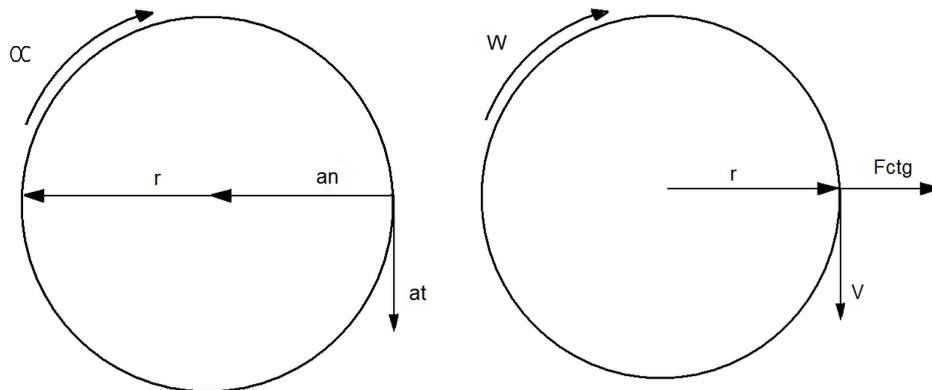
El movimiento dinámico principal en la máquina es el movimiento circular que se produce en los brazos de la amasadora pero se analiza desde el motor hasta la parte final en movimiento.

#### 6.6.1. Piñón.

$W= 80\text{ rpm} = 8,4\text{ rad/seg.}$

$m = 0,71\text{ Kg.}$

$r = 0,044\text{ m}$



**Figura 6.15:** Gráfica de fuerzas dinámicas y aceleraciones.

#### 6.6.2. Catalina.

El coeficiente de transmisión por cadena es del 98%, y al tener una relación de transmisión de 1:1 se tiene que las velocidades y aceleraciones van hacer afectados por este valor. ( $W= 78,4\text{ rpm}= 8,2\text{ rad/seg}$ ) ( $m= 0,71\text{ Kg}$ ). ( $r= 0,044\text{ m}$ ).

#### 6.6.3. Ejes.

$W= 8,2\text{ rad/seg. } m= 1,26\text{ Kg. } r= 0,0127\text{ m.}$

#### 6.6.4. Engranajes.

$$W = 8,2 \text{ rad/seg. } m = 2,66 \text{ Kg. } r = 0,0685 \text{ m.}$$

#### 6.6.5. Brazos.

$$W = 8,2 \text{ rad/seg. } m = 0,8 \text{ Kg. } r = 0,2 \text{ m.}$$

**Tabla 6.11: VALORES DEL MOVIMIENTO DINÁMICO.**

	<b>Ecuaciones</b>	<b>Piñón</b>	<b>Catalina</b>	<b>Ejes internos</b>	<b>Engranés</b>	<b>Brazos.</b>
Velocidad angular (rad/s)	W	8,4	8,2	8,2	8,2	8,2
Velocidad lineal (m/s)	$V = W \cdot r$	0,3696	0,3608	0,10414	0,5617	1,64
Fuerza centrífuga en N	$F_{ctg} = m \cdot w^2 \cdot r$	2,2	2,1	1,076	12,25	10,75
Aceleración angular $\dot{\alpha}$ (rad/s <sup>2</sup> )	$\theta = (1/2) \cdot \dot{\alpha} \cdot t^2 + W_0 \cdot t + \theta_0$	16,08	16,4	16,4	16,4	16,4
Aceleración tangencial (m/s <sup>2</sup> )	$a_t = r \cdot \dot{\alpha}$	0,707	0,7216	0,20828	1,1234	3,28
Aceleración normal (m/s <sup>2</sup> )	$a_n = v^2 / r$	3.1	2,96	0,2465	4,606	13,448

#### 6.7. Diseño y selección de rodamientos.

##### 6.7.1. Tipos de cargas.

Debido a las características de este diseño, solamente existen cargas radiales ya que en ningún momento se ha encontrado cargas de tipo axial.

Las cargas radiales están determinadas por las reacciones de cada uno de los ejes, se tomará las de mayor valor, por cuanto requiere de márgenes de seguridad apropiados a las condiciones del diseño, estas cargas se presentarán en la tabla.

### 6.7.2. Análisis estático.

Bajo una sollicitación a carga estática, se calcula el factor de esfuerzos estáticos  $f_s$ , para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga.

$$f_s = \frac{C_o}{P_o} \quad (6.36)$$

$f_s$ ; Factor de esfuerzos estáticos

$C_o$ ; Capacidad de carga estática [kN]

$P_o$ ; Carga estática equivalente [kN].

El factor de esfuerzos estáticos  $f_s$  se toma como valor de seguridad contra deformaciones demasiado elevadas en los puntos de contacto de los cuerpos rodantes. Para rodamientos que deban girar con gran suavidad y facilidad, habrá que elegir un factor de esfuerzos estáticos  $f_s$  mayor. Si las exigencias de suavidad de giro son más reducidas, bastan valores más pequeños. En general se pretende conseguir los siguientes valores:

- $f_s = 1,5 - 2,5$  para exigencias elevadas.
- $f_s = 1,0 - 1,5$  para exigencias normales.
- $f_s = 0,7 - 1,0$  para exigencias reducidas.

La carga estática equivalente  $P_o$  [kN] es un valor teórico. Es una carga radial en rodamientos radiales y una carga axial y centrada en los rodamientos axiales.

$P_o$  origina la misma sollicitación en el punto de contacto más cargado entre cuerpos rodantes y camino de rodadura que la carga combinada real.

$$P_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a \quad (6.37)$$

Siendo

$P_0$  Carga estática equivalente [KN]

$F_r$  Carga radial [KN]

$F_a$  Carga axial [KN]

$X_0$  Factor radial=1

$Y_0$  Factor axial=0

### 6.7.3. Análisis dinámico.

El comportamiento de un rodamiento, está determinado por la carga dinámica equivalente P, la misma que se evaluará por la siguiente ecuación:

$$P = X * Fr + Y * Fa \quad (6.38)$$

Donde:

X: Factor radial igual a 1

Y: Factor de empuje igual a 0

Fr: Carga radial aplicada

Fa: Carga de empuje igual a 0

Por tanto:

$$P = Fr$$

La carga dinámica C, se determina con la Ecuación:

$$C = P \cdot \frac{f_L}{f_n} \quad (6.39)$$

Siendo:

$f_L$  Factor de esfuerzos dinámicos

$C$  Capacidad de carga dinámica [kN]

$P$  Carga dinámica equivalente [KN]

$f_n$  Factor de velocidad.

El factor de velocidad se halla con la siguiente fórmula:

$$f_n = \sqrt[p]{\frac{33 \frac{1}{3}}{n}} \quad (6.40)$$

Siendo:

p: El exponente de vida cuyo valor es 3 para rodamientos de bolas

n: La velocidad (revoluciones por minuto) = 80 rpm

$$f_n = 0,75$$

El factor de esfuerzos dinámicos se halla con la siguiente fórmula:

$$f_L = \sqrt[p]{\frac{L_h}{500}} \quad (6.41)$$

Siendo

p: El exponente de vida cuyo valor es 3 para rodamientos de bolas

Lh: vida nominal y se aproxima a 20000 horas

$$f_L = 3,42$$

**Tabla 6.12:** RESUMEN DE SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.

Eje	Fr (KN)		fs	C <sub>0</sub> (req) (KN)		C <sub>0</sub> (rod) (KN)	fL	fn	C (req) (KN)		C (rod) (KN)	Ø(mm)	Serie(rod)
	Pto A	Pto D		Pto A	Pto D				Pto A	Pto D			
1	0,66	1,83	1,3	0,86	0,58	7,8	3,42	0,75	3,0	8,34	14,0	25	<b>6205</b>
2	0,45	0,53	1,3	2,40	0,7	7,8	3,42	0,75	2,1	2,42	14,0	25	<b>6205</b>

Las condiciones para que el rodamiento seleccionado sea el óptimo son las siguientes:

- Estático

$$C_{0rod} > C_{0req}$$

- Dinámico

$$C_{rod} > C_{req}$$

Como se puede apreciar en la tabla, los rodamientos seleccionados cumplen con las dos condiciones.

Con el rodamiento seleccionado se procede a seleccionar el soporte o chumacera. La ubicación del soporte es a 180°. Y con el diámetro interno de los rodamientos se procede a seleccionar una chumacera FAG SNVO62. EL rodamiento equivalente que se dispone y el tipo de soporte o chumacera es: SY 1 TM Soporte que trabaja a Servicio Normal de funcionamiento. (Ver anexo 4)

**Figura 6.16:** Rodamiento de bolas con soporte (Chumacera).

### 6.8. Diseño de chavetas.

El material apropiado para elementos de acoples como cuñas chavetas es el acero con bajo contenido de carbono (0,2% C o menos) acabado en frio por tanto un acero 1020 tiene la siguiente característica:

#### CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL [16]

Acero SAE 1020 (acabado en frio).

Resistencia a la fluencia  $S_y = 4640 \text{Kg/cm}^2$

#### Fuerzas en la chaveta.

Para evaluar la resistencia de la chaveta se deben considerar lo siguiente:

El espesor de la chaveta de  $\frac{1}{4}$  del diámetro del eje

#### Falla por cizalladura

Una vez conocido el torque se procede a determinar la longitud de la chaveta, para ello se utiliza la siguiente fórmula

$$L = \frac{2.T}{S_{y1}.b.D} \quad (6.42)$$

#### Donde:

T: Momento torsor ejercido por el motor en Kg.cm

D: Diámetro del eje en cm

b: Base de la chaveta en cm

Para hallar el valor de  $S_{y1}$  se aplica la siguiente fórmula:

$$S_{y1} = \frac{S_y}{2.n} \quad (6.43)$$

Siendo

$S_y$ : resistencia máxima a la tensión en  $\text{Kg/cm}^2$

$n$ : coeficiente de cálculo sobre la resistencia de fluencia que va de

- 1,5 para cargas uniformes
- 2 a 2,25 para cargas de choque ligeras
- 4,5 para cargas de choques severas

### Falla por Compresión

Se procede a determinar la longitud de la chaveta, para ello se utiliza la siguiente fórmula

$$L = \frac{4.T}{S_c . b . D} \quad (6.44)$$

**Donde:**

T: Momento torsor ejercido por el motor en  $\text{Kg.cm}$

D: Diámetro del eje en  $\text{cm}$

b: Base de la chaveta en  $\text{cm}$

Para hallar el valor de  $S_c$  se aplica la siguiente fórmula:

$$S_c = \frac{S_y}{n} \quad (6.45)$$

Siendo

$S_y$ : resistencia máxima a la tensión en  $\text{Kg/cm}^2$

n: coeficiente de cálculo sobre la resistencia de fluencia que va de

- 1,5 para cargas uniformes
- 2 a 2,25 para cargas de choque ligeras
- 4,5 para cargas de choques severas

**Donde:**

n =2,8

**Tabla 6.13: DIMENSIONES CALCULADAS DE LAS CHAVETAS.**

Denominación	D (cm)	T (Kg.cm)	Sección t=b (cm)	Cizalladura L(cm)	Compresión L(cm)
<b>EJE PRIMARIO</b>					
ENGRANE 1	3,18	682,1	0,79	0,66	0,66
CATALINA	2,54	682,1	0,64	0,76	1,01
BRAZO 1	2,54	682,1	0,64	0,76	1,01
<b>EJE SECUNDARIO</b>					
ENGRANE 2	3,18	682,1	0,79	0,66	0,66
BRAZO 2	2,54	682,1	0,64	0,76	1,01

Los valores hallados de longitud para las chavetas son los mínimos, por tanto las chavetas a fabricar tendrán las siguientes características bajo recomendaciones:

**Tabla 6.14: DIMENSIONES A SELECCIONAR LAS CHAVETAS.**

Denominación	L (cm)
<b>EJE PRIMARIO</b>	
ENGRANE 1	2,50
CATALINA	2,50
BRAZO 1	2,23
<b>EJE SECUNDARIO</b>	
ENGRANE 2	2,50
BRAZO 2	2,23

## 6.9 Capacidad de carga de la máquina amasadora.

Como parte de esta selección se cree necesario determinar un tipo de torque.

El torque necesario para vencer las inercias.

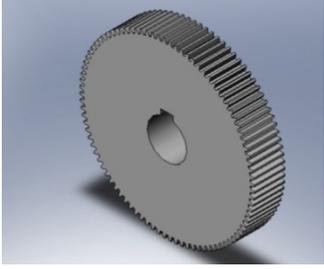
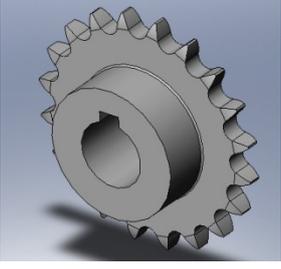
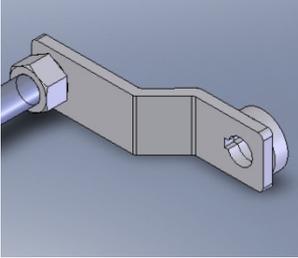
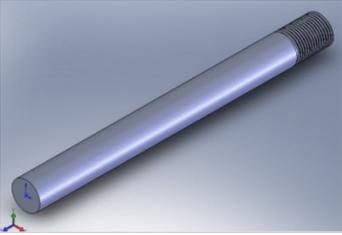
El motor que seleccionamos anteriormente nos proporcionaría un torque tal vez suficiente para vencer las inercias provocadas por los elementos de la máquina mas la cantidad de masa a ser estirada.

### 6.9.1. Torque requerido.

Para hallar el torque requerido a vencer las inercias de los elementos de rotación empezamos por hallar dichas inercias.

Para obtener los valores de la inercia de los elementos nos basamos en las formulas de inercias y en el principio de Steiner obteniendo antes el valor de las densidades de cada elemento.

ELEMENTO MECÁNICO	PROPIEDADES
<p><u>EJE PRIMARIO</u></p> 	$\rho = 7860 \frac{Kg}{m^3}$ $m = 1,26Kg$ $I_1 = 1,6 \times 10^{-4} Kg.m^2$
<p><u>EJE SECUNDARIO</u></p> 	$\rho = 7860 \frac{Kg}{m^3}$ $m = 1,56Kg$ $I_2 = 1,46 \times 10^{-4} Kg.m^2$

<p><u>ENGRANAJE 1=2</u></p> 	$\rho = 7120 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ $m = 2,66\text{Kg}$ $I_A = 1,46 \times 10^{-4} \text{Kg.m}^2$ $I_3 = 2.(I_A)$ $I_3 = 2,9 \times 10^{-4} \text{Kg.m}^2$
<p><u>CATALINA</u></p> 	$\rho = 7860 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ $m = 0,71\text{Kg}$ $I_B = 1,52 \times 10^{-3} \text{Kg.m}^2$ $I_4 = 2.(I_B)$ $I_4 = 3,04 \times 10^{-3} \text{Kg.m}^2$
<p><u>BRAZO</u></p> 	$\rho = 7860 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ $m = 0,8\text{Kg}$ $I_C = 0,011\text{Kg.m}^2$ $I_5 = 2.(I_C)$ $I_5 = 0,022\text{Kg.m}^2$
<p><u>EJE EXTERNO</u></p> 	$\rho = 8000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ $m = 1,01\text{Kg}$ $I_D = 0,04\text{Kg.m}^2$ $I_6 = 2.(I_D)$ $I_6 = 0,08\text{Kg.m}^2$

**Figura 6.17:** Propiedades de los elementos mecánicos de la amasadora.

A continuación sumamos todas las inercias de los elementos en rotación:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$I_t = 0,156 \text{Kg.m}^2$$

### **MASA DE MELCOCHA**

Aplicando las formulas de inercias, los principios de Steiner y asumiendo medidas de la masa de melcocha encontramos lo siguiente:

$$I_M = 1,4 \times 10^{-2} m^2 M$$

Siendo:

M = masa de la melcocha en Kg.

A esta inercia  $I_M$  le sumamos las inercias de cada elemento de la máquina amasadora obteniendo lo siguiente:

$$I_T = I_t + I_M$$

$$I_T = 0,157 \text{Kg.m}^2 + 1,4 \times 10^{-2} m^2 .M$$

### **6.9.2. Torque disponible.**

En la tabla obtenemos el momento polar de inercia del motor que es de  $0,0008 \text{ Kg/m}^2$ , como esta acoplado a un reductor de velocidad mecánico se necesita encontrar el momento polar de inercia a la salida del reductor.

A continuación hallamos el momento de inercia a la salida del reductor aplicando la siguiente fórmula:

$$J_{red} = J_{motor} \cdot \left( \frac{n_{motor}}{n_{red}} \right)^2 \quad (6.46)$$

$$J_{red} = (0,0008Kg.m^2) \cdot \left(\frac{1650}{82,5}\right)^2 = 0,32Kg.m^2$$

Este momento de inercia tiene que ser mayor para la inercia total hallada anteriormente, para generar movimiento en la máquina:

$$J_{red} > I_T$$

Para hallar la masa de melcocha que va a ser estirada igualamos los momentos de inercia anteriores:

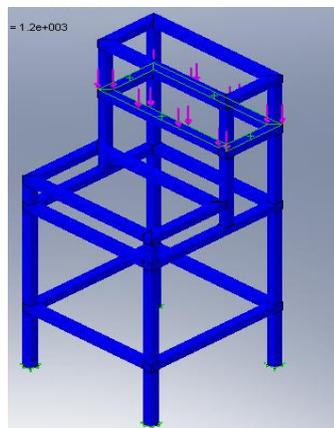
$$J_{red} = I_T$$

$$0,32Kg.m^2 = 0,157Kg.m^2 + 1,4 \times 10^{-2} m^2 \cdot M$$

$$M = 11,64Kg$$

La cantidad de masa calculada es de 11,64 kg, pero debemos considerar resistencias que se producen en los engranes, como las perdidas en la transmisión por lo tanto la cantidad de masa con la que se debe trabajar es menor en un 20 % de la masa calculada.

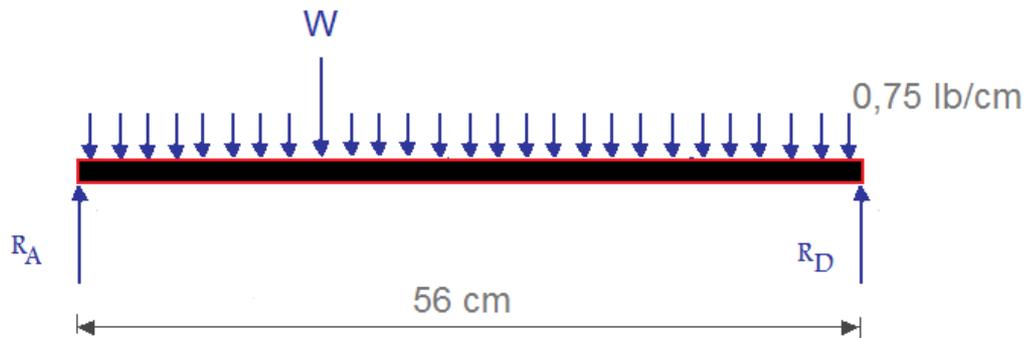
#### 6.10. Diseño del bastidor.



**Figura 6.18:** Bastidor de la máquina amasadora de melcocha.

### Análisis de la Estructura.

La estructura se encuentra sometida a las cargas que se encuentran dibujadas a continuación:

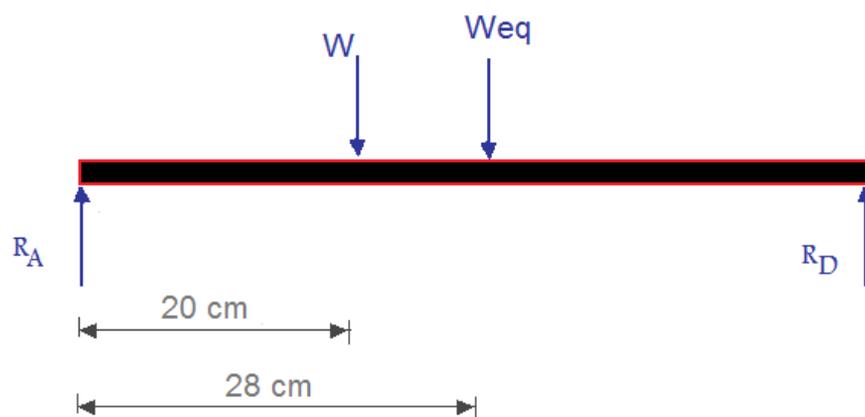


**Figura 6.19:** Cargas actuantes en el bastidor.

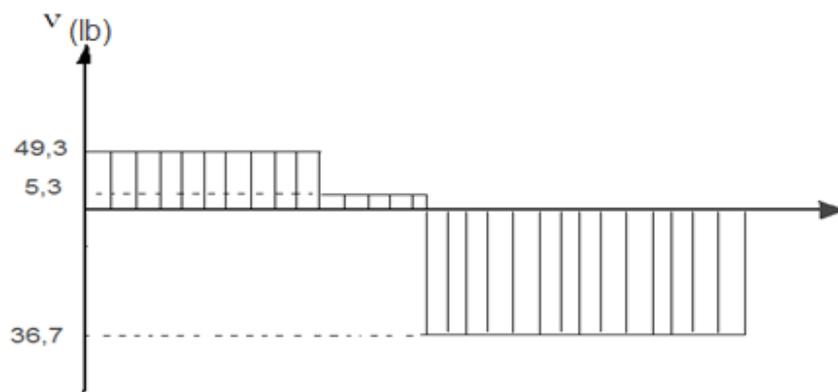
Las cargas están dibujadas a continuación y poniendo el peso equivalente de la carga distribuida:

$$W_{eq} = 0,75 \frac{lb}{cm} * 56cm = 42lb$$

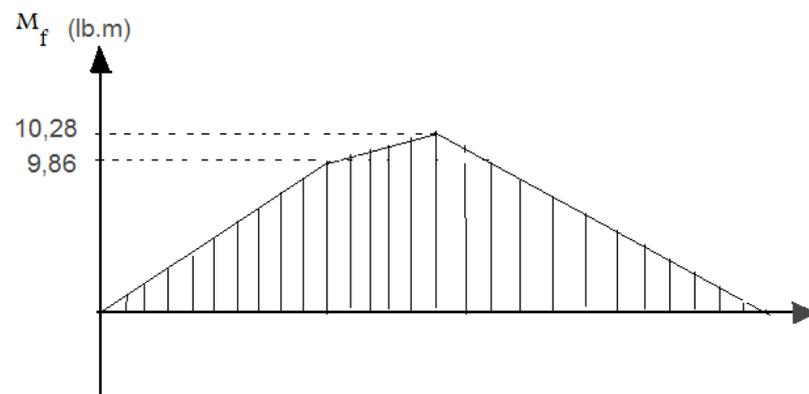
$$W_{eq} = 42 lb.$$



**Figura 6.20:** Diagrama de cuerpo libre.

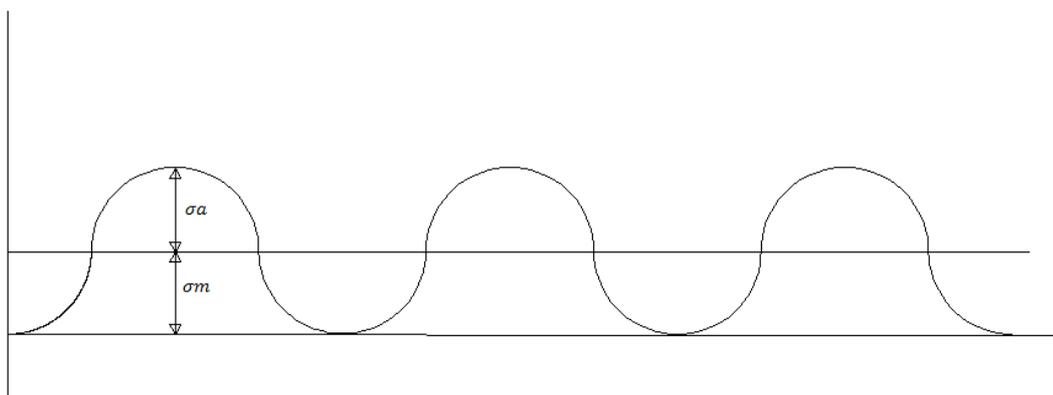


**Figura 6.21:** Diagrama de cortante.



**Figura 6.22:** Diagrama de momento.

**Fluctuación del Esfuerzo:**



**Figura 6.23:** Diagrama de comportamiento de la estructura.

**Tabla 6.15: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL.**

Denominación	Nombre	Símbolo	Ecuaciones	Valores
Cargas	Carga Aplicada (lb)	W	Puntual	44
	Carga Distribuida (lb)	Weq	$Weq = 0,75 \frac{lb}{cm} * 56cm$	42
	Reacción A (lb)	RA	$\sum Fy = 0$	49,29
	Reacción D (lb)	RD	$\sum MA = 0$	36,71
Momentos	Momento de A - B (lb * m)	M1	Área del Diagrama Cortante	9,85
	Momento de B - C (lb * m)	M2	Área del Diagrama Cortante	0,42
	Momento de C - D (lb * m)	M3	Área del Diagrama Cortante	10,28
Perfil Cuadrado de 40 * 40 * 2 de Acero Estructural	Área (cm <sup>2</sup> )	A	Tablas DIPAC	2,94
	Inercia (cm <sup>4</sup> )	I	Tablas DIPAC	6,92
	Inercia angular (cm <sup>3</sup> )	W	Tablas DIPAC	3,46
	Radio de Giro	c	Tablas DIPAC	1,53
	Esfuerzo de Rotura (psi)	Sut	Tablas de Materiales	72386,95
Esfuerzos	Esfuerzo Máximo $\frac{lb}{cm^2}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{max} = \frac{M*c}{I}$	227,3
	Esfuerzo a $\frac{lb}{cm^2}$	$\sigma_a$	$\sigma_a = \frac{\sigma_{max}}{2} = \sigma_m$	113,64
	Esfuerzo equivalente $\frac{lb}{cm^2}$	$\sigma_{eq}$	$\sigma_{eq_a} = \sigma_{eq_m} = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_{xy}a^2}$	113,64
Factores de Corrección Ki	Acabado Superficial	Ka	Sut <sup>b</sup> / A	0,65
	Tamaño	Kb	$1,189 d^{-0,097}$	0,83
	Confiabilidad	Kc	Con un R = 0,9	0,897
	Temperatura	Kd	Parámetros	1
	Concentración de Tensiones	Ke	Parámetros	1
	Efectos de corrosión	Kg	Parámetros	1
Límites	Límite de Fatiga $\frac{lb}{in^2}$	Se'	0,5 Sut	36193,48
	Límite Real de Fatiga $\frac{lb}{in^2}$	Se	Ki* Se'	17372,87
Según Goodman	<b>Factor de Seguridad</b>	<b>n</b>	$\frac{\sigma_{eq_a}}{Se} + \frac{\sigma_{eq_m}}{Sut} = \frac{1}{n}$	<b>19</b>

El factor de seguridad sale de 19 se podría decir que esta sobre diseñado pero hay que tomar en cuenta parámetros de estética.

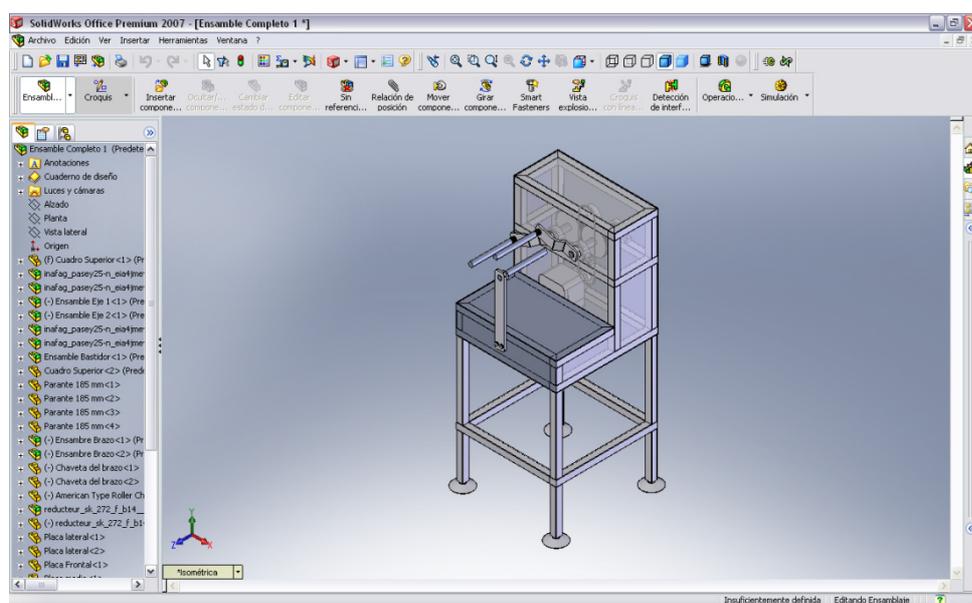
### 6.11. Modelación en programas CAM.

La relevancia que ha tenido la computación y la informática en el diseño de máquinas como un medio de diseño virtual muy apegado a la realidad, permite alcanzar de mejor manera los objetivos trazados para la amasadora de melcocha.

Haciendo uso del paquete computacional SOLID WORKS 2007 se pudieron realizar los siguientes ítems:

- Modelación y dimensionamiento en tres dimensiones de cada una de las partes constitutivas de la amasadora de melcocha.
- Ensamblaje virtual de los sistemas mecánicos constitutivos de la máquina.
- Selección de elementos estandarizados como pernos, tuercas, rodamientos etc.
- Simulación y dimensionamiento de los mecanismos en movimiento.
- Creación de planos.

En las figuras 6.24, 6.25, 6.26 podemos apreciar la interface del paquete computacional SOLID WORK.



**Figura 6.24:** Modelación y ensamblaje total de la amasadora de melcocha.

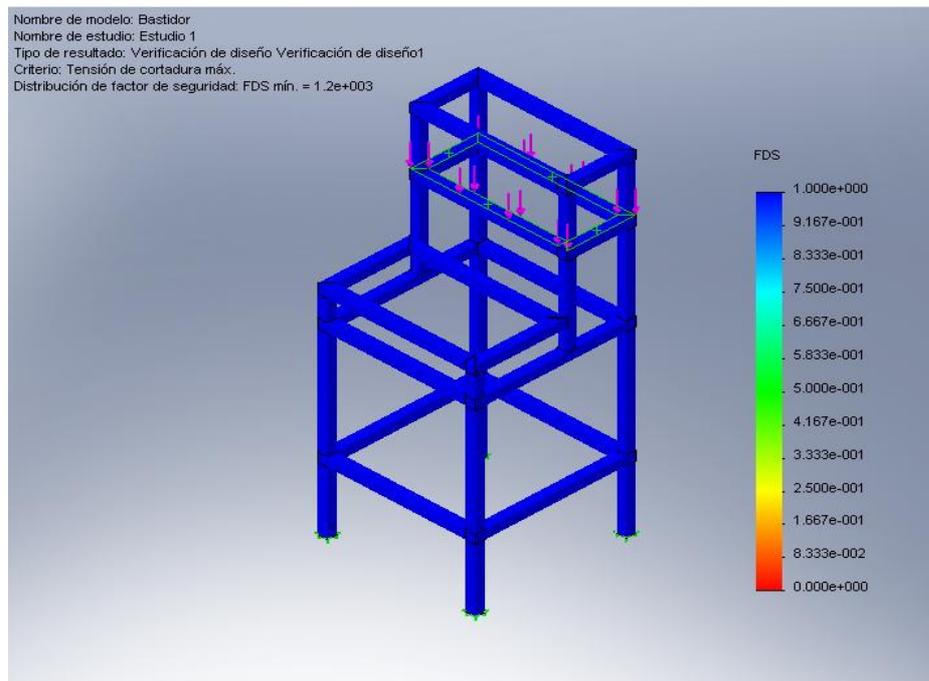


Figura 6.25. Estudio de verificación en el diseño del bastidor.

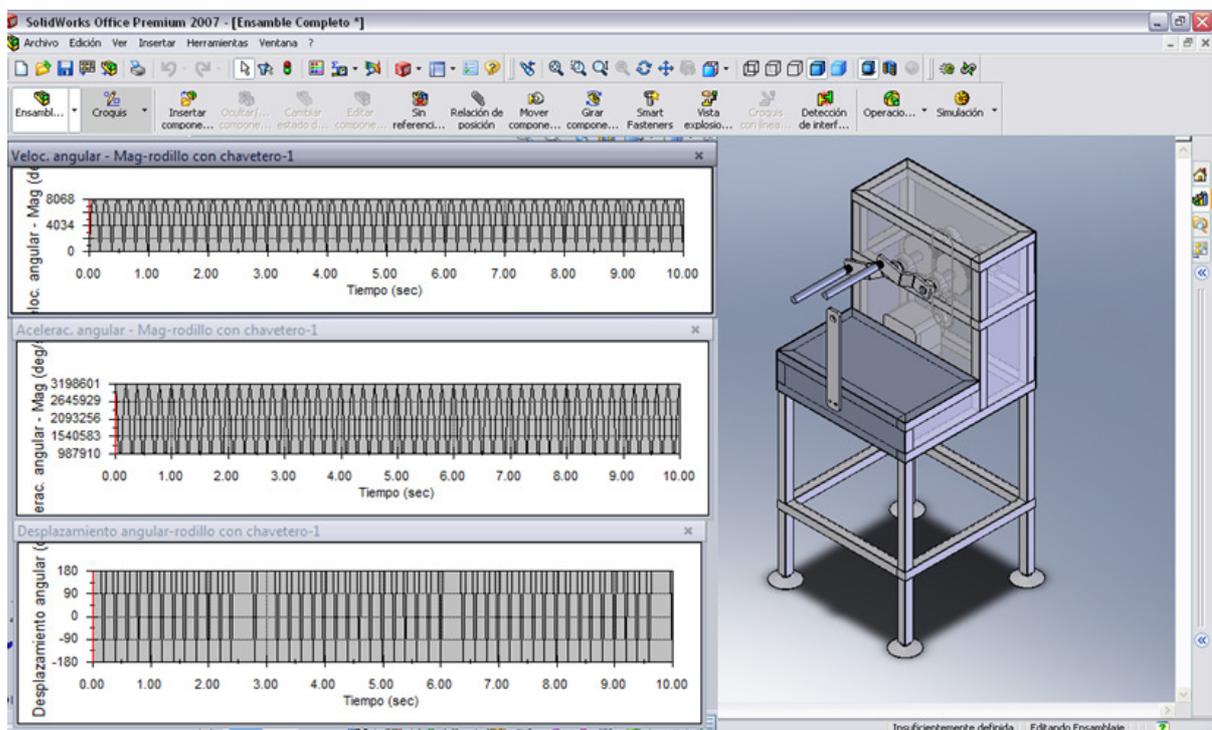


Figura 6.26: Velocidad, aceleración y desplazamiento angular.

## CAPÍTULO VII.

### 7. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y DE CONTROL

Dentro de los requerimientos para la automatización de la máquina amasadora de melcocha se detallan los siguientes:

- Tenga un funcionamiento manual y semi automático.
- Exista una botonera de encendido y apagado
- Una bombilla que indique si existe corriente en la máquina.
- Que tenga un temporizador para normalizar el producto.
- Perilla en la cual se pueda regular la velocidad de la maquina.

#### 7.1 Sistema eléctrico y electrónico de la máquina

El tipo de amasado se lo va a realizar en dos formas manual y semiautomática, para ello se utiliza un selector y se hace imprescindible la utilización de elementos eléctricos, electromecánicos y electrónicos que permitan la automatización media del sistema de amasado.

Para el funcionamiento del sistema eléctrico comúnmente se dispone en las planta industriales las siguientes características de corriente eléctrica:

**Tabla 7.1:** CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Tipo de corriente	Corriente alterna 60Hz 3 fases + neutro
Voltaje fase-fase	220V
Voltaje fase-neutro	127V

En base a los datos de la tabla anterior se realiza la selección de los elementos para el sistema de amasado.

Durante mucho tiempo se ha venido utilizando en las máquinas accionamientos mediante contactores, actualmente la electrónica cuenta con miles de elementos de costos relativamente bajos y de grandes prestaciones funcionales.

## **7.2 Alternativas de automatización**

Dentro de las alternativas para la automatización de la maquina amasadora de melcocha tenemos los micro controladores, PLC, y reguladores de frecuencia.

### **7.2.1 Micro controladores.**

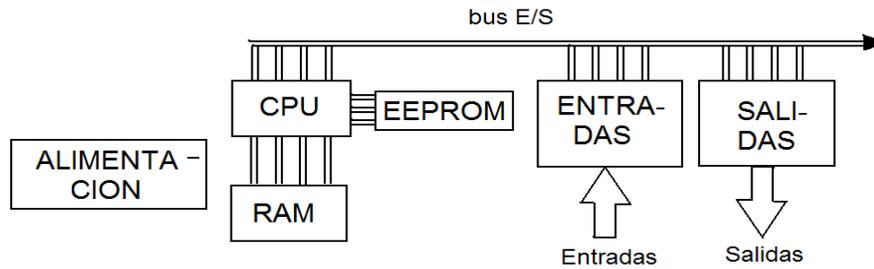
Un microprocesador no es un ordenador completo. No contiene grandes cantidades de memoria ni es capaz de comunicarse con dispositivos de entrada, como un teclado, un joystick, un ratón, o dispositivos de salida como un monitor o una impresora.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UPC (Unidad Central de procesos).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

### **7.2.2 PLC**

El término PLC proviene de las siglas en ingles (Programmable Logic Controller), que traducido al español se entiende como Controlador Lógico Programable, se trata de un equipo electrónico, que tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.



**Figura 7.1:** Estructura del PLC.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso, sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración del mismo etc. hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables

#### **7.2.2.1 Funciones básicas del PLC**

- Detección: lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación
- Mando: elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- Dialogo hombre máquina: mantener un dialogo con los operarios de producción obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- Programación: para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómat.

La programación de un PLC se lo realiza por medio de lenguajes de programación, los más usados son:

- Escalera (ladder)
- Listado de instrucciones
- Diagramas lógicos
- Lenguaje de alto nivel

### 7.3 Selección del control.

Se escoge para la amasadora un control por medio de PLCs debido a las siguientes consideraciones.

- Inmutación ante corrientes parasitas.
- Reemplazo e intercambiabilidad de elementos
- Facilidad de programación y manejo
- Costos y disponibilidad

### 7.4 Diseño del circuito electrónico

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

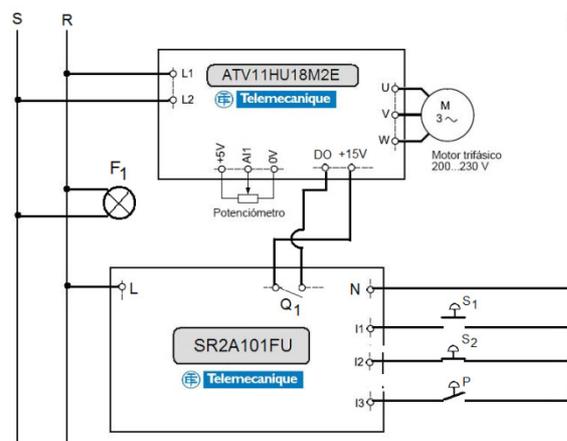
- Parte operativa

Es la parte que actúa directamente sobre la maquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada tales como: motores, cilindros, finales de carrera, etc.

- Parte de mando

Suele ser un autómata programable PLC, aunque hasta hace poco tiempo se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos.

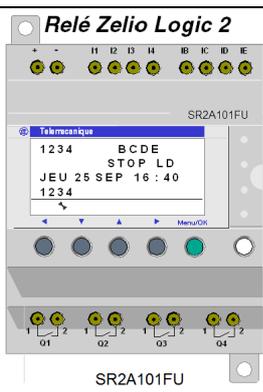
La conexión de los elementos eléctricos en su totalidad se muestra en la siguiente figura.



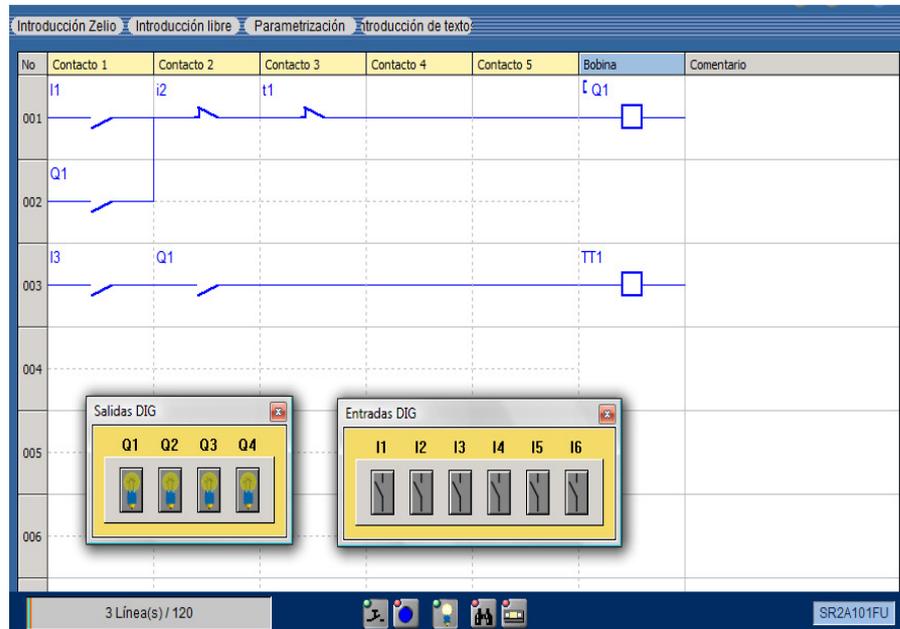
**Figura 7.2:** Conexión de los elementos eléctricos utilizados en la amasadora

A continuación se muestran las características de cada elemento eléctrico utilizado en la automatización de la máquina amasadora.

**Tabla 7.2: CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS.**

 <p><b>ATV 11 HU18M2E</b></p>	<b>REGULADOR DE FRECUENCIA ALTIVAR 11</b>	
	MARCA	TELEMECANIQUE
	TIPO	Variadores de velocidad ajustables
	VOLTAJE ALIMENTACIÓN	DE 200V a 240V
	VOLTAJE DE SALIDA	Tres fases de voltaje
	FRECUENCIA DE SALIDA	0 a 200 Hz
	FRECUENCIA DESCONEXIÓN	DE 2-16 KHz
	PROTECCIONES CONTROLADOR	DEL <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrecalentamientos</li> <li>• Sobre corrientes</li> <li>• Sobre voltajes</li> </ul>
 <p><b>Relé Zelio Logic 2</b> SR2A101FU</p>	<b>RELÉ ZELIO LOGIC</b>	
	TIPO	Display Integrado
	MODELO	SR2A101FU
	NUMERO DE PUERTOS	10
	ENTRADAS DISCRETAS	6
	SALIDAS	8 relay
	VOLTAJE ALIMENTACIÓN	DE 100V-240Vac; 50/60Hz
	TIPO DE PROGRAMACIÓN	LADER, FBD
	<b>Botón pulsador rasante verde, marcha NA</b> XB4BA31 (S1)	
	<b>Botón pulsador rasante rojo, parada NC</b> XB4BA42 (S2)	
	<b>Switch selector de manija negra 2 posiciones fijas 1NA</b> XB4BD21 (P)	
	<b>Piloto de señalización con LED rojo 240 Vac</b> XB4BVM4 (F1)	

Para nuestras necesidades de automatización procedemos a realizar el programa y la simulación, en el software Zelio Soft 2, por tanto a continuación se representa el programa utilizado para nuestra máquina amasadora:



**Figura 7.3:** Simulación en el programa Zelio Soft.

Una vez simulado el programa en el software Zelio Soft 2 y comprobado su funcionalidad a nuestros requerimientos procedemos a cargar al PLC.

## CAPÍTULO VIII.

### 8. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO, MONTAJE Y ANÁLISIS DE COSTOS.

#### 8.1 Construcción.

La construcción de la máquina es la operación que nos permite plasmar el diseño una vez terminado el mismo, mediante planos los cuales son fundamentales para la construcción, en este proceso nos servimos de la ayuda de máquinas y herramientas necesarias para dar forma a las distintas partes de la máquina a construir.

La construcción en sí no es otra cosa que el proceso de maquinado de las partes constitutivas de la máquina, siendo este caso clasificado en dos grupos:

Herramientas y accesorios TABLA 8.1.

Máquinas – Herramientas TABLA 8.2

Las herramientas y accesorios lo constituyen el equipo de trazado, corte, acabado y pintura, es decir es algo indispensable con que trabajan los artesanos en las obras de sus oficios.

Las máquinas herramientas, son un conjunto de mecanismos dispuestos de tal manera que nos permita realizar un trabajo específico, es lo necesario para el maquinado de cada una de las partes constitutivas de la máquina a construir.

**Tabla 8.1: HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS.**

<b>Designación</b>	<b>Herramientas y Accesorios</b>
	<b>Equipo de trazado</b>
H1	Flexómetro
H2	Rayador
H3	Escuadra
H4	Compás
H5	Calibrador
H6	Mesa de trabajo

	<b>Equipo de corte</b>
H7	Arco de sierra
H8	Taladro manual
H9	Brocas
H10	Fresa
H11	Cuchillas de torno
H12	Machuelos

	<b>Equipo acabado</b>
H13	Esmeril
H14	Lijas
H15	Limas
H16	Pulidora

	<b>Equipo de pintura</b>
H17	Soplete
H18	Compresor

**Tabla 8.2: MÁQUINAS HERRAMIENTAS.**

<b>Designación</b>	<b>Máquinas o Equipos</b>	<b>Características</b>
MH1	<b>TORNO</b>	Dist. Entre puntos 2000 mm
		Volteo 300 mm.
		Potencia 6 HP.
		Velocids. 50-1200 rpm
MH2	<b>FRESADORA</b>	Universal, cabezal divisor
		Potencia 5 HP
		Velocids. 100-960 rpm
MH3	<b>PULIDORA</b>	Potencia 0,4 kw.
		Velocidad 7.000 rpm
MH4	<b>SIERRA ELECTRICA</b>	Potencia 3kw
		Carreras 20-60 n/min
MH5	<b>TALADRO PEDESTAL</b>	Potencia: 3 kw
		Velocidad 30 - 2000 rpm
		Accionado por bandas
S1	<b>SOLDADORA ELECTRICA</b>	Amp DC -110
		AC -220
S2	<b>OXICORTE</b>	Suelda y corte
		Gas propano
		oxígeno 500 psi
S3	<b>PLASMA</b>	
		Accionado con aire comprimido
S4	<b>COMPRESOR</b>	
		Potencia 3 Hp

### **8.1.1 Operaciones tecnológicas realizadas en la construcción.**

Son aquellas operaciones desarrolladas en el transcurso de diversas actividades mecánicas continuas, con el fin de dar la forma y el tamaño adecuado para que este elemento realice la función diseñada, para la cual se ha visto conveniente numerar cada uno de los procesos a los cuales deberán estar sometidos cada una de las partes constitutivas de la máquina.

**Tabla 8.3:** OPERACIONES TECNOLÓGICAS.

Item	Operación
1	Trazado y corte mecánico
2	Trazado y corte oxiacetilénico
3	Torneado: centrado, refrentado, cilindrado
4	construcción de chavetero
5	Taladrado
6	Roscado manual
7	construcción del engrane (Fresadora)
8	Soldadura
9	Doblado
10	Amolado
11	cepillado o esmeirado
12	Masillado y lijado
13	Pintado
14	Cromado

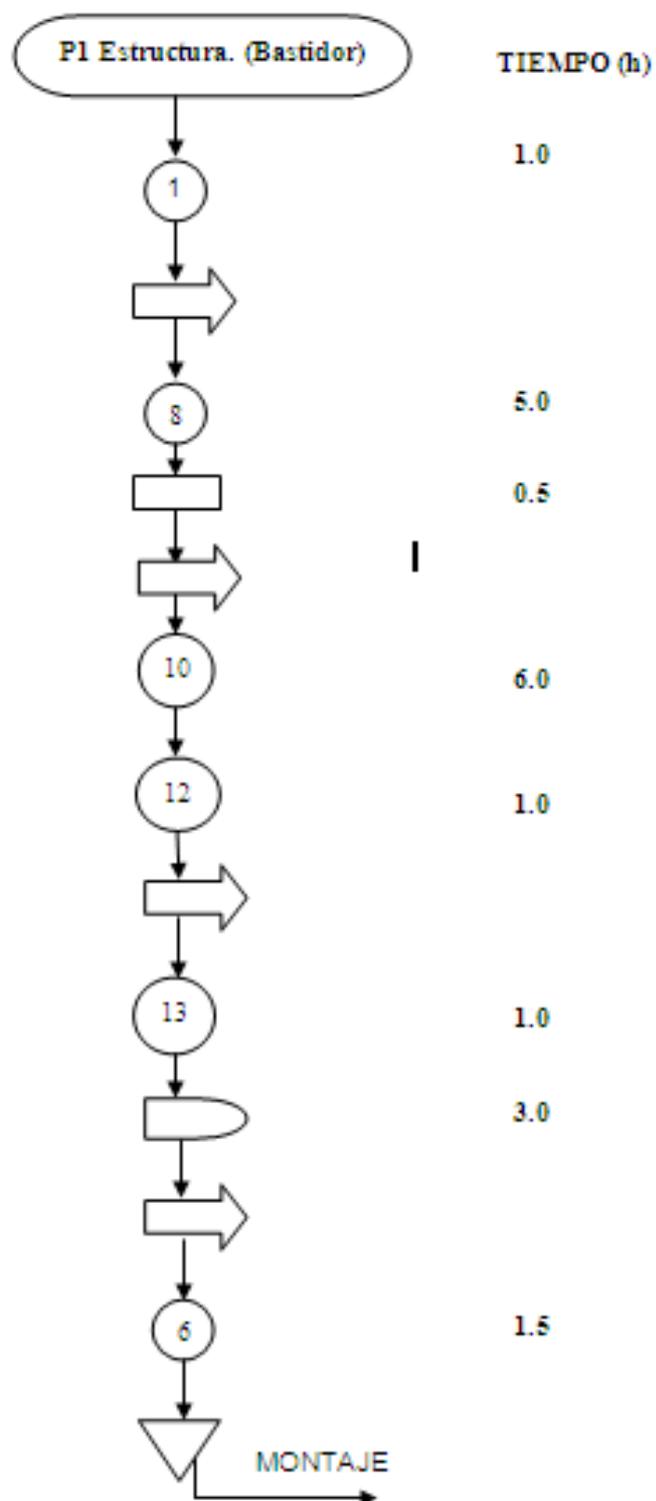
En los siguientes cursogramas, se representan las operaciones tecnológicas que se siguen en las diferentes etapas de la construcción de la máquina amasadora de melcocha.

Las operaciones de construcción no tienen un orden de seguimiento estricto, se ejecutan de acuerdo a la necesidad de avance requerida. El tiempo empleado se indica en horas y se encuentra a la derecha de cada operación.

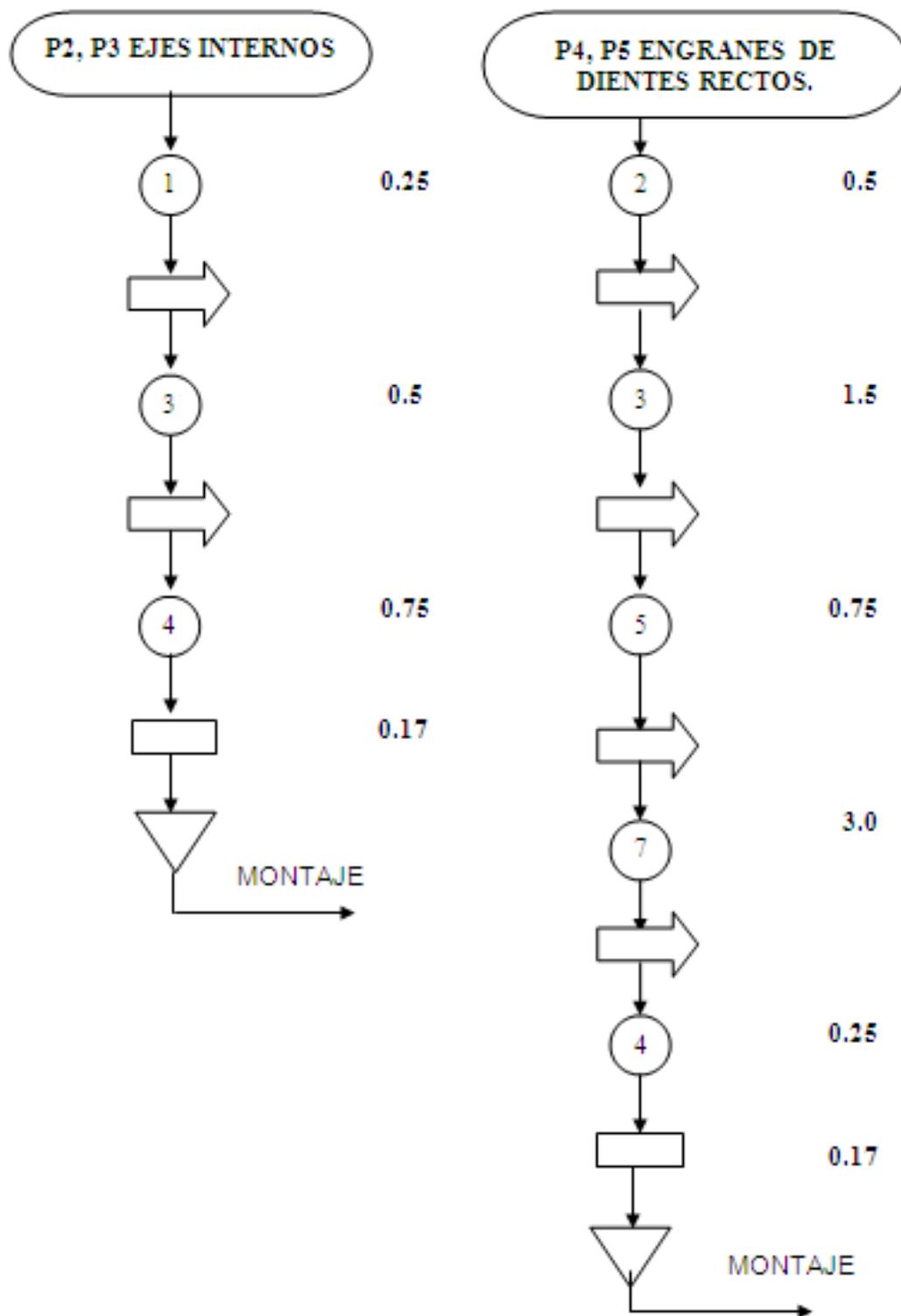
Para una mayor comprensión de los cursogramas a continuación se detalla la nomenclatura utilizada en la elaboración de los mismos.

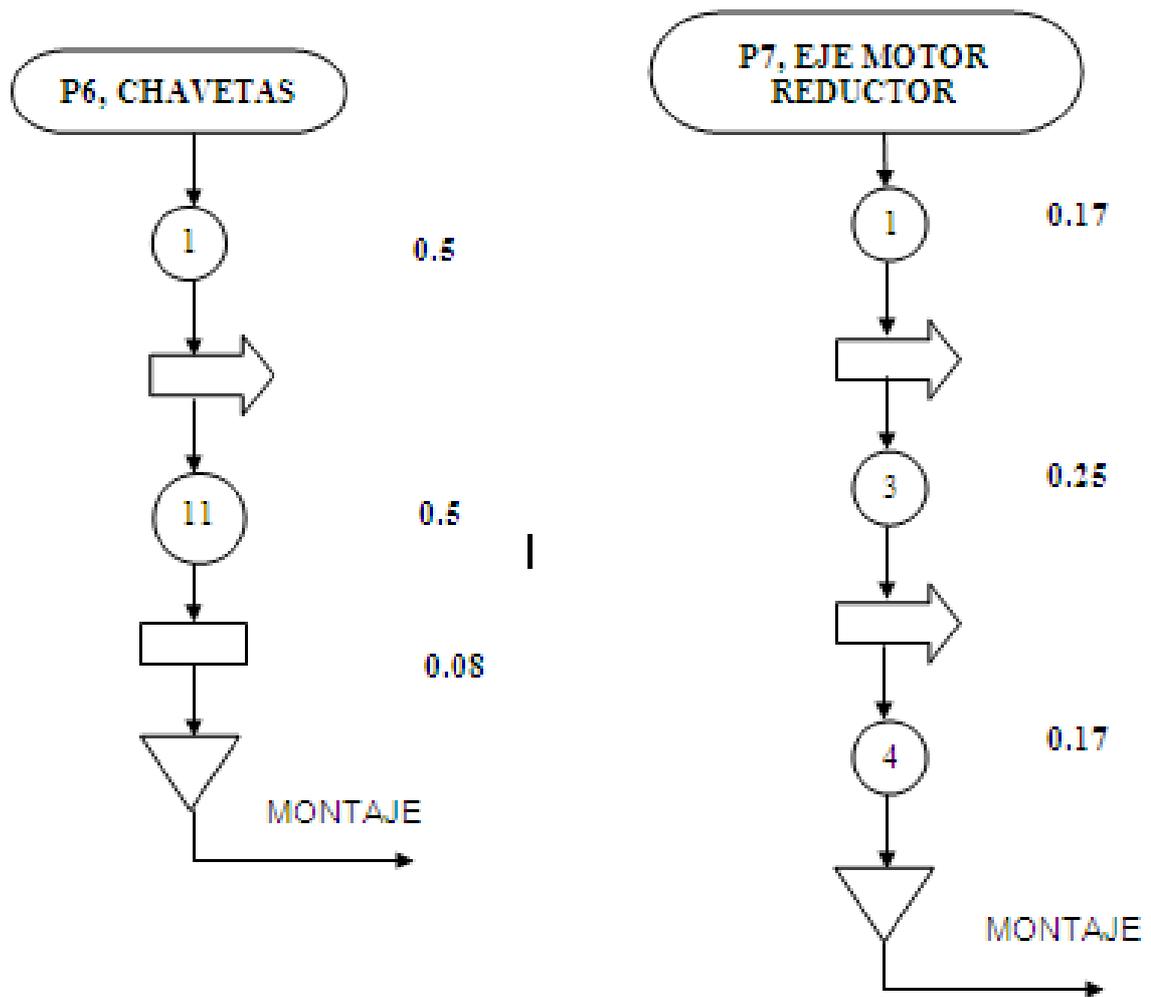
**Tabla 8.4:** NOMENCLATURA DE LOS CURSOGRAMAS.

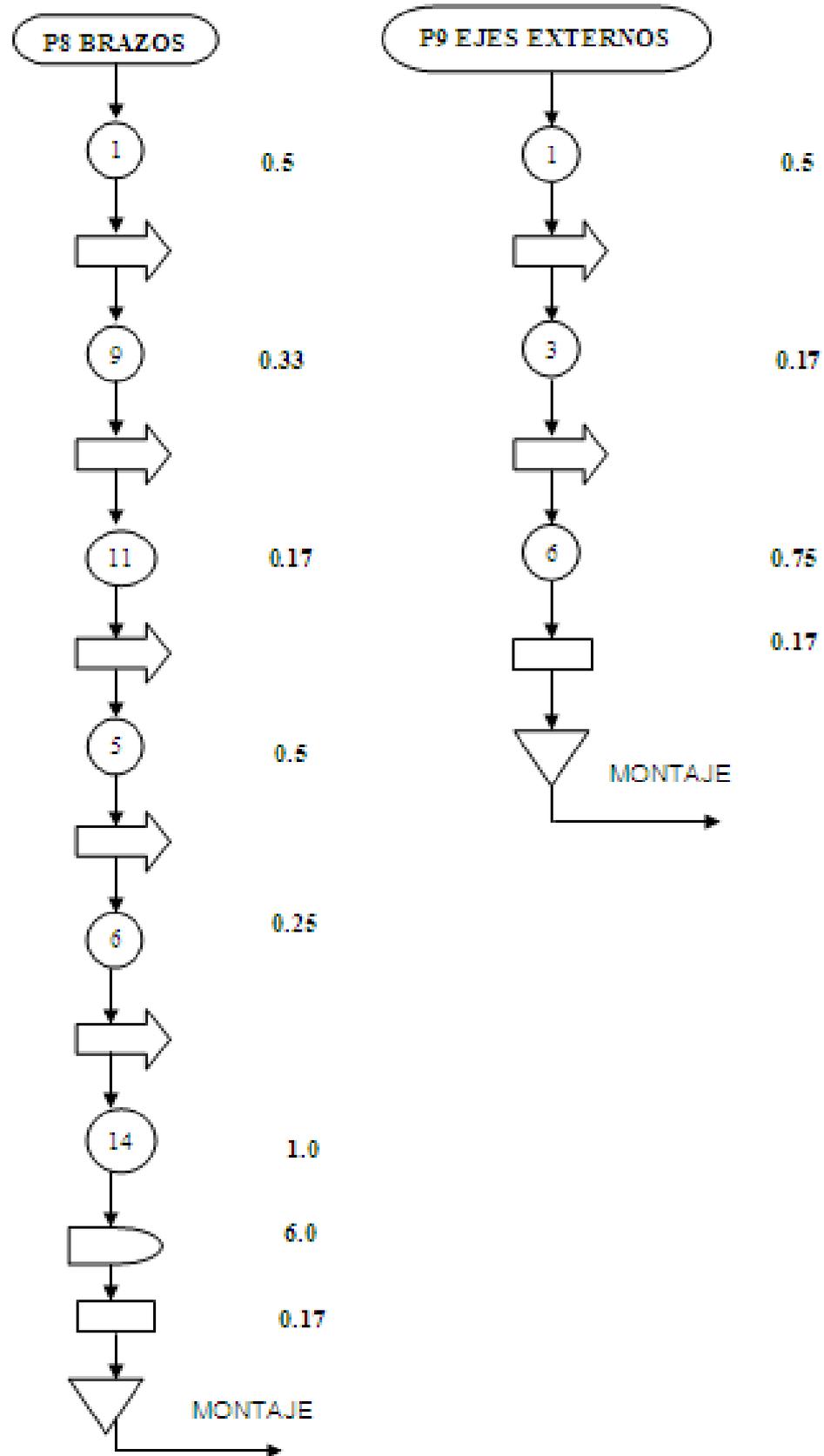
SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO.
	Operación Tecnológica.
	Traslado o transporte.
	Inspección.
	Espera.
	Almacenamiento.

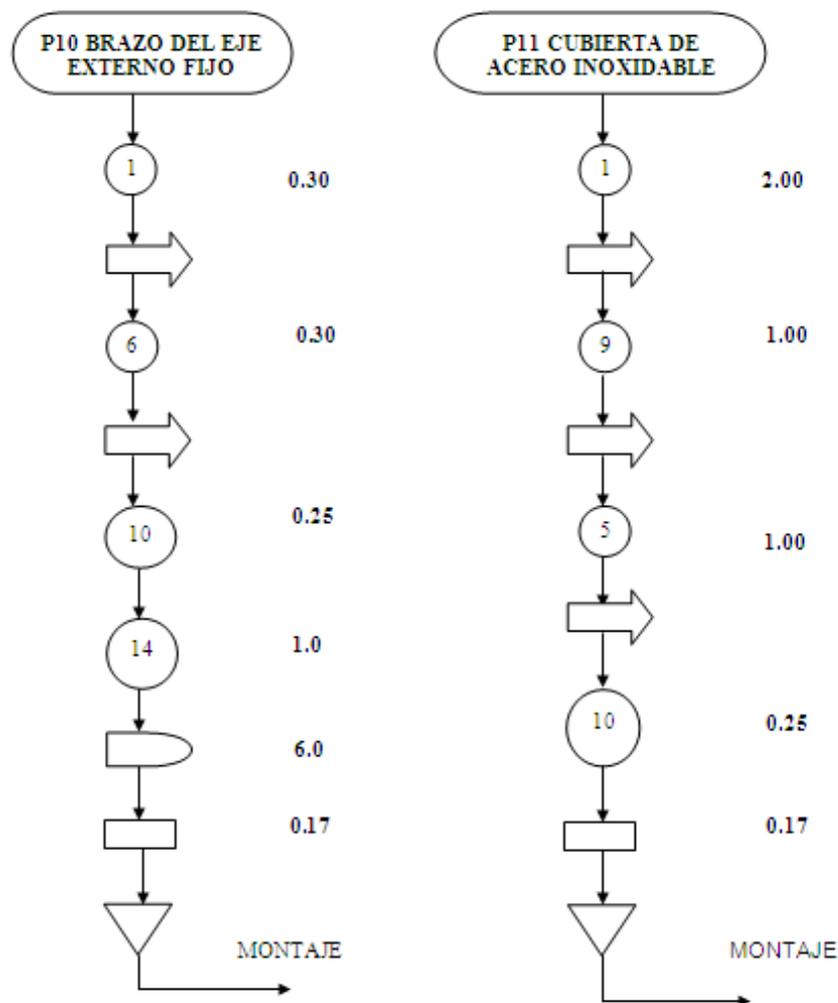


---









El tiempo total empleado en la construcción de los elementos y accesorios de máquina es:

51.46 horas.

## 8.2 Montaje.

Una vez que los elementos mecánicos que constituyen la máquina amasadora de melcocha han sido construidos en base a los diseños realizados y a los procedimientos tecnológicos planteados, así como también los elementos seleccionados hayan sido adquiridos, se procede a las operaciones de acoplado de las partes, para formar el conjunto de los mecanismos con los que se encuentra constituido la máquina.

La Máquina Amasadora de melcocha está constituido de una estructura donde se asienta el motor provisto de pernos, en la estructura se encuentran cuatro chumaceras en las cuales van los ejes internos, en uno de los ejes internos esta una catalina que recibe el movimiento del motor reductor con la utilización de una cadena , a demás en este eje se encuentra un engrane el cual transmite el movimiento al acoplarse con el otro engrane que se encuentra en el otro eje, los ejes internos están dispuestos de una manera horizontal. En el extremo de los ejes está ubicado los brazos estos se acoplan a los ejes utilizando chavetas, en el extremo de los brazos están los ejes externos los cuales se encuentran acoplados a los brazos ya que están roscados y se unen a estos, los ejes externos son de acero inoxidable ya que en estos se asientan la masa de melcocha para el proceso de amasado.

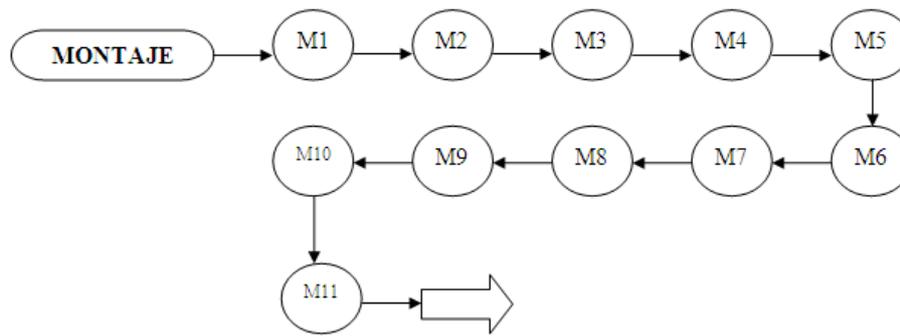
En la parte externa están tres ejes uno fijo y dos móviles, los ejes móviles están unidos a los brazos que reciben el movimiento del motor, el eje fijo esta unido a un brazo recto, el cual está ensamblado a la estructura por medio de pernos de sujeción.

### **8.2.1 Operaciones Tecnológicas realizadas en el Montaje.**

En el montaje de cada uno de los elementos de la máquina, se realizaron las siguientes operaciones tecnológicas que se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 8.5:** OPERACIONES TECNOLÓGICAS EN EL MONTAJE BÁSICO DE UNA MÁQUINA PARA AMASAR MELCOCHA.

<b>No.</b>	<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO (h)</b>
M1	Montaje del piñon al eje del motor reductor.	0.17
M2	Montaje del eje al motor reductor	0.17
M3	Montaje de la base del motor reductor a la estructura.	0.25
M4	Montaje de los engranes, catalina y chavetas en los ejes	0.5
M5	Montaje de los ejes en las chumaceras.	0.17
M6	Montaje de las chumaceras a la estructura	0.17
M7	Montaje de la Cubierta de Acero Inoxidable	0.75
M8	Montaje de la cadena.	0.33
M9	Montaje de los brazos.	0.33
M10	Montaje de los ejes externos en los brazos.	0.17
M11	Montaje del control semiautomático	2.00
		5.01



**Figura 8.1:** Cursograma de montaje de la máquina.

### **8.2.2 Tiempo empleado en la construcción y montaje.**

El tiempo total empleado en la construcción y montaje de los elementos y accesorios de máquina es:

$$\mathbf{Tt = Tc + Tm}$$

Donde:

Tt: Tiempo total

Tc: Tiempo empleado en la construcción

Tm: Tiempo empleado en el montaje

$$\mathbf{Tt = 51.46 \text{ h} + 5.01 \text{ h} = \mathbf{56.47 \text{ HORAS.}}$$

En el desarrollo del estudio del tiempo no se han mencionado los tiempos muertos que por lo general son los que suelen ocasionar más demora en la construcción de la maquinaria. En el caso de la amasadora de melcocha no fue la excepción.

### **8.3 Análisis de costos. [17]**

El costo total de la máquina se clasifica en:

- Costos directos.

- Costos Indirectos.

### 8.3.1 Costos directos.

#### 8.3.1.1 Costo de materiales (Cm)

Las tablas a continuación muestran los costos de cada uno de los materiales empleados en la máquina, así como los costos de los elementos que han sido seleccionados y comprados

**Tabla 8.6:** COSTOS DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AMASADORA DE MELCOCHA.

<b>Materiales necesarios para la construcción de la máquina Amasadora.</b>				
<b>Cant.</b>	<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
4	tubo de acero de 40x40x2	mm	12,65	50,60
1,50	Plancha de acero inoxidable e= 3	mm	64,96	97,44
1	Ejes de acero de transmisión	m	14,00	14,00
4	chumaceras SKF SY505M		5,15	20,60
2	Piñones P'cadena N.40		6,70	13,40
2	Engranés de dientes Rectos Z= 62		35,00	70,00
1	Cadena N40		4,00	4,00
1	candado sencillo N40		0,73	0,73
0,8	Eje de acero Inox idable d=1	plg	80,00	64,00
2	chavetas 5/16	plg	2,50	5,00
4	chavetas 1/4	plg	2,00	8,00
3	tuercas M20 Inox	mm	4,60	13,80
30	tornillos autoperforantes de 1/8	plg	0,05	1,50
1	placa de 200x200x 4	mm	4,00	4,00
4	pernos 1/4 x 3	plg	0,30	1,20
0,5	platina de 400x 60x8	mm	8,00	4,00
1	Motor-reductor de 0,75 HP 80rpm		525,00	525,00
	<b>TOTAL Usd</b>			<b>897,27</b>

**Tabla 8.7:** COSTO PARA LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

<b>Cantidad</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Reguladores de frecuencia Telemecanique	280	280
1	MicroPLC Telemecanique SR2 A101F	122	122

1	potenciómetros	0,75	0,75
3	encendidos	1	3
2	indicadores de energía	2	4
1	conector de CC	1,15	1,15
1	Caja de plástico de 25 x 25 x 14 cm	2,43	2,43
4	Cables 3 en 1 en metros	0,75	3
4	Cables 2 en 1 en metros	0,5	2
3	Cableado interno	0,25	0,75
	<b>TOTAL Usd</b>		<b>419,08</b>

**Tabla 8.8:** COSTO EN INSTALACIONES PRIMARIAS Y ACABADOS.

<b>Denominación</b>	<b>Valor Total</b>
Pintura y Galvanizado	80,0
Costos de materiales para Instalación Eléctrica	419,08
<b>TOTAL Usd</b>	<b>499,08</b>

### 8.3.1.2 Costo de mano de obra (CMO).

Para determinar este valor se multiplica el número de horas que emplea un obrero en realizar ésta máquina por el valor de una hora de trabajo obtenida del técnico.

**Tabla 8.9:** COSTO POR MANO DE OBRA.

<b>Operario</b>	<b>Trabajo a realizar</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Soldador	20	5	100
1	Ayudante	320	1,2	384
1	Eléctrico	16	3	48
1	Tornero	12	3	36
	<b>TOTAL Usd</b>			<b>568</b>

### 8.3.1.3 Costo de equipos (CE)

Para determinar el costo de equipos se multiplica el número de horas utilizadas en cada máquina y el costo de utilización por ellas, detallada en la siguiente tabla:

**Tabla 8.10: COSTO DE EQUIPOS.**

Cantidad	Especificaciones	Tiempo (h)	V. Unitario	Valor Total
5	Electrodos Tungsteno 3/32	12	2,4	12
1	Suelda TIG	20	1	20
2	Pulidoras	24	1,5	36
1	Cortadora	6	2	12
1	Dobladora	4	3	12
2	Taladro	12	1	12
1	Suelda MIG	12	1,3	15,6
6	Llaves de toda medida	240	0,5	120
	TOTAL Usd			239,60

### 8.3.1.4 Costo transporte

Este valor representa la movilización para la compra de materiales así como el costo del transporte para la entrega de la máquina amasadora de melcocha.

**Tabla 8.11: COSTO POR TRANSPORTE.**

1	Camioneta de compra de materiales	100
1	Camioneta para la entrega de la maquina	50
	TOTAL en Usd	150

### 8.3.2 Costos indirectos.

#### 8.3.2.1 Costo ingenieril.

Este valor es el costo de diseño y supervisión que es considerado como el 10% de los costos directos.

$$CD= 2353,95 \text{ Usd.}$$

$$Ci= 235,40 \text{ Usd.}$$

### 8.3.2.2 Costo utilidad

Normalmente este valor representa de 20 a 30% del costo de la máquina, pero por tratarse de una tesis de grado, este no se lo tomó en cuenta.

## 8.4 Resumen de costos.

**Tabla 8.12: RESUMEN ECONÓMICO..**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
Costos por Materiales	897,27
Costos por instalaciones y acabados	499,08
Mano de Obra	568
Costo por Equipos	239,60
Transporte	150,00
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	
Costo ingenieril	235,40
<b>TOTAL en Usd</b>	<b>2589,35</b>

El costo total en la máquina realizada es **2589,35** Usd.

Hay que considerar que en el funcionamiento de la máquina existe un costo por operación y mantenimiento.

Teniendo en cuenta que la máquina amasadora de melcocha necesita hacer mantenimiento engrasando o calibrando los elementos de transmisión con una frecuencia semanal, utilizando grasa

de alta densidad ahí se tendrá un gasto de 60 dólares anuales, se debe considerar que el costo de operación es el consumo eléctrico de la máquina amasadora de melcocha.

**Tabla 8.13: CONSUMO ELÉCTRICO.**

<b>CONSUMO ELÉCTRICO</b>			
<b>DETALLE</b>	<b>WATTS</b>	<b>Horas de trabajo al mes.</b>	<b>K.W.h al mes</b>
Motor-reductor	560	160	89,6

En nuestro país se tiene un costo promedio de energía eléctrica de 0,11 usd por Kw-h por tanto el valor mensual es 9,86 usd = 118,32 usd anual.

El costo total anual por operación y mantenimiento es **178,32**. Usd.

#### **8.5 Salvamento de la máquina amasadora de melcocha.**

El valor de salvamento de la máquina amasadora de melcocha al momento de que haya terminado su vida legal contable, se estima que es un 10 % del costo de inversión en función de los elementos constitutivos de la amasadora, en especial los electrónicos, ya que seguirán funcionando al término de su vida útil contable.

Inversión= 2589,35 Usd.

Salvamento (s) = 259 Usd.

#### **8.6 Depreciación de la máquina.**

La depreciación es la pérdida de valor contable que sufren los activos fijos por el uso a que se le somete y su función productora de la renta. En la medida de que avance el tiempo de servicio, decrece el valor contable de dichos activos.

El método de depreciación en línea recta es el método más utilizado y con este se supone que los activos se usan más o menos con la misma intensidad año por año, a lo largo de su vida útil; por tanto la depreciación periódica debe ser el mismo monto.

Aplicando este método de depreciación a la máquina amasadora de melcocha se tiene una depreciación anual de:

$$\text{Inversión} = 2589,35 \text{ Usd} = P.$$

$$\text{Salvamento} = 259 \text{ Usd} = S.$$

$$\text{Vida útil contable} = 5 \text{ años.}$$

Depreciación anual:

$$Da = \frac{P - S}{n} = 466,07 \text{ Usd}$$

La depreciación anual, la depreciación acumulada y el valor en libros de la amasadora de melcocha de cada uno de los años de vida útil, se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 8.14: DEPRECIACIÓN ANUAL.**

<b>Año</b>	<b>Depr. Anual (Usd)</b>	<b>Depr. Acumulada (Usd)</b>	<b>Valor en libros (Usd)</b>
0	0	0	<b>2589,35</b>
1	<b>466,07</b>	466,07	2123,28
2	466,07	932,14	1657,21
3	466,07	1398,21	1191,14
4	466,07	1864,28	725,07
5	466,07	2330,35	<b>259</b>

### **8.7 Viabilidad del proyecto.**

Para verificar si el proyecto es rentable analizamos la tasa interna de retorno o llamado comúnmente TIR y el valor actual neto VAN.

**VAN**

Se llama Valor actual neto a la diferencia entre los ingresos (VAI) con los egresos (VAE).

$$VAN = VAI - VAE$$

### TIR.

La tasa interna de retorno o rendimiento es una medida de la rentabilidad de una inversión que está íntimamente relacionada con el valor actual neto (VAN).

Para ver si la construcción es factible de la máquina amasadora de melcocha se tiene que comparar con el interés teniendo a consideración las siguientes reglas:

- Tasa interna de retorno  $>$   $i$  se realiza la máquina
- Tasa interna de retorno  $= i$  el interesado de la maquina deberá analizar si se hace o no.
- Tasa interna de retorno  $<$   $i$  no se realiza la máquina.

#### 8.7.1 Análisis del VAN - TIR.

Calculo del TIR a un VAN=0

En la producción de melcochas se tiene una gran variedad de gastos en la producción como lo mostramos en la tabla siguiente:

**Tabla 8.15: PRODUCCIÓN DE MELCOCHA.**

Cantidad	Especificaciones	Valor Unitario	Valor Total
100 Lb	Panela	0,15	15
	GLP	1,7	1,7
40 lt	Agua	0,01	0,4
	Esencia	1,60	1,60
	Acido	1	1
	Color	1,5	0,5
	<b>TOTAL EN USD</b>		<b>20,2</b>

Cabe mencionar que el valor dado en la tabla anterior corresponde a una parada y como en el día se realizan cinco paradas entonces multiplico el valor por cinco obteniendo un valor de **101** dólares por día.

**Tabla 8.16: MANO DE OBRA POR DÍA**

Operario	Trabajo a realizar	Tiempo (h)	Valor Unitario	Valor Total
1	Para amasar y dar la forma	8	1,88	15
	<b>TOTAL EN USD</b>			<b>15</b>

**Tabla 8.17: COSTO POR TRANSPORTE.**

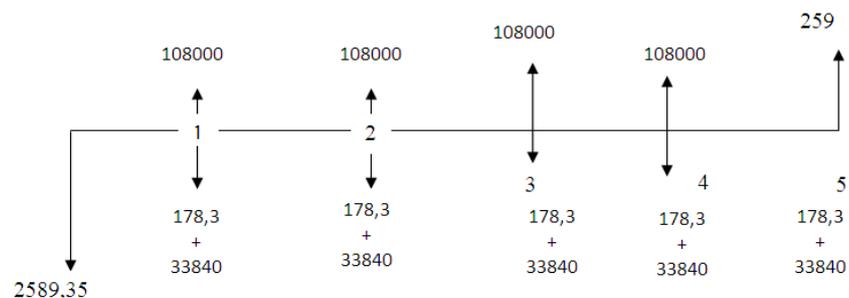
1	Camioneta de compra de materiales y entrega	25 Usd
---	---------------------------------------------	--------

Tenemos un total de gastos por día de 141 dólares = 2828 dólares mensuales y anuales un gasto de **33840** dólares.

Considerando que en cada parada tenemos 150 paquetes de melcocha de 24 unidades vendidas a 0,60 centavos tenemos 90 dólares por parada como tenemos cinco paradas por día tenemos 450 dólares y si proyectamos para un año considerando el precio actual tenemos **108000** dólares.

**Tabla 8.18: FLUJO DE CAJA.**

Costo de construcción	2589,35
Flujo de efectivo anual	108000
Costo de producción anual	33840
Costo por mantenimiento y operación	178,32
Valor de Salvamento	259
vida, años	5

**Figura 8.2: Diagrama de evaluación financiera.**

$$VAN = VAI - VAE$$

Valor anual de ingresos  $VAI = 108000(P/A, i\%, 5) + 259. (P/F, i\%, 5)$

Valor anual de egresos  $VAE = 2589,35 + ((178,32) + (33840)) (P/A, i\%, 5)$

**Tabla 8.19: INTERÉS COMPUESTO**

i%	P/A	P/F	VAI	VAE	VAN
0	5	1	540259	36607	369650
5	4,3295	0,7835	467788	29242	319662
10	3,7908	0,6209	409567	23711	1197.21
15	3,3522	0,4972	362166.3	355679,17	6487.13
20	2,9906	0,4019	323088	324115,71	-1027.71
25	2,6893	0,3277	290529,27	290534,23	-4.96

En la tabla observamos los resultados y para el cálculo del TIR escojo un valor positivo y un valor negativo del VAN en este caso de 15 y 20%

Con los datos obtenidos tenemos un TIR igual a:

$$TIR = i\% + \frac{\Delta\% \times VAN^+}{VAN^+ + VAN^-}$$

$$TIR = 15\% + \frac{5\% \times 6487,13}{6487,13 + 1027,71}$$

$$\mathbf{TIR = 19,32\%}$$

Se toma como referencia la tasa de interés de nuestro país que en estos momentos se encuentra en el 12% teniendo:

**19,32 % > 12 %** por lo tanto el proyecto es factible.

### 8.7.2 Análisis del punto de equilibrio.

El punto de equilibrio se presenta cuando el ingreso cubre los costos fijos y variables en el proceso de amasado de melcocha, en la presente sección se hace un análisis solo por el amasado de melcocha, utilizando los mismos datos de la producción manejados para hallar la TIR.

Los datos de costos que se estiman para el primer año de funcionamiento se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 8.20:** COSTOS FIJOS Y DE FUNCIONAMIENTO.

Concepto	Costos Fijos	Costos variables
Operación y mantenimiento		178,32
Producción de melcocha	24240	-----
Operario	3600	-----
depreciación	466,07	-----
<b>TOTAL. Usd</b>	<b>28306</b>	<b>178,32</b>

Ingreso anual = 108000 Usd.

Aplicando la fórmula para el punto de equilibrio y reemplazando valores se tiene.

$$PE = \frac{\text{Costo fijo}}{1 - \frac{\text{costo variable}}{\text{ventas totales}}} \qquad PE = \frac{28306}{1 - \frac{178,32}{108000}} = 28352.81 \text{Usd}$$

Como el ingreso se calcula a razón de 0,08 Usd de ganancia de amasado por paquete. El número de paquetes que se requiere vender para llegar al punto de equilibrio es:

$$\text{paquetes} = \frac{PE}{0,08 \text{Usd}} = 354410,125 \text{paquetes}$$

Con una producción de 750 paquetes diarios se requerirán 472,54 horas de trabajo a un ritmo de 6 horas diarias de trabajo por cada día y 20 días por mes se necesita un tiempo **3,9** meses para llegar al punto de equilibrio, por lo tanto el proyecto es bastante aceptable.

### 8.7.3 Periodo de recuperación.

Para encontrar el periodo de recuperación de la máquina amasadora de melcocha utilizaremos el método de liquidación simple o también llamado método del periodo de reembolso el mismo que nos indica la liquidez del proyecto más su rentabilidad.

El método de liquidación simple nos da un balance entre los flujos de entrada de efectivo y los flujos de salida de efectivo en años el mismo que es el periodo de recuperación del capital invertido.

La ecuación del método de reembolso es la siguiente:

$$n_p = \frac{P}{FEN}$$

Donde:

P = Inversión inicial o primer costo

FEN = Flujo de efectivo

$n_p$  = Recuperación del capital invertido.

FEN = Ingresos – Desembolsos (Anualmente)

FEN = 108000 – 33840 – 178,30

FEN = 73981,7 Dólares

Reemplazo en la ecuación los valores

$N_p = 2589,35 / 73981,7 = 0,035 \text{ años} = 0,5 \text{ meses.}$

## CAPÍTULO IX.

### 9. PRUEBAS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.

Este capítulo trata de las pruebas operación, y mantenimiento que debe realizarse para obtener en la máquina amasadora de melcocha un óptimo rendimiento y larga durabilidad en cada uno de sus componentes.

Todas las máquinas con la acción del tiempo están sujetas a un proceso irreversible de desgaste, de envejecimiento y a una degradación de eficiencia técnica; así como a su obsolescencia tecnológica. Por lo tanto para aliviar estos males inevitables se requerirá asociar la vida de las máquinas con el mantenimiento.

La programación del mantenimiento, trae como resultado una ejecución satisfactoria de las actividades a realizar en los diferentes equipos, se evita el paro de la máquina, a demás se previene el fallo de algún componente de la misma, con lo cual se optimiza el desempeño de los equipos alargando su vida útil y productiva para la cual fueron diseñados. Además se deben de establecer frecuencias de intervención como parte del mantenimiento preventivo, y definir qué acciones se realizarán durante estas intervenciones en beneficio de un mantenimiento a futuro.

Es importante programar el mantenimiento a la máquina amasadora de melcocha por los siguientes puntos:

- Se optimizan recursos (tiempo, mano de obra, repuestos y otros).
- Compresión de tiempos cíclicos.
- Se evitan paros y pérdidas de producción.
- Crear historial de componentes (repuestos).
- Conocer las características de la máquina.
- Establecer procedimientos para realizar mantenimiento.

## 9.1 Pruebas.

Antes de realizar las pruebas es necesario realizar revisiones del montaje de los elementos de la máquina, para garantizar que la misma tenga un funcionamiento normal.

### 9.1.1 Plan de pruebas.

Las pruebas que se realizaron a la máquina amasadora de melcocha fueron las siguientes:

- Prueba en vacío o de verificación del sistema de transmisión.
- Prueba con carga.
- Tiempo de amasado vs capacidad de carga.
- Porcentaje de crecimiento en la masa luego del proceso de amasado.
- Eficiencia de la máquina.
- Determinación de la Fiabilidad.

#### 9.1.1.1 Pruebas en vacío.

Luego de las respectivas verificaciones de cada uno de los elementos de la máquina amasadora de melcocha se procede a poner en marcha, pero sin la masa de melcocha por lo menos unos 10 a 15 minutos en este tipo de prueba se deduce, si el ajuste de los elementos es el correcto, donde no debe existir una fricción excesiva entre los engranes, ni vibración.

**Tabla 9.1: RESULTADOS DE PRUEBAS EN VACIO.**

<b>Velocidad del motor Rpm</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>40</b>
Característica de la máquina	No existe fricción ni vibración				

### 9.1.1.2 Pruebas con carga.

Se utilizo distinta cantidad de masa para realizar esta prueba y observar que es lo que sucede con el mecanismo y con la masa en el proceso de amasado.

**Tabla 9.2:** RESULTADOS DE PRUEBAS CON CARGA.

<b>CANTIDAD DE MASA DE MELCOCHA (Kg)</b>	<b>OBSERVACIÓN EN LA AMASADORA</b>	<b>OBSERVACIÓN EN LA MASA</b>
2	Realiza el proceso de amasado de una manera rápida.	La masa se estira con facilidad.
4	Realiza el proceso de amasado de una manera rápida.	La masa se estira con facilidad.
<b>6</b>	<b>El amasado es rápido y no existe vibración.</b>	<b>El estiramiento de la masa es bueno.</b>
<b>8</b>	<b>El amasado es rápido y no existe vibración.</b>	<b>El estiramiento de la masa es bueno.</b>
10	Disminuye la velocidad notablemente en el amasado.	El estiramiento es defectuoso.
12	El amasado es dificultoso y la velocidad es demasiado lenta	El estiramiento es pésimo.

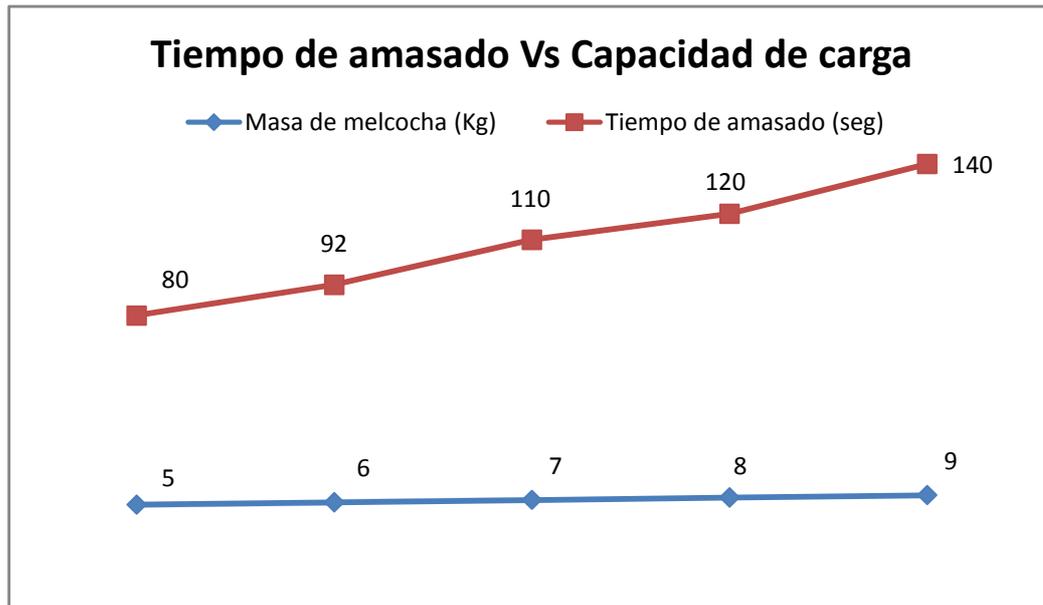
### 9.1.1.3 Tiempo de amasado vs capacidad de carga.

La cantidad de masa que se ocupa para realizar esta prueba está comprendida entre 5 – 8 Kg.

La cantidad de masa es un parámetro importante que determina la rapidez con que se realiza el proceso de amasado.

**Tabla 9.3:** TIEMPO DE AMASADO VS CAPACIDAD DE CARGA.

<b>Masa de melcocha (Kg)</b>	<b>Tiempo de amasado (segundos)</b>
5	80
6	92
7	110
8	120
9	140



**Figura 9.1:** Grafico del tiempo de Amasado Vs Capacidad de Carga.

#### 9.1.1.4 Porcentaje del crecimiento de la masa.

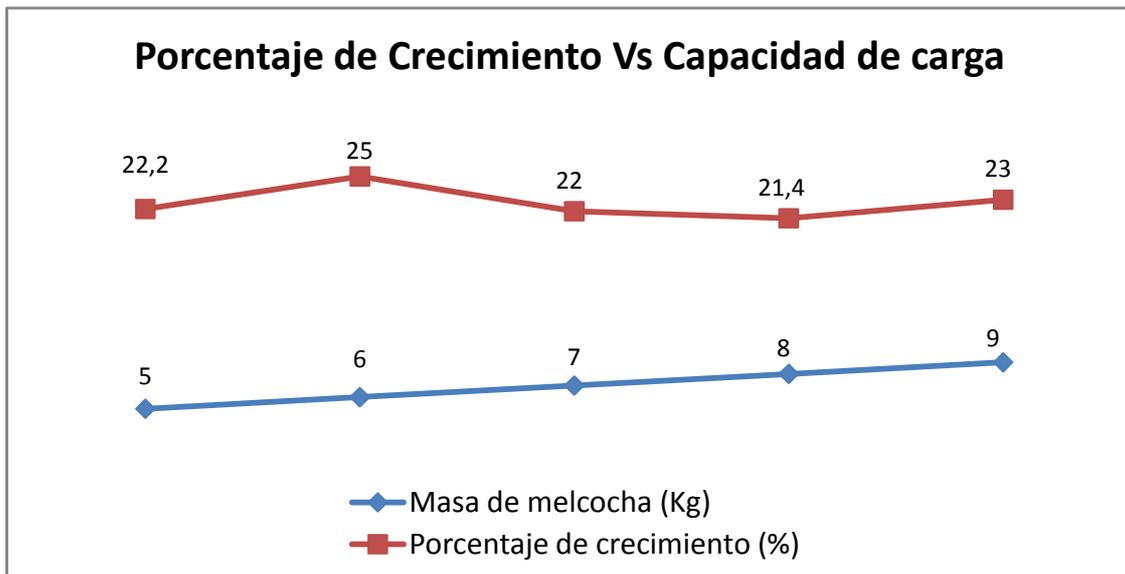
La cantidad de masa de melcocha que se utilizo es medida en un recipiente cilíndrico donde el volumen es:

*Volumen = Area de la base x Altura alcanzada por la masa.*

$$\text{Volumen} = \pi r^2 \cdot h.$$

**Tabla 9.4:** PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DE LA MASA.

Cantidad de masa de melcocha (Kg)	Volumen inicial (m <sup>3</sup> )	volumen final (m <sup>3</sup> )	% de crecimiento de la masa
5	0,009	0,011	22,2
6	0,01	0,0125	25
7	0,012	0,01464	22
8	0,014	0,017	21,4
9	0,016	0,01968	23



**Figura 9.2:** Porcentaje de crecimiento de la masa.

#### 9.1.1.5 Eficiencia de la máquina.

La máquina amasadora de melcocha tiene una eficiencia que es la relación entre la cantidad de masa de melcocha en (Kg) obtenida luego del proceso de amasado y la cantidad de masa de melcocha que ha sido colocada en la amasadora.

$$Em = \frac{\text{Cantidad de masa de melcocha luego del proceso de amasado}}{\text{Cantidad de melcocha antes del amasado}} \times 100\%$$

$$Em = \frac{8Kg}{7,6Kg} \times 100\% = 95\%$$

#### 9.1.1.6 Régimen de trabajo y fiabilidad.

**Régimen de trabajo.-** Considerando que en cada parada de masa de melcocha a producción se incrementa en 350 paquetes tenemos.

Tc = Tiempo por cada ciclo = 30 minutos.

$C_d$  = carga de diseño = 16Kg.

$C_m$  = Carga muerta = 14 Kg.

$T_m$  = Tiempo de trabajo con carga muerta = 2 min.

$t_i$  = relación del tiempo  $i$  en cada ciclo.

$$t_i = \frac{\text{Tiempo en la carga } i}{\text{Tiempo que dura el ciclo.}} = \frac{2}{30} = 0,06$$

$G_a$  = relación de carga muerta.

$$G_a = \frac{\text{Carga muerta}}{\text{Carga de diseño}} = \frac{8}{16} = 0,5$$

$T_a$  = relación de tiempo con carga muerta.

$$t_a = \frac{\text{tiempo con carga muerta}}{\text{tiempo del ciclo}} = \frac{2}{30} = 0,06$$

$K$  = Factor medio cúbico o coeficiente de carga.

$$K = \sqrt[3]{A}$$

Donde:

$$A = (\beta + G_a)^3 \cdot t_i + G_a^3 \cdot t_a$$

$$A = (0 + 0,5)^3 \cdot 0,06 + (0,5)^3 \cdot 0,06$$

$$A = 0,015$$

$$K = \sqrt[3]{0,015} = 0,25$$

Una vez obtenido el valor de  $k$  nos ubicamos en la tabla de régimen de trabajos y determinamos que régimen realiza.

**Tabla 9.5:** RANGO PARA VALORES PARA RÉGIMEN DE TRABAJO.

$0 < K < 0,53$	Trabajo ligero.
$0,54 < K < 0,67$	Trabajo mediano.
$0,68 < K < 0,85$	Trabajo pesado.

*La máquina amasadora de melcocha se encuentra a un régimen de trabajo ligero.*

### **Fiabilidad**

La fiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado.

De acuerdo a esta definición podemos decir que la máquina amasadora de melcocha presenta buenas condiciones para el funcionamiento adecuado incluso en un período de tiempo más prolongado que el que se ha tomado en cuenta en la depreciación, debido a las siguientes consideraciones:

- El alto coeficiente de seguridad al que están diseñados los elementos mecánicos.
- La máquina no está sometida a trabajar con cargas de magnitudes considerables.
- Los elementos electromecánicos están garantizados por la respectiva casa fabricante de los mismos.
- El régimen de trabajo al que está sometida la máquina es un régimen ligero.

Por ello se puede decir que la máquina amasadora de melcocha de acuerdo al diseño realizado posee una fiabilidad muy buena, se puede hablar de un **90 a 95** %, que son los coeficientes de confiabilidad a los que están diseñados los elementos mecánicos.

Un verdadero análisis de la fiabilidad solo se podría hallar con cuadros estadísticos, que revelen el comportamiento de los sistemas en relación al tiempo de funcionamiento. Y de ahí se podría evaluar correctamente los criterios de fiabilidad y manteneabilidad propios de una máquina.

**Tabla 9.6:** RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.

<b>RESUMEN DEL RESULTADO DE LAS PRUEBAS.</b>	
Máquina	<b>Amasadora de melcocha</b>
Potencia	0,75 HP
<b>Eficiencia</b>	95%
<b>Fiabilidad</b>	95%
<b>Velocidad del amasado</b>	Regulable hasta 80 rpm
<b>capacidad de carga</b>	6 - 8 Kg
<b>Porcentaje de crecimiento de la masa</b>	20 -25 %
<b>Tiempo de amasado</b>	92-120 seg

## 9.2 Operación.

Basta con una persona para manipular la máquina Amasadora de melcocha. El panel de mando está enfrente del usuario a una altura de 90 centímetros en el cual existe un led que indica que la máquina está conectada a la red, un potenciómetro el cual está controlado por el micro plc para cambiar de operación manual a semiautomática, a demás posee un botón con el cual se enciende y se apaga el motor-reductor y se controla la velocidad a través de un variador de frecuencia.

### 9.2.1 Manual de operación.

Antes de poner en funcionamiento la máquina Amasadora de Melcocha deben efectuarse las siguientes observaciones:

- Verificar que todos los componentes se encuentren en su sitio.
- Al enchufar la máquina amasadora de melcocha verificar si la tensión de la red eléctrica es la adecuada.
- Verificar si la máquina está en una posición estable.

- Introduzca la masa de melcocha en la máquina amasadora.
- Encender la máquina amasadora de melcocha con el botón de inicio (ON).
- Para realizar un cambio en la velocidad, utilice los botones en el micro plc que con la ayuda del variador de frecuencia se realizará cualquier cambio en la velocidad.
- Después de un tiempo adecuado se presiona el botón de apagado (OFF), y se procederá a sacar la masa de melcocha.

La máquina Amasadora de Melcocha puede trabajar de manera manual, y de manera semiautomática.

#### **9.2.1.1 Operación Manual.**

Se denomina operación manual ya que el operario tiene la función de encender cambiar de modo de trabajo (semiautomática a manual), variar la velocidad manipulando los botones en el micro plc, y apagar la máquina amasadora de melcocha después de un determinado tiempo de amasado, este tiempo de amasado es en base a la experiencia del operario el cual lo determina por la contextura y color de la masa de melcocha.

#### **9.2.1.2 Operación Semiautomática.**

Se denomina operación semiautomática ya que el operario casi no interviene en manipular a la maquina amasadora, este tipo de operación se debe a la utilización del micro plc, con el cual se controla el tiempo de amasado, y la velocidad en el motor-reductor en base a la cantidad de masa a utilizarse en la máquina.

Al estar la máquina en el modo semiautomático solamente el operario pulsara el botón de inicio (ON) para luego de un tiempo programado la máquina se detendrá automáticamente.

### 9.3 Mantenimiento.

El mantenimiento no es otra cosa que la conservación, vigilancia, y cuidado que la máquina requiere para evitar en lo posible averías imprevistas, o reparar estas con la mayor presteza. Con el mantenimiento se puede asegurar el normal funcionamiento de la máquina, a fin de conservar el servicio para el cual ha sido diseñada. [18]

#### 9.3.1 Manual de mantenimiento.

El mantenimiento que se requiere para esta máquina no es tan riguroso, el tipo de mantenimiento que se prevé es el mantenimiento preventivo, tanto en las partes eléctricas como mecánicas para garantizar su buen funcionamiento.

- Antes de comenzar a empacar, lubricar con grasa de todos los mecanismos móviles. La lubricación se realiza en los engranes, cadena y chumaceras de la máquina amasadora de melcocha, con una frecuencia de lubricación mensual. Es en extremo importante que los engranes se encuentren bien lubricados y en condiciones que los preserven del agua y polvo.

SE RECOMIENDA EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO:

**Tabla 9.7: CUADRO DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>LUBRICACIÓN RECOMENDADA</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN</b>
<b>Chumacera</b> FAG SNVO62	<b>Grasa de alta densidad</b>	<b>manual</b>	<b>semanal</b>
<b>Engranajes</b> <b>z= 92, m= 1.5</b>	<b>Grasa de alta densidad</b>	<b>manual</b>	<b>semanal</b>

- Después de cada proceso de amasado realizar limpieza de la máquina, ya que en los ejes de batido quedan sobras de masa de melcocha, las cuales deben ser retiradas antes de enfriarse con la utilización de espátulas, ya que la masa tienen el comportamiento de que al enfriarse se cristaliza solidificándose y complicando la limpieza. La limpieza general se realiza con un

pañó humedecido en alcohol, con esto se logra limpiar el acero inoxidable que cubre la máquina amasadora y a demás se protege contra bacterias que pueden existir en esta.

- Ajuste Periódico. Una vez que se haya decidido los ciclos de frecuencia de mantenimiento, solo se ha principiado, el mantenimiento preventivo no es un aspecto estático, hay que verificar el ajuste de cada uno de los pernos y estar dispuesto a modificar velocidades para estar a tono con los requerimientos de producción.
- Comprobar las uniones eléctricas.
- Soplar mensualmente el tablero eléctrico y ver que esté libre de grasa y polvo.
- Hacer una revisión general cada año, a todos los sistemas y cambiar piezas desgastadas.

#### **9.4 Manual de instrucciones del usuario.**

##### **9.4.1 Descripción general.**

Gracias por adquirir la amasadora de melcocha .Esta máquina es utilizada para mezclar entre 5 y 8 kg de masa. Utiliza dos sistemas de control, uno manual y otro semiautomático. Cuenta con un variador de frecuencia con lo que se posee varias velocidades, la transmisión a los engranes está compuesta por cadena. Cuenta con una cubierta guarda protectora y todos los componentes que están en contacto directo con el producto son de acero inoxidable.

Su diseño es atractivo, de fácil operación y su transmisión es muy estable. Esta máquina es el equipo ideal para microempresas o fábricas encargadas en producir melcocha.

##### **9.4.2 Importantes instrucciones de seguridad.**

- Reemplace o repare todos los cables eléctricos que sufran daño o desgaste.
- Al mover la amasadora tenga cuidado de no dañar el cable que va al tomacorriente.
- Desconecte la amasadora de la corriente antes de limpiarlo o repararlo.
- Aconsejamos que las reparaciones se hagan por un técnico calificado.
- Nunca desconecte la amasadora tirando del cable eléctrico. Hágalo tirando del enchufe, desde el tomacorriente.

- No utilice o guarde gasolina ni ningún líquido inflamable en el área donde se tengan la máquina amasadora ya que los gases emitidos pueden causar incendios o explosiones.
- No coloque su mano u otro objeto dentro del mecanismo de amasado cuando la amasadora está en operación.
- No opere la amasadora más allá de la cantidad señalada.

#### **9.4.2.1 Selección del lugar apropiado.**

- Coloque la amasadora en un lugar donde no tenga que utilizar una extensión y donde esté lejos de líquidos inflamables, tal como la gasolina.
- Asegúrese de que la superficie que escoja para colocar la amasadora soporte el peso de la misma cuando ésta se encuentre trabajando con carga.
- Si el lugar en donde va a colocar la amasadora es húmedo, colóquela sobre bloques de madera (Dos o tres tablones que sobrepasen el ancho de la máquina asegurarán un buen soporte.)

#### **9.4.3 Características de la amasadora.**

Esta máquina trabaja de manera manual y semiautomática, posee una luz que indica que la máquina está conectada a la red eléctrica a demás cuenta con un variador de frecuencia con lo cual se posee varias velocidades, así como de un micro plc el cual debidamente programado controla el tiempo de amasado para ser usada la máquina de una manera semiautomática, el tiempo de operación puede ajustarse dependiendo de la cantidad de masa de melcocha a utilizar.

Para lograr que el amasado sea más rápido y eficiente la amasadora cuenta con el variador de frecuencia y con este el operario podrá a gusto utilizar diferentes velocidades en la máquina.

Todos los componentes que están en contacto directo con el producto están fabricados en acero inoxidable.

Para garantizar una mayor estabilidad, esta máquina está provista de patas ajustables.

La amasadora tiene un microswitch de seguridad para que al momento que exista una sobrecarga en la corriente, se proteja al micro plc.

#### **9.4.4 Instalación.**

- La amasadora debe de ser colocada sobre una superficie nivelada, seca y ventilada para que pueda trabajar de forma correcta y segura.
- Para su seguridad se necesitan 220 volts. Así como un suministro eléctrico con buena tierra.
- Se recomienda que se utilice un circuito independiente para este equipo.
- No utilice una extensión para enchufar este equipo.
- Asegúrese de que la máquina trabaja en una posición estable, si existe alguna vibración, regule las patas ajustables para que la maquina se estabilice.

#### **9.4.5 Como empezar a trabajar con la amasadora.**

La amasadora de melcocha está preparada para comenzar a funcionar de dos maneras de modo manual y de modo semiautomático.

Solo se tiene que conectar el cable a la toma de corriente, y seleccionar el modo de trabajo a través de una perilla en el panel de mando.

##### **9.4.5.1 Operación Semiautomática.**

- Coloque la masa de melcocha en los ejes que van a realizar el proceso de amasado.
- Conecte la amasadora a la fuente de electricidad.
- Gire la perilla hacia la imagen de las manecillas del reloj para cambiar la función a semiautomática.
- Para comenzar un ciclo de baja velocidad fije el tiempo en el micro plc del tablero que se encuentra a lado derecho en 4 o 5 minutos.
- Para un ciclo de alta velocidad fije el tiempo en el micro plc del lado derecho en 2 u 3 minutos.

- Una vez seleccionado el ciclo y con la masa de melcocha en los brazos pulse el botón de inicio (ON).
- Posteriormente luego del tiempo programado en el micro plc la máquina amasadora se detendrá y se procederá a sacar la masa de melcocha.

#### **9.4.5.2 Operación Manual.**

- Coloque la masa de melcocha en los ejes que van a realizar el proceso de amasado.
- Conecte la amasadora a la fuente de electricidad.
- Gire la perilla hacia la imagen de la mano al modo manual.
- Pulse el botón de inicio (ON).
- Para realizar un cambio en la velocidad, utilice los botones en el micro plc que con la ayuda del variador de frecuencia se realizará cualquier cambio en la velocidad.
- Después de un tiempo adecuado se presiona el botón de apagado (OFF), y se procederá a sacar la masa de melcocha.

#### **9.4.6 Limpieza de la amasadora.**

- El mantenimiento regular y completo evita averías, alarga la vida de la máquina y garantiza una higiene óptima.
- Desenchufe siempre la máquina cuando realice labores de mantenimiento y limpieza. Saque la masa después de haberla mezclado.
- Limpie los ejes amasadores con agua limpia y un trapo.
- Remueva los materiales no deseados sobre los ejes amasadores.
- Limpie el panel con un trapo y un poco de agua.
- Bajo ninguna circunstancia utilice un jabón arenoso o un estropajo metálico, esto rayaría el acabado de la amasadora.

- Para conservar el acabado de la parte exterior e interior de la amasadora lávela con agua tibia y un poco de jabón. Luego enjuáguela y séquela.
- No lave el área interior de la máquina. No use solventes, gas, limpiadores volátiles, etc.
- Para limpiar el panel no utilice clavos ni ningún otro objeto duro para presionar los botones.

#### **9.4.7 Solución de problemas.**

##### **9.4.7.1 La máquina no funciona.**

- La máquina puede estar desconectada. Asegúrese de que la amasadora esté correctamente conectada.
- Es posible que el tomacorriente no esté funcionando o que los fusibles no sirvan. Conecte otra máquina para revisar el tomacorriente.
- Asegúrese de que el cable del motor de la maquina no está desconectado o safada alguna conexión.

##### **9.4.7. 2 El micro Plc no funciona**

- Revise que el microswitch se encuentre en buen estado y que no haya ningún error en los circuitos.

##### **9.4.7.3 Demasiado ruido.**

- El piso es débil y la máquina vibra cuando está funcionando.
- La máquina no está a nivel con el piso.

##### **9.4.7.4 El equipo presenta sobrecalentamiento.**

- El tiempo de operación es muy prolongado.
- Está excediendo la capacidad máxima del equipo.
- Puede estar presentando una falla eléctrica.

## CAPÍTULO X.

### 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 10.1 Conclusiones.

- La máquina amasadora de melcocha, es una alternativa importante en el proceso de amasado, ya que se reduce el tiempo de amasado y por ende se aumenta la producción.
- Utilizando software profesional como el paquete computacional SOLID WORKS se facilita de los elementos que componen la máquina amasadora de melcocha previo al diseño.
- Se cumple con el objetivo planteado en la monografía, es decir que en el proceso de amasado no se utilice las manos, logrando realizar el amasado de una manera aséptica y cumpliendo con las normas sanitarias que exigen los consumidores.
- Se utilizó para semiautomatizar la máquina amasadora un micro PLC y un variador de frecuencia, con lo que se tiene una versatilidad en el control de las variables tiempo, velocidad.
- La máquina amasadora de melcocha está diseñada para amasar normalmente una cantidad entre 5 y 9 kg de masa de melcocha cada 2 a 3 minutos, es considerada una amasadora rápida, incrementando la producción lo que significa un incremento de ingresos económicos al microempresario.
- Se comprobó que con la utilización de la máquina amasadora de melcocha, se incrementa el volumen de masa de melcocha entre un 20 a 25 %, debido a que en el proceso de amasado se produce aireación a la masa haciéndola porosa.
- La operación de la máquina amasadora de melcocha requiere de ciertos reajustes en la velocidad ya que depende de la cantidad de masa a utilizar, mientras menor sea la cantidad de masa de melcocha será mayor la velocidad en la máquina.

- La máquina amasadora de melcocha es de fácil mantenimiento, se puede montar y desmontar fácilmente lo que favorece para revisiones y limpieza de la máquina.

### **10.2 Recomendaciones.**

- Se recomienda antes de operar la máquina, primero consultar como el manual de instrucciones ya que una mala operabilidad puede producir averías a la máquina y/o daño físico al operario.
- No sobrepasar la cantidad de masa de melcocha recomendado en el proceso de amasado, para garantizar una mayor durabilidad de los elementos que constituyen esta máquina.
- Al final de cada faena de trabajo se deberá apagar el panel de control y limpiar adecuadamente los elementos que están directamente en contacto con la masa de melcocha.
- El proceso completo de producción de melcocha, consta de una amasadora, arrolladora, trefiladora y máquina de corte, se recomienda realizar una máquina de corte, ya que la arrolladora y trefiladora fueron proyectos realizados por estudiantes de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. LEXUS EDITORES. Obras de Referencia, enciclopédico lexis, Diccionario. España: Trébol. 1998, pp. 913.
2. CISTERNAS V, M. Industrias Agrarias y Alimentaria. Zaragoza: Acribia 2007, pp. 72.
3. KINNEAR – TAYLOR. Investigación de Mercados. 5<sup>ta</sup> ed. Colombia: Mc Graw Hill. 1998, pp. 42
4. TERRAZAS, A.. ALENCASTRE, J. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Perú: 2007, pp. 3.
5. TERRAZAS, A.. ALENCASTRE, J. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Perú: 2007, pp. 4.
6. TERRAZAS, A.. ALENCASTRE, J. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Perú: 2007, pp. 5.
7. TERRAZAS, A.. ALENCASTRE, J. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Perú: 2007, pp. 6.
8. TERRAZAS, A.. ALENCASTRE, J. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Perú: 2007, pp. 7.
9. MOTH, R. Mecánica de Fluidos. 4<sup>ta</sup> ed. México: McGraw-Hill. 1997, pp. 26.
10. BARNES, H.A. A Handbook of Elementary Rheology. Inglaterra: Universidad de Wales, 2000, pp. 74.
11. SHIGLEY, E. J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 4<sup>ta</sup> ed. México: McGraw-Hill. 1996, pp. 876.
12. REX. Catalogo Rex Roller Chain.
13. BROWNING MFG. DIVISIÓN. Catálogo Maysville, KY.

14. SHIGLEY, E. J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 4<sup>ta</sup> ed. México: McGraw-Hill.  
1996, pp. 710.
15. SHIGLEY, E. J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 4<sup>ta</sup> ed. México: McGraw-Hill.  
1996, pp. 630.
16. SHIGLEY, E. J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 4<sup>ta</sup> ed. México: McGraw-Hill.  
1996, pp. 864.
17. ALEGRE, L. Fundamentos de Economía de la Empresa. 5<sup>ta</sup> ed. España: Ariel, 1995, pp  
45- 60.
18. CUADRADO, E. Mantenimiento Industrial. Riobamba- Ecuador. (doc) , pp. 25.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- ALEGRE, L. Fundamentos de Economía de la Empresa. 5<sup>ta</sup> ed. España: Ariel, 1995.
- AVALLONE, E. BAUMEISTER, T. Marks Manual del Ingeniero Mecánico. 9<sup>na</sup> ed.  
México: McGraw-Hill, 2001.
- BARNES, H.A. A Handbook of Elementary Rheology. Inglaterra: Universidad de Wales,  
2000.
- BROWNING MFG. DIVISIÓN. Catálogo Maysville, KY.
- CISTERNAS V, M. Industrias Agrarias y Alimentaria. Zaragoza: Acribia 2007.
- CUADRADO, E. Mantenimiento Industrial. Riobamba- Ecuador. (doc)
- FISCHERS AKTIEN-GESELLSCHAFT (FAG). Catálogo General de Rodamientos WL 41  
520/3 SB. España. 2000.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Códigos de Dibujo  
Técnico- Mecánico. Quito-Ecuador: 1989.
- KINNEAR – TAYLOR. Investigación de Mercados. 5<sup>ta</sup> ed. Colombia: Mc Graw Hill. 1998
- LEXUS EDITORES. Obras de Referencia, enciclopédico lexus, Diccionario. España:  
Trébol. 1998.
- MATAIX, C. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. 2<sup>da</sup> ed. México: Harla, 1991.
- MOTH, R. Diseño de Elementos de Máquinas. 2<sup>da</sup> ed. México: Prentice Hall. 1995
- MOTH, R. Mecánica de Fluidos. 4<sup>ta</sup> ed. México: McGraw-Hill. 1997
- MULLER, H. G. Introducción a la Reología de los Alimentos. Zaragoza – España: Acribia.  
1973.
- NORTON, R. Diseño de Máquinas. 2<sup>da</sup> ed. México: Prentice Hall, 1999
- REX. Catalogo Rex Roller Chain.
- SEDO, F. L. Manual de Producción de Dulce. 2<sup>da</sup> ed. Bucaramanga-Colombia: Consejo  
Nacional de Producción, 2000.

SEW. E. Motor-reductores. Constant Speed. Edición 2000. Gearmotors R/F/K/S.

SHIGLEY, E. J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 4<sup>ta</sup> ed. México: McGraw-Hill.

1996.

STRANEO, S. L. Dibujo Técnico Mecánico. Barcelona: Mantener y Limón. 1969.

TERRAZAS, A.. ALENCASTRE, J. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una  
Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Perú: 2007.

## LINKOGRAFÍA.

### **PANELA.**

[http://www.fedepanela.org.co/historia\\_panela](http://www.fedepanela.org.co/historia_panela)

<http://www.condensan.org/e-foros/>

2009-03-20.

### **EL DULCE OFICIO DE LOS MELCOCHEROS.**

<http://www.elmercurio.com.ec/web/titulares.php>

2009-03-20

### **PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PANELA.**

[http://latinoamerica.leisa.info/index.php?url=article-details.tpl&p%5B\\_id%5D=75462](http://latinoamerica.leisa.info/index.php?url=article-details.tpl&p%5B_id%5D=75462)

[http://www.condesan.org/e-foros/agroindustria\\_rural/air2david.htm](http://www.condesan.org/e-foros/agroindustria_rural/air2david.htm)

2009-03-28

### **COCCIÓN DE LA PANELA.**

<http://translate.joyofbaking.com/es/candy/HomemadeMarshmallows.html>.

2009-04-22

### **TIPOS DE AMASADORAS.**

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/amasado/las%20amasadora.htm>

2009-05-21

### **CARACTERÍSTICAS DE LAS AMASADORAS.**

<http://books.google.com.ec/books?id=jpDORUwDhQMC&pg=PA21&dq=amasadoras>

[#v=twopage&q=amasadoras&f=true](#)

2009-05-21

### **RODAMIENTOS Y CHUMACERAS.**

<http://www.rodamientos-samper.com.mx/downloads/SKF%20Chumaceras.pdf>

<http://www.skf.com/portal/skf/home/products?newlink=1&lang=es>

<http://www.fag.com>

<http://www.maquinarias-henriques.com/index.htm>

<http://www.irciargemirobaron.com/producto2.htm>

<http://www.rodamientos-samper.com.mx/downloads/SKF%20Chumaceras.pdf>

2009-08-16

### **ENGRANAJES.**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje>

<http://www.google.com/engranajes/wikipedia>

2009-08-17

### **CADENAS.**

<http://www.Kana.com>

<http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/cadenas/relacion.html>

<http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/index.html>

2009-08-18

### **CATALOGO DE ACEROS INOXIDABLE.**

<http://www.novinox.cl>

2009-08-22

### **CARACTERÍSTICAS DEL ACERO ASTM A-36.**

<http://www.brown-strauss.com/home.htm>

<http://www.ASTM-A 36 Specifications.htm>

2009-08-26

### **COMPORTAMIENTO DE LOS ACEROS AISI 304 - 3161**

[http://bvs.sld.cu/revistas/sint/vol3\\_2\\_97/sint2297.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/sint/vol3_2_97/sint2297.htm)

2009-09-13

**MICRO PLC Y VARIADOR DE FRECUENCIA.**

<http://www.telemecanique.com>

2009-10-02

**SOLID WORKS.**

<http://www.solidworks/library/parts.html>

2009-10-06