



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“REPOTENCIACIÓN Y MANTENIMIENTO MEJORATIVO DE
LA MÁQUINA EXTRUSORADE POLIETILENOS DE LA
EMPRESA EDUPLASTIC DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**

ALFREDO JAVIER TISALEMA MALQUI

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS DE GRADO

Marzo, 02 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis de Grado preparada por:

ALFREDO JAVIER TISALEMA MALQUI

Titulada:

**“REPOTENCIACIÓN Y MANTENIMIENTO MEJORATIVO DE LA
MÁQUINA EXTRUSORA DE POLIETILENOS DE LA EMPRESA
EDUPLASTIC DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**

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

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán G.
DIRECTOR DE TESIS DE GRADO

Ing. Manuel Morocho A.
ASESOR DE TESIS DE GRADO

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALFREDO JAVIER TISALEMA MALQUI

TÍTULO DE LA TESIS DE GRADO: “REPOTENCIACIÓN Y MANTENIMIENTO MEJORATIVO DE LA MÁQUINA EXTRUSORA DE POLIETILENOS DE LA EMPRESA EDUPLASTIC DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”

Fecha de Examinación: Marzo, 02 de 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|---------|---------------|-------|
| Ing. Hernán Samaniego <i>Presidente Tribunal de Defensa</i> | | | |
| Ing. Marco Santillán <i>Director Tesis de Grado</i> | | | |
| Ing. Manuel Morocho <i>Asesor Tesis de Grado</i> | | | |

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de tesis de grado que presento, 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 del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Alfredo Javier TisalemaMalqui

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a **DIOS** por haberme dado la vida, haber compartido su sabiduría conmigo, haberse hecho presente colmándome de bendiciones en los momentos más difíciles de mi vida y haberme brindado su apoyo espiritual para hacer realidad uno más de mis sueños.

A toda la Familia Tisalema-Malqui quienes me brindaron su apoyo y me extendieron la mano de manera desinteresada en todo momento.

A mi prestigiosa institución especialmente a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento por haberme permitido alcanzar una metamás a pesar de las dificultades presentadas en el transcurso de la carrera, a los distinguidos profesores que con sus sabias enseñanzas compartidas han hecho de mí y de mis compañeros personas útiles, dándonos las herramientas necesarias para colaborar con nuestro trabajo al desarrollo tecnológico y productivo de nuestro querido país.

A mis queridos compañeros y amigos, que con su amistad y compañía hicieron de esta etapa de estudiante, una de las más inolvidables y hermosas de mi vida.

En especial expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. Marco Santillán y al Ing. Manuel Morocho, quienes me ayudaron en la ejecución de la presente Tesis de Grado.

Alfredo Javier TisalemaMalqui

DEDICATORIA

El presente trabajo de Tesis de Grado va dedicado con todo mi esfuerzo y amor para mi madre **Mariana Malqui** por su abnegado sacrificio, ser ejemplo de vida, de superación y por haberme guiado desde pequeño por el camino del bien, también con un afecto especial para mi padre **Alfredo Tisalema** por enseñarme buenos principios de respeto y lealtad.

A mi hijo, **Elián Andrés** que es mi ángel y luz que ilumina mi camino que día a día, juntos lo estamos construyendo.

A mis hermanos, **William, Cristian, Sebastián y Nayeli** quienes comparten grandes momentos de mi vida y me apoyan en todo momento.

Al amor de mi vida, **Diana Gissela** quien me enseñó a conocer las cosas lindas de la vida con su amor puro y sincero, y que siempre está apoyándome en las buenas y en las malas junto con su familia.

A mis abuelitos, **Papá Miguel, Mamá Nory y Mamá Hilda** quienes de una u otra manera fueron partícipes de mi crecimiento brindándome apoyo, cariño y amor.

A todos mis tíos, en especial a **Ñaño Jaime** por su ejemplo de superación, a **Ñaña Lula** por su apoyo constante moral, y a **Ñaño José** por su aporte incondicional y desinteresado; ya que sin ellos no hubiese logrado alcanzar este sueño.

A todos mis amigos y hoy colegas de profesión, "**Los Zhuma-2**", quienes fueron pilar importante en momentos buenos y malos durante toda nuestra carrera universitaria.

A todos ustedes, quienes me inculcaron el deber, la ética y la responsabilidad que uno debe tener como hijo, como alumno y hoy como padre y profesional, para todos ustedes todo mi esfuerzo pasado y futuro con un infinito **¡DIOS LES PAGUE!!!**.

Alfredo Javier Tisalema Malqui

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | |
| 1.1 Generalidades..... | 1 |
| 1.2 Antecedentes..... | 2 |
| 1.3 Justificación..... | 3 |
| 1.4 Objetivos..... | 4 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 4 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 2. MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 Los polímeros y los plásticos..... | 5 |
| 2.1.1 Definición de polímero..... | 5 |
| 2.1.2 Los plásticos..... | 6 |
| 2.1.3 Propiedades de los plásticos..... | 6 |
| 2.1.4 Clasificación de los plásticos..... | 8 |
| 2.1.4.1 Termoplásticos..... | 8 |
| 2.1.4.2 Termoestables..... | 9 |
| 2.1.4.3 Elastómeros..... | 9 |
| 2.1.5 Proceso de fabricación de los plásticos..... | 10 |
| 2.1.6 Extrusión..... | 11 |
| 2.1.6.1 Parámetros que determinan la extrusión..... | 12 |
| 2.1.6.2 Materiales que se utilizan en el proceso de extrusión..... | 18 |
| 2.2 La máquina extrusora..... | 22 |
| 2.2.1 Partes de la máquina extrusora..... | 23 |
| 2.2.1.1 Motor principal y reductor de velocidad..... | 23 |
| 2.2.1.2 Tornillo o husillo de extrusión..... | 25 |
| 2.2.1.3 Camisa o cilindro..... | 27 |
| 2.2.1.4 Garganta de alimentación..... | 28 |
| 2.2.1.5 Tolva de alimentación..... | 29 |
| 2.2.1.6 Plato rompedor y filtros..... | 30 |
| 2.2.1.7 Cabezal y boquilla..... | 30 |
| 2.2.2 Especificaciones de la máquina..... | 31 |
| 2.2.2.1 Diámetro del cilindro (D)..... | 31 |
| 2.2.2.2 Relación longitud/diámetro (L/D)..... | 32 |
| 2.2.2.3 Relación de compresión..... | 32 |
| 2.2.2.4 Configuración del tornillo..... | 32 |
| 2.3 Repotenciación de equipos..... | 33 |
| 2.3.1 Definición de repotenciación..... | 33 |
| 2.3.2 Procedimiento de repotenciación..... | 33 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.3.2.1 | <i>Inspecciones iniciales</i> | 34 |
| 2.3.2.2 | <i>Inspecciones regulares</i> | 35 |
| 2.4 | Mantenimiento mejorativo de maquinaria industrial..... | 35 |
| 2.4.1 | <i>Definición de mantenimiento</i> | 35 |
| 2.4.2 | <i>Objetivos del mantenimiento</i> | 35 |
| 2.4.3 | <i>Importancia del mantenimiento</i> | 37 |
| 2.4.4 | <i>Mantenimiento mejorativo</i> | 37 |
| 2.5 | Elementos eléctricos que posee la máquina extrusora..... | 39 |
| 2.5.1 | <i>Motor principal de corriente continua (C.C.)</i> | 39 |
| 2.5.1.1 | <i>Análisis de funcionamiento del motor principal</i> | 42 |
| 2.5.1.2 | <i>Conexión del motor principal</i> | 44 |
| 2.5.2 | <i>Contactores</i> | 44 |
| 2.5.3 | <i>Puentes rectificadores</i> | 48 |
| 2.5.3.1 | <i>Puente rectificador IF de onda completa, conexión tipo puente</i> | 49 |
| 2.5.3.2 | <i>Puente rectificador trifásico, conexión tipo puente</i> | 49 |
| 2.5.4 | <i>Reóstato</i> | 50 |
| 2.5.5 | <i>Micro switch final de carrera</i> | 51 |
| 2.5.6 | <i>Controladores de temperatura</i> | 52 |
| 2.5.7 | <i>Seccionador</i> | 53 |
| 2.5.8 | <i>Fusibles</i> | 54 |
| 2.5.9 | <i>Guardamotor</i> | 55 |
| 2.5.10 | <i>Relé térmico bimetálico</i> | 56 |
| 2.5.11 | <i>Disyuntores</i> | 57 |
| 2.5.12 | <i>Interruptor diferencial</i> | 59 |
| 2.6 | Elementos mecánicos que posee la máquina extrusora..... | 61 |
| 2.6.1 | <i>Tren de engranajes</i> | 61 |
| 2.6.1.1 | <i>Identificación de engranajes</i> | 62 |
| 2.6.1.2 | <i>Inspección, limpieza y lubricación de engranajes</i> | 62 |
| 2.6.2 | <i>Rodamientos</i> | 64 |
| 2.6.2.1 | <i>Identificación de rodamientos</i> | 65 |
| 2.6.2.2 | <i>Inspección y limpieza de rodamientos</i> | 68 |
| 2.6.2.3 | <i>Cuidados en el montaje y desmontaje de rodamientos</i> | 68 |

3. ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LA MÁQUINA

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Análisis general del estado actual de la máquina extrusora..... | 69 |
| 3.1.1 | <i>Ficha técnica de datos y características de la máquina</i> | 70 |
| 3.2 | Evaluación del estado técnico de la máquina extrusora..... | 74 |
| 3.2.1 | <i>Evaluación del sistema eléctrico</i> | 77 |
| 3.2.2 | <i>Evaluación del sistema mecánico</i> | 78 |
| 3.2.3 | <i>Diagnóstico del estado técnico general de la máquina</i> | 79 |
| 3.3 | Análisis del sistema de alimentación de CD para el motor principal..... | 82 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 4. | REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO. | |
| 4.1 | Repotenciación eléctrica de los circuitos de mando y de potencia..... | 84 |
| 4.2 | Diseño del tablero eléctrico..... | 85 |
| 4.3 | Diseño de los circuitos para el control de la máquina extrusora..... | 87 |
| 4.3.1 | <i>Conductores eléctricos utilizados para el circuito de mando y el circuito de potencia para el control de la máquina extrusora.....</i> | 89 |
| 4.4 | Conexión y arranque del motor C.D. principal de la máquina..... | 90 |
| 4.4.1 | <i>Motor de excitación independiente.....</i> | 90 |
| 4.4.2 | <i>Regulación de la velocidad por cambio en la tensión aplicada al inducido.....</i> | 91 |
| 4.5 | Procedimientos de seguridad en los circuitos mediante la coordinación de protecciones..... | 93 |
| 4.6 | Montaje e instalación de los elementos eléctricos en el tablero de control..... | 97 |
| 4.6.1 | <i>Elementos utilizados para el montaje del armario de control.....</i> | 97 |
| 4.6.2 | <i>Procedimientos del montaje del armario de control.....</i> | 98 |
| 4.6.3 | <i>Recomendaciones para el montaje.....</i> | 102 |
| 5. | MANTENIMIENTO MEJORATIVO DEL SISTEMA MECÁNICO | |
| 5.1 | Procedimientos de mantenimiento y reparación..... | 104 |
| 5.2 | Procedimientos de desmontaje y montaje..... | 105 |
| 5.2.1 | <i>Reglas para realizar el desmontaje.....</i> | 106 |
| 5.3 | Procedimientos de limpieza y lubricación..... | 107 |
| 5.4 | Mantenimiento mejorativo de los sistemas de transmisión..... | 108 |
| 5.4.1 | <i>Mantenimiento de engranajes.....</i> | 109 |
| 5.4.2 | <i>Mantenimiento de rodamientos.....</i> | 111 |
| 5.5 | Mantenimiento mejorativo del sistema de calentamiento..... | 113 |
| 5.6 | Mantenimiento mejorativo del sistema de enfriamiento..... | 117 |
| 5.7 | Procedimientos de seguridad durante el mantenimiento y reparación.... | 118 |
| 5.7.1 | <i>Normas importantes de seguridad en el área de extrusión.....</i> | 119 |
| 5.8 | Planificación y programación del mantenimiento preventivo de la máquina extrusora..... | 121 |
| 5.9 | Planificación de tareas, procedimientos, listado de herramientas, materiales, repuestos y frecuencias de mantenimiento de la máquina extrusora de la Empresa “EDUPLASTIC”..... | 123 |
| 5.10 | Programación del mantenimiento..... | 134 |
| 5.10.1 | <i>Programa de mantenimiento para ejecutar el banco de tareas de la máquina extrusora de polietilenos.....</i> | 135 |
| 5.11 | Determinación de los costos requeridos para la repotenciación y el mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora..... | 138 |
| 5.11.1 | <i>Costos directos de mantenimiento.....</i> | 139 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 5.11.1.1 | <i>Cálculo de los costos de mano de obra.....</i> | 139 |
| 5.11.1.2 | <i>Cálculo de los costos de repuestos y materiales.....</i> | 140 |
| 5.11.1.3 | <i>Calculo de los costos de herramientas.....</i> | 142 |
| 5.11.1.4 | <i>Calculo de los costos de servicios exteriores.....</i> | 142 |
| 5.11.2 | <i>Gastos generales de mantenimiento.....</i> | 142 |

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | | |
|-----|----------------------|-----|
| 6.1 | Conclusiones..... | 145 |
| 6.2 | Recomendaciones..... | 146 |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|----|---|
| 1 | Materiales que se utilizan en extrusión..... 18 |
| 2 | Propiedades del polietileno de baja densidad..... 22 |
| 3 | Propiedades del polietileno de alta densidad..... 21 |
| 4 | Ficha técnica de datos y características de la máquina extrusora de polietilenos..... 71 |
| 5 | Estado técnico de los equipos..... 76 |
| 6 | Evaluación del estado técnico de la máquina extrusora..... 76 |
| 7 | Evaluación del estado del sistema eléctrico..... 77 |
| 8 | Evaluación del estado del sistema mecánico..... 78 |
| 9 | Intensidades absorbidas por los motores..... 94 |
| 10 | Intensidades absorbidas por las cargas..... 94 |
| 11 | Variación de la tensión y corriente del motor principal sin carga..... 101 |
| 12 | Variación de la tensión y corriente del motor principal con carga..... 102 |
| 13 | Características del lubricante seleccionado para la máquina extrusora de polietilenos..... 111 |
| 14 | Ficha del banco de tareas, procedimientos, listado de herramientas, materiales, repuestos y frecuencias de mantenimiento dela máquina extrusora de polietileno..... 123 |
| 15 | Programa anual del mantenimiento dela máquina extrusora de polietilenos. 136 |
| 16 | Costo de mano de obra..... 140 |
| 17 | Costo de repuestos y materiales..... 141 |
| 18 | Costo de herramientas..... 142 |
| 19 | Costo de servicios exteriores..... 142 |
| 20 | Gastos generales de mantenimiento..... 143 |
| 21 | Costo total del mantenimiento de la máquina extrusora, año 2011..... 144 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1 Estructura de los polímeros..... | 5 |
| 2 Proceso de transformación de los plásticos..... | 10 |
| 3 Curva de representación de la T_g y la T_m | 13 |
| 4 Clasificación y familia del polietileno..... | 19 |
| 5 Molécula ramificada del LDPE..... | 20 |
| 6 Molécula lineal de HDPE..... | 21 |
| 7 Máquina extrusora de polietilenos..... | 22 |
| 8 Partes de la máquina extrusora de polietilenos..... | 23 |
| 9 Extrusora con acoplamiento directo de motor..... | 24 |
| 10 Extrusora con acoplamientos de motor por poleas..... | 24 |
| 11 Parámetros del tornillo de extrusión..... | 25 |
| 12 Camisa o cilindro del tornillo extrusor..... | 28 |
| 13 Garganta de alimentación..... | 28 |
| 14 Ubicación de la tolva de alimentación..... | 29 |
| 15 Diseño de tolvas de alimentación..... | 29 |
| 16 Diseño del plato con orificios de filtros..... | 30 |
| 17 Cabezal y boquilla de salida..... | 31 |
| 18 Procedimiento de repotenciación..... | 34 |
| 19 Motor de corriente continua..... | 40 |
| 20 Estator..... | 40 |
| 21 Inducido de corriente continua..... | 41 |
| 22 Colector y portaescobillas..... | 41 |
| 23 Funcionamiento del motor de corriente continua..... | 42 |
| 24 Regla de la mano izquierda para motores..... | 43 |
| 25 Tipos de excitación de las máquinas de C.C..... | 44 |
| 26 Motor principal de C.C. de la máquina extrusora..... | 46 |
| 27 Motor ventilador del circuito rectificador..... | 46 |
| 28 Motores jaula de ardilla auxiliares de la máquina extrusora..... | 47 |
| 29 Contactor Siemens K915III-8..... | 47 |
| 30 Contactores Schneider Electric LC1D09..... | 47 |
| 31 Contactores Telemecanique LC1-D253..... | 48 |
| 32 Circuito rectificador 1F de onda completa tipo puente..... | 49 |
| 33 Circuito rectificador trifásico conexión tipo puente..... | 50 |
| 34 Esquema del reóstato de la máquina extrusora..... | 51 |
| 35 Sensor final de carrera..... | 52 |
| 36 Controlador de temperatura analógico..... | 53 |
| 37 Seccionador principal..... | 54 |
| 38 Fusibles y portafusibles Siemens..... | 55 |
| 39 Guardamotor Siemens 250 A..... | 56 |
| 40 Relé térmico bimetálico tripolar Telemecanique LR2-D..... | 57 |

| | | |
|----|--|-----|
| 41 | Disyuntores General Electric C-32..... | 59 |
| 42 | Funcionamiento del interruptor diferencial..... | 59 |
| 43 | Partes del interruptor diferencial..... | 61 |
| 44 | Rodamiento rígido de bolas..... | 66 |
| 45 | Rodamiento de rodillos cilíndricos..... | 67 |
| 46 | Rodamiento de rodillos a rótula..... | 67 |
| 47 | Estado inicial de la máquina extrusora..... | 80 |
| 48 | Estado de algunos elementos defectuosos de la máquina extrusora..... | 80 |
| 49 | Diseño del tablero de control eléctrico..... | 86 |
| 50 | Diseño de la botonera de mando y controladores de temperatura..... | 87 |
| 51 | Diagrama de conexión en un motor de excitación independiente..... | 90 |
| 52 | Variación de la tensión aplicada a un motor de C.C. con excitación independiente..... | 91 |
| 53 | Nuevo diagrama de conexión y arranque del motor principal de la máquina extrusora de polietilenos..... | 92 |
| 54 | Distribución de los elementos eléctricos en el armario de control..... | 99 |
| 55 | Distribución de equipos en el tablero de mando..... | 99 |
| 56 | Distribución de los elementos de medición y control..... | 100 |
| 57 | Cableado del tablero de control..... | 100 |
| 58 | Resistencias eléctricas tipo abrazadera..... | 114 |
| 59 | Limpieza del interior del cilindro o camisa..... | 114 |
| 60 | Medición del interior de la camisa..... | 115 |
| 61 | Extracción de la camisa del tornillo extrusor..... | 115 |
| 62 | Limpieza y medición del diámetro y hélices del tornillo extrusor..... | 116 |

LISTA DE ABREVIACIONES

| | |
|----------------------------------|---|
| PEAD | Polietileno de alta densidad |
| PEBD | Polietileno de baja densidad |
| LDPE | LowDensityPolyEthylene |
| HDPE | High DensityPolyEthylene |
| PET | Tereftalato de Polietileno (Poliéster) |
| PE | Polietileno |
| PP | Polipropileno |
| PS | Poliestireno |
| PVC | Policloruro de Vinilo |
| D | Diámetro del husillo |
| Φ | Ángulo de la hélice del husillo |
| N | Velocidad angular en rpm |
| Q_{total} | Flujo polimérico total generado |
| $Q_{arrastre}$ | Flujo polimérico de arrastre |
| $Q_{presión}$ | Flujo polimérico de presión |
| ρ | Densidad del material a la temperatura de proceso |
| H | Profundidad del canal en zona de alimentación |
| T | Tiempo de residencia |
| R | Radio de un canal circular |
| \bar{U} | Velocidad promedio de la mezcla |
| L | Longitud de la camisa y el cabezal |
| Bi | Número de Biot |
| h | Coefficiente de convección |
| L_c | Longitud característica en transferencia de calor |
| K | Conductividad térmica |
| Q_c | Carga calorífica |
| V | Volumen |
| C | Calor específico |
| Θ_i | Diferencia de temperatura adimensional |
| T | Tiempo |
| A_s | Área superficial |
| P | Caída de presión |
| η | Viscosidad del material a la temperatura de proceso |
| l | Longitud de la camisa |
| C.C. | Corriente Continua. |
| C.D. | Corriente Directa. |
| C.A. | Corriente Alterna. |

LISTA DE ANEXOS

- A** Diagramas eléctricos de la máquina extrusora de polietilenos.
- B** Características de los conductores eléctricos utilizados.
- C** Guía para seleccionar canaletas plásticas para el tablero de control.
- D** Código de colores de termocuplas y de cables de extensión para cada uno de los tipos de termocuplas.
- E** Designación e intervalos de lubricación para los diferentes tipos de rodamientos.
- F** Programación del mantenimiento para el año 2011 de la máquina extrusora de polietilenos.

RESUMEN

Se ha realizadola repotenciación y mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora de polietilenos en la Empresa “EDUPLASTIC”, con la finalidad de alcanzar una mayor disponibilidad de los equipos que conforman el área de extrusión dentro del proceso productivo de la empresa, para lo cual se realizó un diagnóstico de la situación actual y se levantó un inventario técnico de la máquina.

Es de vital importancia conocer las partes de la máquina extrusora, por esta razón se presenta una descripción teórica e ilustrativa, para desarrollar la planificación y programación del mantenimiento de una mejor manera.

Se realizó procedimientos de recolección de datos para la creación de la ficha técnica de referencias y características que posee cada uno de los componentes que tiene la máquina para facilitar la información y la adquisición de repuestos, se evaluó técnicamente la máquina antes para realizar la reparación y después para comprobar los objetivos planteados, se procedió a la elaboración de nuevos diagramas eléctricos para el circuito de mando y de potencia, también se elaboró bancos de tareas, procedimientos, listado de herramientas, materiales, repuestos y frecuencias para el desarrollo de la programación y la futura gestión correcta del mantenimiento preventivo de la máquina extrusora.

El resultado de la ejecución de este trabajo da logros positivos obteniendo una gran disponibilidad de la máquina, evitando de esta manera paros improductivos que desarrollarán gastos imprevistos y pérdidas para la empresa.

ABSTRACT

It has made the upgrading and improvement maintenance of the polyethylene extruder machine in the company “EDUPLASTIC” in order to achieve greater availability of the equipment in the extrusion area within the production process of the company, for which a diagnosis of the current situation of the institution and rose a technical inventory of the machine.

It is vital to know the parts of the extruder machine, for this reason we present a theoretical description and illustration in order to develop planning and maintenance programming in a better way.

It has made data collection procedures for the creation of reference and characteristic of data sheets possessed by each one of the components that the machine has, so it facilitates information and the acquisition of spare parts. The machine was previously evaluated technically for service and then to check the objectives. We proceeded to the elaboration of new electrical diagrams for the control circuit and power. It was also prepared bank tasks, procedures, list of tools, materials, spare parts and frequencies for the development of programming and the correct future management in preventive maintenance of the extruder machine.

The result of the execution of this work gives positive achievements, thus getting great availability of the machine, and thus avoiding unproductive downtime which will develop unexpected expenses and losses for the company.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad del cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En la actualidad las empresas enfrentan cambios en el mundo industrial, las mismas que deben estar dispuestas a ingresar en un mejoramiento continuo, contando con la participación conjunta de los diferentes grupos humanos de trabajo capaces de enfrentar retos y llevar la empresa al éxito.

El mantenimiento no es una función “miscelánea”, al contrario, produce un bien real que puede resumirse en la capacidad de producir con calidad, seguridad y alta rentabilidad, basándose eficaz y eficientemente en definir y practicar: cuál, dónde, cuándo y cómo aplicarlo correctamente.

Entonces, es ahí donde podemos decir que como Ingenieros de Mantenimiento somos competitivos en un mercado, cada día más exigente, asegurando la capacidad productiva de los equipos tales como: Disponibilidad, Confiabilidad, Mantenibilidad y Seguridad; ya que día a día los productos y servicios exigen mayor calidad y rapidez con costos reducidos y sin que perjudique pérdidas para la empresa.

Es así que empieza nuestro trabajo como Egresados de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas y

enfrentando el reto de repotenciar, mejorar y programar el mantenimiento de la máquina extrusora de polietilenos.

1.2 Antecedentes

La Empresa “EDUPLASTIC” se dedica a la producción de fundas plásticas elaboradas en polietileno de alta y baja densidad con y sin impresión para todo tipo de industrias, se encuentra ubicada en la vía Panamericana norte Km 5 (diagonal a la entrada a San Buenaventura) en la ciudad de Latacunga.

Actualmente cuenta con una máquina en cada área del proceso de fabricación, siendo éste el gran problema debido a que posee muchos clientes en diferentes provincias debiendo satisfacer las necesidades de cada uno ellos en un corto período de tiempo, hecho por el cual han adquirido una máquina extrusora de polietilenos marca Barmag, de procedencia alemana de segunda mano, la misma que hace un tiempo atrás ha sido dada de baja en una empresa nacional. Su estado actual no es operativo, pues no ha trabajado durante largo tiempo, inclusive con partes faltantes y los sistemas mecánico y eléctrico han sido destruidos durante su desmontaje y transportación.

La perspectiva de esta empresa fue repotenciar esta máquina e incorporarla a su planta de producción lo más pronto posible y que por los elevados costos de la maquinaria que posee tecnología moderna para este tipo de industria, dificulta la adquisición de máquinas completamente nuevas.

La empresa se encuentra en pleno crecimiento y para que el empresario pueda invertir en maquinaria nueva, ampliar su infraestructura, mejorar la calidad del producto, debe seguir aumentando su producción paso a paso y qué mejor de una manera planificada y

organizada tanto en producción como en mantenimiento, ya que una buena organización conlleva una disminución de paros imprevistos e incrementar los tiempos de operación de la empresa.

1.3 Justificación

Para la realización del trabajo de repotenciación de la máquina extrusora, es necesario tener conocimiento de lo que es el MANTENIMIENTO, ya que el desarrollo total de la reparación, montaje y puesta en marcha abarca temas en el campo de: electricidad, electrónica de potencia, mecanizado, costos, etc.

La repotenciación del sistema eléctrico y la realización del mantenimiento mejorativo general a la máquina, servirá para acelerar la transformación del polietileno en plástico. El proceso de extrusión, debe tener una alta disponibilidad de la máquina extrusora existente; por este motivo se ha visto la necesidad de habilitar la extrusora adquirida, debido a la importancia que tienen éstas en el proceso de fabricación de bolsas plásticas, ya que su producción se la realiza en serie y, si no existe la disponibilidad de estas máquinas se pararía éste y los demás procesos y no se lograría satisfacer y atender las demandas de los clientes y por ende cumplir con los trabajos por ellos encomendados.

El presente aporte práctico que se brinda en este trabajo es de mucha utilidad para los investigadores, dejando puertas abiertas para futuros proyectos en repotenciación de máquinas extrusoras de polímeros.

Los cambios que se han realizado en la máquina durante su repotenciación y mantenimiento mejorativo han sido con el financiamiento propio de la empresa.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo General.* Repotenciar y realizar el mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora de polietilenos en la Empresa “Eduplastic” de la ciudad de Latacunga.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar el estado técnico actual de la máquina extrusora.
- Reparar y repotenciar el funcionamiento del sistema eléctrico.
- Diseñar nuevos circuitos eléctricos de mando y potencia.
- Mejorar los sistemas mecánicos de la máquina extrusora.
- Elaborar la documentación técnica de la máquina extrusora.
- Determinar un banco de tareas para la ejecución del mantenimiento de lamáquina extrusora.
- Analizar los costos de repotenciación y mantenimiento de la máquina extrusora.

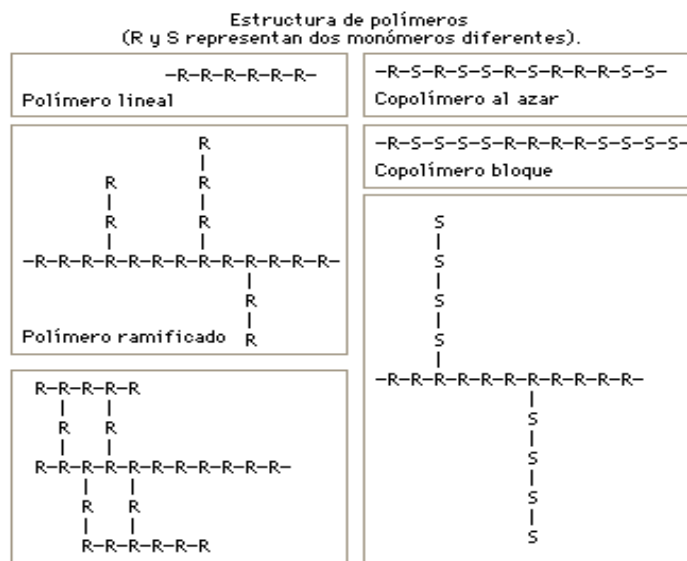
CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Los polímeros y plásticos

2.1.1 Definición de polímero [1]. Polímero, sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas monómeros. El número de unidades que se repiten en una molécula grande se llama “grado de polimerización”. Los materiales con un grado elevado de polimerización se denominan “altos polímeros”.

Figura 1. Estructura de los polímeros



La mayoría de las sustancias orgánicas presentes en la materia viva, como las proteínas, la madera, la quitina, el caucho y las resinas, son polímeros; también lo son muchos materiales sintéticos como los plásticos, las fibras, los adhesivos, el vidrio y la porcelana.

2.1.2 Los plásticos [2]. La palabra plástico procede del término griego *plastikos*, que significa «capaz de ser moldeado». Los plásticos son sustancias que contienen como ingrediente esencial una sustancia orgánica de masa molecular llamada “polímero”, el cual tiene las propiedades y características de ser un buen empaque, que no altera los productos y que pueden ser naturales o artificiales.

El plástico es indisoluble del estilo de vida moderno, y este extraordinario material consiguió a lo largo de los últimos 150 años, cambiar radicalmente a la sociedad en que vivimos, contribuyendo al aumento del nivel de vida y del bienestar general.

El consumo de plásticos sólo se encuentra por debajo del consumo del hierro y acero, pero debe tomarse en cuenta que éstos tienen una densidad entre seis y siete veces mayor a la de los plásticos. Por esta razón, el volumen producido de plásticos fue mayor al del acero.

2.1.3 Propiedades de los plásticos [3]. Los plásticos se obtienen a partir del petróleo, del carbón de hulla, del gas natural y de otros elementos orgánicos en los que aparece el carbono.

Es importante entender las propiedades características de los plásticos, entre las cuales se encuentran el alto peso molecular, la baja densidad, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad térmica y eléctrica, todo al contrario de los materiales metálicos, es por ello que su aplicación en la industria moderna es cada día más creciente.

El porqué del uso intensivo de los plásticos, se basa en el funcionamiento de todas sus propiedades y características que posee este tipo de material para las diversas aplicaciones para las que han sido diseñados, las cuales son:

- **Plasticidad:** Los plásticos se trabajan con mucha facilidad ya que son muy deformables, lo que facilita su industrialización, y por tanto abaratan el costo final del producto.
- **Conductividad eléctrica:** Conducen muy mal la electricidad, en algunos casos se los utilizan como aislantes de ésta.
- **Conductividad térmica:** El plástico conduce muy mal el calor, es decir son muy buenos aislantes térmicos.
- **Resistencia química y atmosférica:** Resisten bien el ataque de ácidos, sin que éstos alteren sus propiedades. También son muy resistentes a las condiciones atmosféricas, sol, viento, lluvia, salitre, etc.
- **Resistencias mecánicas:** A nivel estructural, los plásticos no resisten bien las torsiones y flexiones, aunque se pueden usar en mecanismos que no requieran grandes esfuerzos mecánicos. Hay plásticos que resisten bien las compresiones.
- **Densidad:** Son poco densos (pesan poco).
- **Elasticidad:** Son muy elásticos y flexibles.
- **Resistencia al desgaste por rozamiento:** Aunque algunos plásticos si son resistentes al roce, en general en la mayoría, éste provoca un desgaste rápido.
- **Dureza:** Aunque algunos son duros, en general, los plásticos se rayan con facilidad.
- **Temperatura de fusión:** En el caso de los plásticos es muy baja, por lo que su resistencia al calor es baja también.
- **Variedad, forma, color, textura, apariencia:** Existen miles de variaciones y cada año se producen nuevos plásticos. Al ser fáciles de trabajar, se pueden conseguir múltiples formas, algunas muy complicadas, además de darles la textura y color final deseados, lo que los hace extraordinariamente polivalentes.

- **Reciclado:** Los plásticos se pueden reciclar con facilidad para volver a ser reutilizados.

2.1.4 Clasificación de los plásticos [4]. Los plásticos se pueden agrupar o clasificar de maneras muy diferente; según Crawford (PlasticsEngineering, Oxford, 1999), se basa en las propiedades más destacadas desde el punto de vista del diseño de piezas y de selección del material para una aplicación determinada. De acuerdo con esta clasificación, los plásticos se clasifican en:

2.1.4.1 Termoplásticos. Los termoplásticos son polímeros lineales, que pueden estar ramificados o no. Puesto que no se encuentran entrecruzados son polímeros solubles en algunos disolventes orgánicos, son capaces de fundir y son por tanto reciclables. Los más frecuentes son: PET, PP, PS y PVC.

Los termoplásticos presentan un buen conjunto de propiedades mecánicas, son fáciles de procesar y bastante económicos. La principal desventaja es que son materiales que se funden, de modo que no tienen aplicaciones a elevadas temperaturas puesto comienzan a reblandecer, con la consiguiente pérdida de propiedades mecánicas.

Algunos plásticos con esta propiedad son:

- Nailon (Nylon) → Hilo de pescar, levas, tejidos, medias, etc.
- Poliestireno (PS) → Juguetes, embalajes, pilotos coche, etc.
- Polivinilo (PVC) → Tubos, desagües, puertas, ventana, etc.
- Polietileno (PE) → Depósitos, envases, fundas, juguetes, etc.
- Polipropileno (PP) → Tapas de envases, bolsas, carcasas, etc.
- Poliéster (PET) → Botellas de agua, envases de shampoo, limpieza, etc.

2.1.4.2 Termoestables. Los plásticos termoestables son materiales que adquieren un estado final reticulado (entrecruzado), que los hace insolubles e incapaces de fundir, pese a esto presentan muy buenas propiedades a elevadas temperaturas.

Junto con su alta resistencia térmica presentan alta resistencia química, rigidez, dureza superficial, buena estabilidad dimensional, entre otras. La desventaja es que los acabados son pobres comparados con los de la mayoría de termoplásticos, son bastantes opacas y en muchos casos presentan cierta coloración amarillenta.

Algunos plásticos termoestables son:

- Baquelita → Mangos, carcasas bolígrafos, enchufes, etc.
- Resina de poliéster → Piscinas, recubrimientos, sumideros, etc.
- Melanina → Chapas, mesas, encimeras, tableros, vajillas, etc.

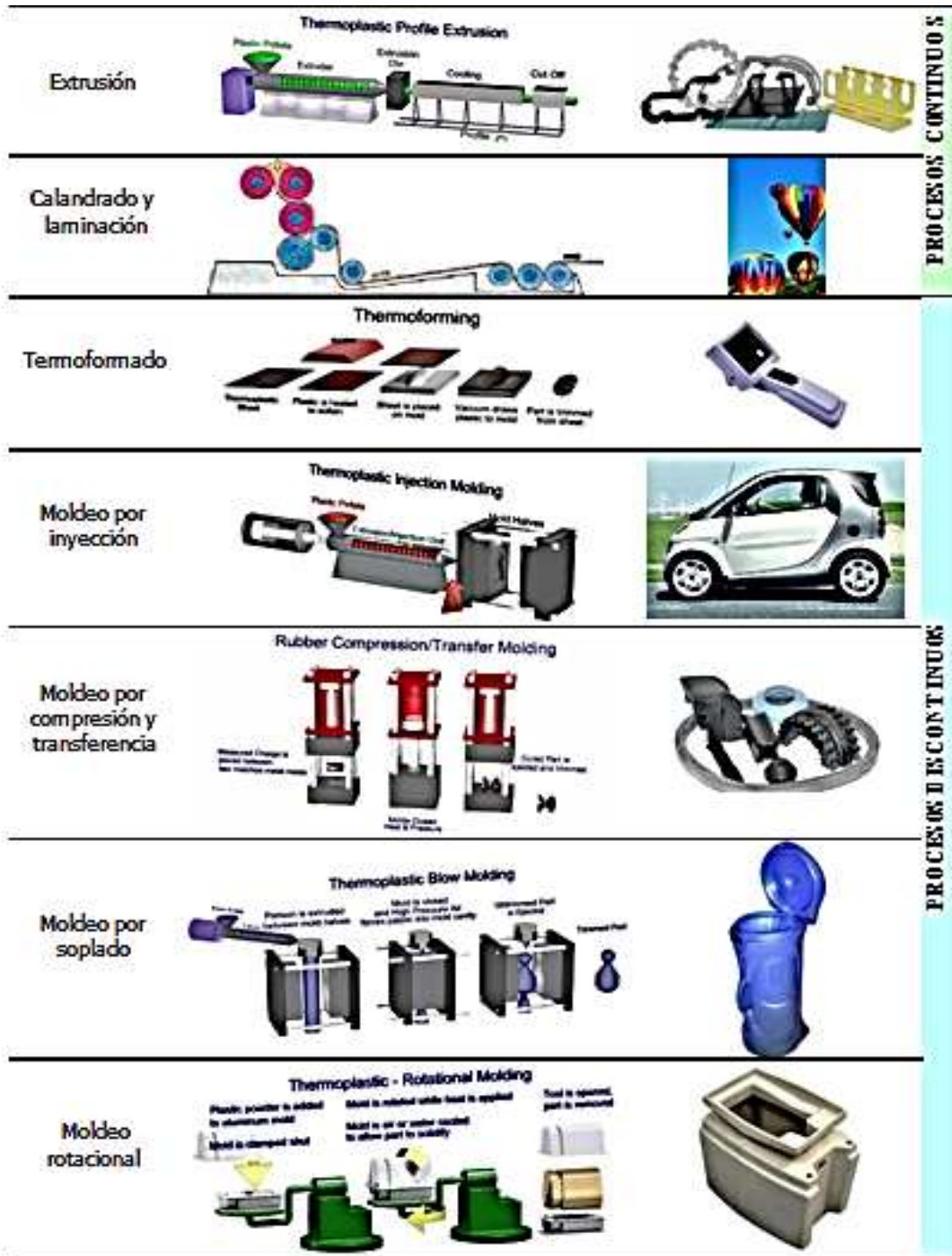
2.1.4.3 Elastómeros. Los plásticos elastómeros o cauchos son polímeros compuestos que contienen dobles enlaces de cadena principal, los que les confiere gran flexibilidad. Son materiales muy tenaces, resistentes a aceites, grasas, al ozono y presentan buena flexibilidad a bajas temperaturas de transición inferiores a la temperatura ambiente. La desventaja es que requieren un procesado lento por lo que consume grandes cantidades de tiempo y energía, y en principio no son reciclables.

Algunos plásticos elastómeros son:

- Silicona → Sellado de juntas, cristales, marcos, cosméticos, etc.
- Caucho → Suelas zapato, mangueras, ruedas, etc.
- Neopreno → Apoyos de vigas, asiento, cimentación anti-terremotos, etc.

2.1.5 *Procesos de fabricación de los plásticos [5].* Para obtener el producto final con el aspecto que conocemos, es preciso todo un proceso industrial de fabricación, donde los más comunes se observa en la siguiente figura:

Figura 2. Proceso de transformación de los plásticos



2.1.6 Extrusión [6]. El proceso de extrusión hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y, en principio, longitud indefinida. Además de los plásticos, muchos otros materiales se procesan mediante extrusión, como los metales, cerámicas o alimentos, obteniéndose productos muy variados como son marcos de ventanas de aluminio o PVC, tuberías, pastas alimenticias, etc.

Desde el punto de vista de los plásticos, la extrusión es claramente uno de los procesos más importantes de transformación. El proceso de extrusión se lleva a cabo en máquinas denominadas extrusoras. Aunque existen de diversos tipos, las más utilizadas son las de tornillo o de husillo simple, por lo que haremos referencia a ellas continuamente.

En el proceso de extrusión, por lo general, el polímero se alimenta en forma sólida y sale de la extrusora en estado fundido o de colada. Para el caso más corriente de la extrusión de un polímero inicialmente sólido que se funde en el proceso, la extrusora, y en concreto una de husillo único, puede realizar seis funciones principales que son:

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión,
- Fusión o plastificación del material,
- Transporte o bombeo y presurización del fundido,
- Mezclado,
- Desgasificado, y
- Conformado.

Debe tenerse en cuenta que no todas las funciones anteriores tienen lugar necesariamente durante la operación de todas y cada una de las extrusoras.

Por ejemplo, el desgasificado o venteo únicamente se produce en las máquinas preparadas para ello. Por otra parte, el conformado no debe ser definitivo; muchas ocasiones el producto obtenido adquiere su forma final en un proceso secundario puesto que las extrusoras se emplean con frecuencia para mezclar los componentes de formulaciones que se procesarán posteriormente mediante otras técnicas o bien para obtener preformas que serán procesadas mediante soplado o termoconformado.

2.1.6.1 Parámetros que determinan la extrusión [7]. Los principales parámetros que determinan el correcto desempeño del proceso de extrusión, son los siguientes:

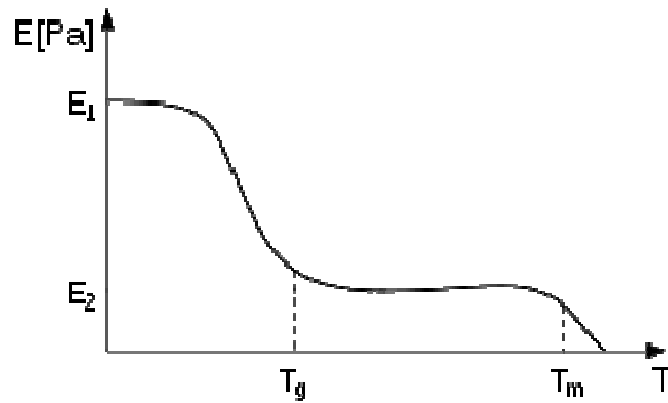
- **Temperatura de transición vítrea (T_g).**- La temperatura de transición vítrea (T_g) es la temperatura en la que el polímero deja de ser rígido y comienza a ablandarse. Todos los polímeros termoplásticos presentan una T_g , ya sean estos amorfos o semicristalinos. Los polímeros amorfos al calentarse presentan solamente una transición, la T_g ; entre tanto, los polímeros semicristalinos presentan dos, la T_g y la temperatura de fusión de los cristales (T_m).

En general, la T_g es un valor de extrema importancia en ingeniería de polímeros, pues indica la temperatura de trabajo del plástico y por ende determina si un plástico puede ser o no utilizado para una aplicación dada.

- **Temperatura de fusión (T_m).**- La temperatura de fusión (T_m) es la temperatura a la cual la materia, en este caso el polímero pasa del estado sólido a estado líquido, es decir, se funde. Durante el calentamiento, el módulo E (Pa) de un polímero semicristalino decrece, en un principio, rápidamente. Luego pasa por un período de estabilización, en el gráfico se muestra un amesetamiento de la curva. En esta fase el material se presenta muy viscoso. Si la temperatura T_m se incrementa aún más, el polímero se funde y el

módulo es cero. Entre el estado rígido y el fundido se encuentra la temperatura de transición vítrea T_g .

Figura 3. Curva de representación de la T_g y la T_m .



- **Caudal del tornillo (Q).**- Conforme se transporta el polímero a lo largo del tornillo se funde una delgada película de polietileno en la pared de la camisa, gracias al calor que se genera desde el exterior de la camisa por medio de las resistencias eléctricas.

El tornillo desprende la película fundida al girar. El polímero fundido se mueve desde la cara frontal del hilo hasta el núcleo y luego barre de nuevo para establecer un movimiento rotatorio enfrente del borde de conducción del hilo, mientras se barren otros gránulos o partes sólidas de lamasa compactada del polímero hacia el fundido en formación. El proceso continua lentamente hasta que se funde todo el polímero.

Existen flujos de arrastre, de presión y de fuga dentro del proceso de barrido. El flujo de arrastre (*Ecuación 1*) conduce al material fundido a lo largo del tornillo como resultado de las fuerzas de fricción.

$$Q_{Arrastre} = \frac{1}{2} \pi^2 D^2 N H \cdot \text{sen } \phi \cos \phi \cdot H \quad (1)$$

Dónde:

$Q_{\text{arrastrre}}$ = Flujo polimérico de arrastre

D = Diámetro exterior del tornillo.

N = Velocidad angular en rpm.

H = Profundidad del canal en zona de alimentación.

ϕ = Ángulo de la hélice del tornillo.

El flujo de presión (*Ecuación 2*) se opone al flujo de arrastre, es importante comprender que no hay flujo real resultante debido a la presión, sino únicamente es una oposición.

$$Q_{\text{presión}} = \frac{\pi D H^3 \text{sen}^2 \phi}{12 \eta} \left(\frac{dP}{dl} \right) \quad (2)$$

Dónde:

$Q_{\text{presión}}$ = Flujo polimérico de presión

D = Diámetro exterior del tornillo.

H = Profundidad del canal en zona de alimentación.

ϕ = Ángulo de la hélice del tornillo.

η = Viscosidad del material a la temperatura del proceso.

P = Caída de presión.

l = Longitud de la camisa.

El flujo de fuga, es un flujo impulsado por presión, desde luego, también se opone al flujo de arrastre, este flujo se da debido que hay un espacio finito entre el tornillo y la camisa a través del cual se puede fugar el material. Este flujo de fuga es pequeño y puede ignorarse al calcular el flujo total, únicamente tiene significado práctico en

máquinas desgastadas en las cuales se vuelve grande el espacio libre que hay entre el tornillo y la camisa.

Se puede encontrar fácilmente el flujo de salida (Q_{total})(Ecuación 3) sumando las expresiones para el flujo de arrastre y el flujo de presión. La expresión queda como se representa en la (Ecuación 4).

$$Q_{total} = Q_{arrastre} + Q_{presión} \quad (3)$$

$$Q_{total} = Q = \frac{1}{2} \pi^2 D^2 N H \cdot \text{sen}\phi \cos\phi \cdot H - \left(\frac{\pi D H^3 \text{sen}^2 \phi P}{12 \eta l} \right) \quad (4)$$

Dónde:

Q_{total} = Flujo polimérico total generado.

D = Diámetro exterior del tornillo.

N = Velocidad angular en rpm.

H = Profundidad del canal en zona de alimentación.

ϕ = Ángulo de la hélice del tornillo.

η = Viscosidad del material a la temperatura del proceso.

P = Caída de presión.

l = Longitud de la camisa.

Sin embargo, Timothy Womer, expuso una relación más simple basada en la relación teórica anterior, haciendo constante el ángulo de la hélice en 17.66°, así como asumiendo condiciones típicas de presión y viscosidad para poliolefinas. La relación se muestra en la (Ecuación 5) como sigue:

$$Q_{total} = Q = 2.3 \cdot D^2 \cdot H \cdot \rho \cdot N. \quad (5)$$

Dónde:

Q_{total}= Flujo polimérico total generado.

D = Diámetro exterior del tornillo.

N = Velocidad angular en rpm.

H = Profundidad del canal en zona de alimentación.

ρ = Densidad del material a la temperatura de proceso.

Este sería el valor teórico del caudal total generado por el tornillo, sin tener en cuenta los mezcladores y el dado de extrusión. Se espera así, un flujo de 15% a 20% menor al valor teórico.

- **Tiempo de residencia.-** Es la cantidad promedio de tiempo en la cual el material se encuentra dentro del cabezal. El tiempo de residencia de una mezcla con un cabezal de cualquier longitud puede ser expresado como se representa en la (*Ecuación 6*):

$$T = \frac{L}{u} \quad (6)$$

Dónde:

T= Tiempo de residencia.

L = Longitud de la camisa y el cabezal

u = Velocidad promedio de la mezcla.

- **Potencia calorífica necesaria.-** Con las aclaraciones anteriores, primero se verificará que el gradiente de temperatura a lo largo de todo el diámetro útil de la camisa sea despreciable; esto es fácilmente calculable en cuanto se use el número de Biot.

El sistema analizado tendría que cumplir con el requerimiento de ser menor a 0.1 de manera que el método de la resistencia despreciable sea válido para el análisis en mención, como se puede apreciar en la (Ecuación 7):

$$Bi = \frac{hL_c}{k} \leq 0.1 \quad (7)$$

Dónde:

Bi= Número de biot.

h = Coeficiente de convección.

Lc = Longitud característica de transferencia de calor.

K = Conductividad térmica.

Esto último se realizará simplemente por precaución ya que la camisa será cubierta con una caja de metal de manera que tendrá un cierto grado de aislamiento que la protegerá de las pérdidas energéticas.

Asumiendo que los gradientes de temperatura dentro del cilindro son despreciables, se puede calcular el flujo de calor necesario que deben suministrar las resistencias eléctricas a fin de elevar la temperatura del cilindro, cálculo que se realiza mediante la (Ecuación 8):

$$Q_c = \rho V c \theta_i \left[1 - \exp\left(-\frac{t \cdot h A_s}{\rho V c}\right) \right] \quad (8)$$

Dónde:

Qc= Carga calorífica.

ρ = Diámetro exterior del tornillo.

Vc = Volumen.

ΔT = Diferencia de temperatura adimensional.

t = Tiempo.

h = Coeficiente de convección.

A_s = Área superficial.

2.1.6.2 Materiales que se utilizan en el proceso de extrusión. Los materiales plásticos más conocidos y utilizados en la Industria Ecuatoriana se indican en la tabla 1, y se los identifica de la siguiente manera:

Tabla 1. Materiales que se utilizan en extrusión.

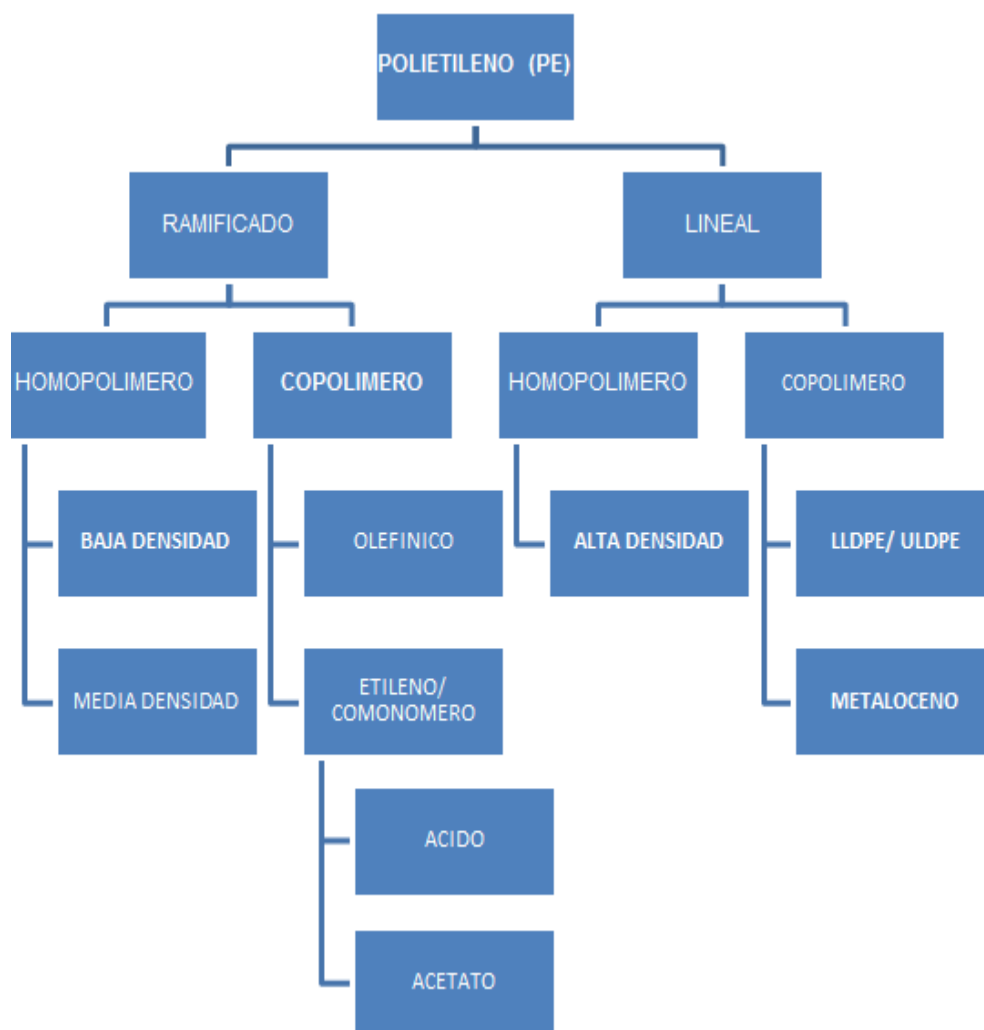
| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| Tereftalato de Polietileno PET | Polietileno de alta densidad PEAD | Policloruro de vinilo PVC | Polietileno de baja densidad PEBD | Polipropileno PP | Poliestireno PS | Otros |
|  |  |  |  |  |  |  |

A continuación se puntualizará sobre el estudio del polietileno, material con que la empresa se dedica a la elaboración de las fundas plásticas.

- **El Polietileno (PE).**- El polietileno es el polímero de mayor uso en la industria del empaque o plástico, es miembro de la familia de poliolefinas. El término poliolefina se aplica estrictamente a polímeros hechos de alquenos, sean homopolímeros o copolímeros, esto incluye a la familia del polietileno y a la del polipropileno.

A continuación, en la siguiente figura se presenta la familia del polietileno tanto ramificado como lineal.

Figura 4. Clasificación y familia del polietileno



- **Polietileno de baja densidad (LDPE).**- El polietileno de baja densidad tiene una estructura ramificada, parcialmente cristalina y es termoplástico fabricado bajo altas condiciones de presión y temperatura, mediante un proceso de polimerización por radical libre.

La polimerización del etileno bajo estas condiciones produce un polímero ramificado que en realidad es una mezcla de largas moléculas con columnas vertebrales de diferentes longitudes y cadena ramificadas a los lados.

Figura 5. Molécula ramificada de LDPE



Las ramificaciones de las cadenas en el homopolímero de LDPE le brinda características deseables como son: claridad, flexibilidad, buena resistencia al impacto, maquinabilidad, resistencia a aceites, resistencia a químicos, sellabilidad al calor y bajo costo (cerca de \$1.6/Kg), y fácil procesado. Un listado de las propiedades del LDPE, es presentado en la siguiente tabla:

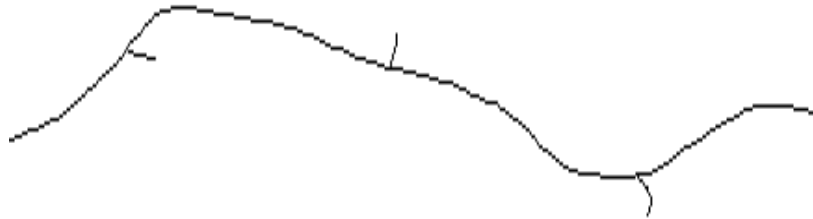
Tabla 2. Propiedades del LDPE

| PROPIEDADES DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD | |
|--|---|
| <i>Densidad</i> | 0.91 a 0.925 g/cm |
| <i>Temperatura de transición vítrea (T_g)</i> | -120°C |
| <i>Temperatura de fusión (T_m)</i> | 105 - 115°C |
| <i>Módulo de tensión</i> | 172 - 517 Mpa (24900 - 75000 psi) |
| <i>Elongación</i> | 100 - 965% |
| <i>Resistencia al rasgado</i> | 200 - 300 g/25µm |
| <i>Permeabilidad al O₂, 25°C</i> | 163000-213000 cm ³ µm / m ² d atm |
| | 400-540 cm ³ mil / 100 in ² d atm |
| <i>Permeabilidad al CO₂, 25°C</i> | 750000-1060000 cm ³ µm / m ² d atm |
| | 1900-2700 cm ³ mil / 100 in ² d atm |
| <i>Absorción del agua</i> | <0.01% |

- **Polietileno de alta densidad (HDPE).** El HDPE es un termoplástico no polar lineal, de aspecto blanquinoso, su rango de densidades es entre 0.94 a 0.965g/cm³ con un punto de fusión entre 128-138°C, es uno de los polímeros más versátiles y el segundo

de mayor uso en la industria del empaque plástico. Las cadenas moleculares de los homopolímeros HDPE son largas y rectas con muy pequeñas ramificaciones, como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 6. Molécula lineal de HDPE



A medida que el HDPE se enfría por debajo de su punto de fusión, se forma en su estructura una larga fracción de regiones cristalinas ordenadas, en un porcentaje que va del 65 al 90% de cristalinidad y esto contribuye a que tenga una buena propiedad de barrera a la humedad y buenas características de maquinabilidad.

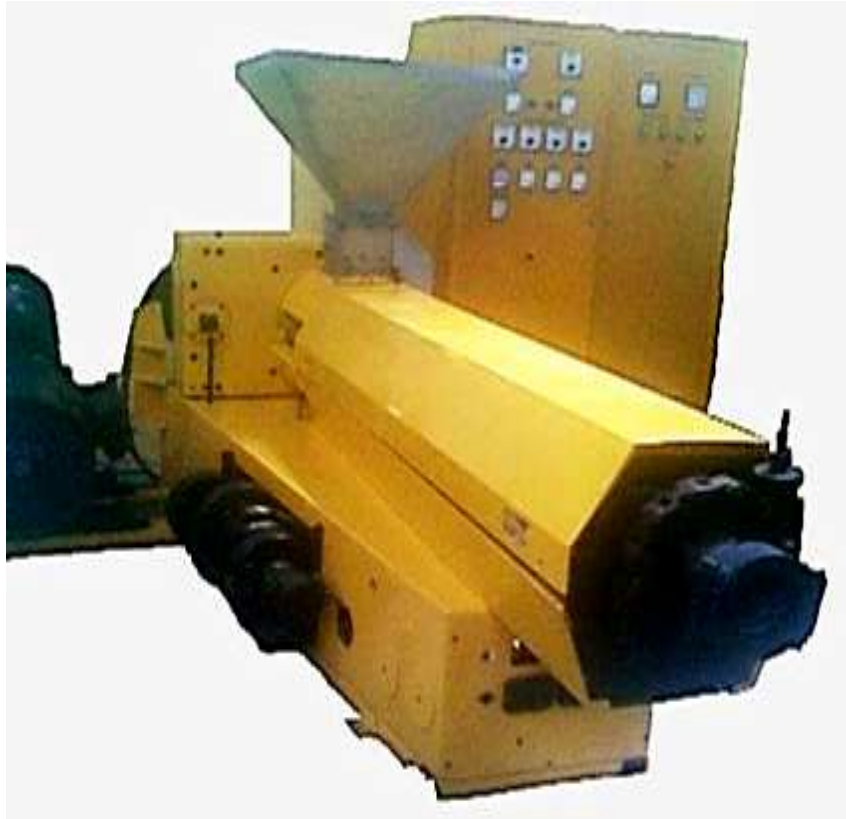
En la siguiente tabla se resume algunas propiedades del HDPE:

Tabla 3.Propiedades del HDPE

| PROPIEDADES DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD | |
|---|---|
| <i>Densidad</i> | 0.94 a 0.965 g/cm |
| <i>Temperatura de transición vítrea (T_g)</i> | -120°C |
| <i>Temperatura de fusión (T_m)</i> | 128 - 138°C |
| <i>Módulo de tensión</i> | 620 - 1089 Mpa (89900 - 158000 psi) |
| <i>Elongación</i> | 10 - 1200% |
| <i>Resistencia al rasgado</i> | 20 - 60 g/25µm |
| <i>Permeabilidad al O₂, 25°C</i> | 40000-73000 cm ³ µm / m ² d atm |
| | 100-185 cm ³ mil / 100 in ² d atm |
| <i>Permeabilidad al CO₂, 25°C</i> | 200000-250000 cm ³ µm / m ² d atm |
| | 500-640 cm ³ mil / 100 in ² d atm |
| <i>Absorción del agua</i> | <0.01% |

2.2 La máquina extrusora[8]

Figura 7. Máquina extrusora de polietilenos

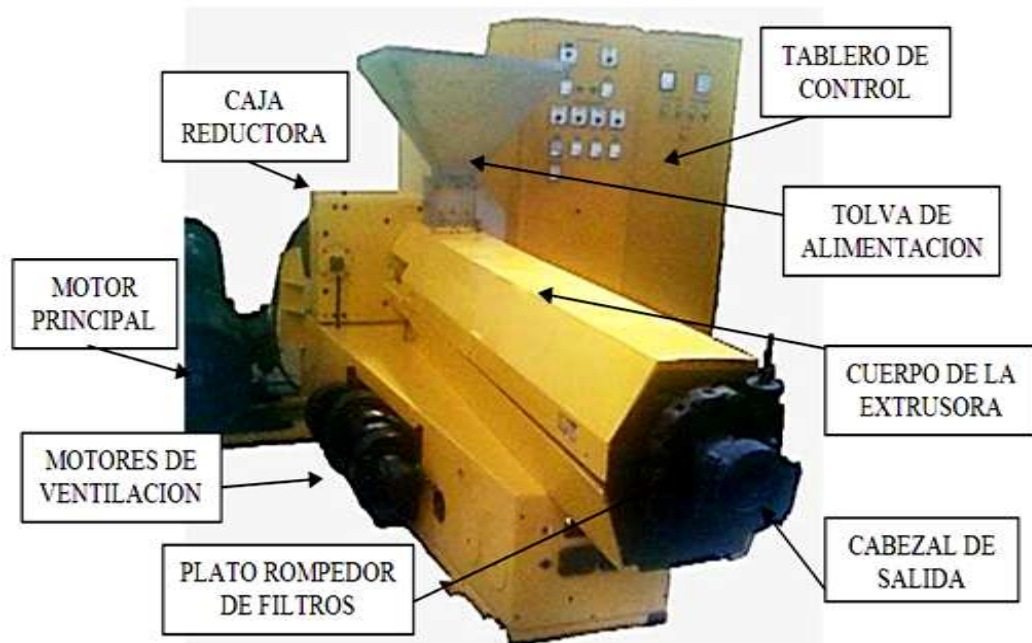


Las máquinas extrusoras tienen como característica principal la fabricación de sus productos donde el modo de fabricación es el mismo, sólo difiere el proceso de fabricación del producto terminado ya, que en el cabezal es donde se le da la forma deseada al producto y no en la máquina.

Otra característica es que sus dimensiones pueden variar en tanto a extensión, como su altura. Se debe utilizar el extrusor más adecuado a cada proceso, ya que no se utiliza un extrusor que sirve para hacer pajilla, con el fin de producir bolsa negra de almácigo con dimensiones superiores a las bolsas normales, que a producir pliegos tubulares que no son más que un tipo de empaque flexible hecho de un delgado, fino y flexible material plástico, usualmente el polietileno.

2.2.1 Partes de la máquina extrusora [9]

Figura 8. Partes de la máquina extrusora de polietilenos



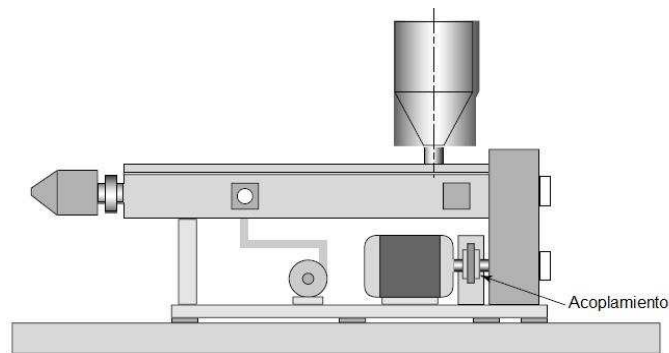
2.2.1.1 Motor principal y reductor de velocidad. La función del motor principal es la de hacer girar al tornillo, la velocidad nominal normalmente del motor principal es de 2500 rpm, mientras que la velocidad máxima de rotación del tornillo es usualmente alrededor de 180 rpm, por tal motivo se necesita un reductor de velocidad entre el motor y el tornillo.

Varios motores pueden ser usados para las extrusoras, los motores CDson usados más comúnmente aunque ahora se utilizan también motores de CA. El acoplamiento entre el motor y la caja reductora se lo puede realizar de dos maneras, directa o indirectamente como son:

- Con acoplamiento directo
- Con acoplamiento por bandas y poleas

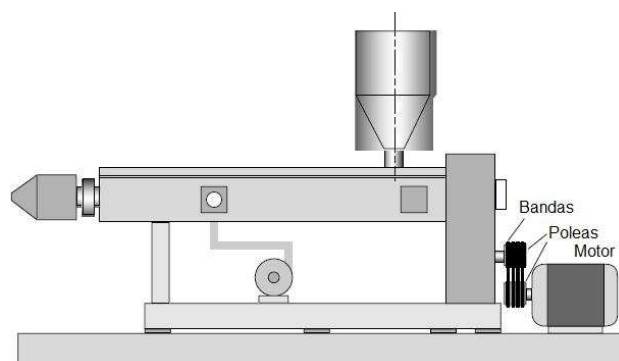
Entre las ventajas del acoplamiento directo se puede mencionar que no hay bajones en la eficiencia de la energía y está compuesto de menos partes, la desventaja es que es más complicado cambiar el radio de reducción.

Figura 9. Extrusora con acoplamiento directo



Por otro lado las ventajas de acoplamientos indirectos es que son mucho más fáciles de cambiar el radio de reducción y existe una mayor libertad para posicionar el motor; entre las desventajas podemos citar que hay más pérdidas de energía debido a las bandas, y también hay mayor cantidad de piezas que se podrían desacoplar.

Figura 10. Extrusora con acoplamiento por poleas



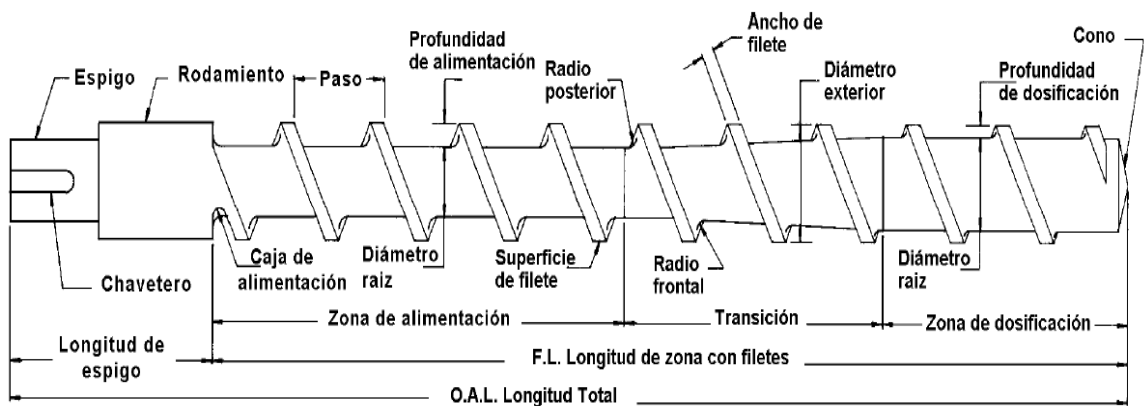
El reductor de velocidad es necesario debido a que la velocidad del motor es mucho más alta que la del tornillo, los radios de reducción típicos son entre 15:1 o 20:1 pero existen reducciones tan bajas como de 5:1 o tan altas como de 40:1.

Las cajas reductoras deben ser fabricadas de una manera que sea fácil el intercambio de engranes, esto mejora la flexibilidad y versatilidad de la extrusora.

2.2.1.2 Tornillo o husillo de extrusión. El tornillo o husillo consiste en un cilindro largo redondeado por un filete helicoidal. El tornillo es una de las partes más importantes y esenciales de una máquina extrusora ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. La estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen, en gran medida del diseño del tornillo.

Los parámetros más importantes en el diseño del tornillo se muestran en la siguiente figura:

Figura 11. Parámetros del tornillo de extrusión



El material se va presurizando a medida que avanza por el tornillo, comenzando con presión atmosférica en la tolva y aumentando hasta la salida por la boquilla. La sección del paso del tornillo no es constante, sino que es mayor en la zona de alimentación (mayor profundidad de canal) y menor en la zona de dosificación (menor profundidad del canal). Normalmente el tornillo no viene acompañado de ningún sistema de calentamiento o enfriamiento, aunque en algunos casos se emplean tornillos huecos por los que se hace circular un fluido refrigerante o calefactor.

Los materiales termoplásticos que se usan en el proceso de extrusión difieren normalmente entre sí. La elasticidad, calor específico, coeficiente de fricción, temperatura de fusión, viscosidad del fundido, etc., cubren un amplio rango de valores y puesto que todas estas propiedades tienen su importancia en el momento de diseñar el tornillo, es lógico que sea necesario utilizar diferentes tipos de tornillos para trabajar adecuadamente cada material.

En la práctica es muy raro que un tornillo determinado sea adecuado para trabajar con materiales muy diversos; de hecho, cada tornillo se diseña o elige para trabajar con una determinada combinación boquilla/material.

El tornillo cumple a tres funciones principales, estas son:

- **Transporte de sólidos (zona de alimentación).**- El material sólido que se alimenta a una extrusora, se transporta en dos regiones, en la tolva y en la zona de alimentación. El transporte en la tolva es en general un flujo por gravedad donde el material se mueve hacia la parte inferior por acción de su propio peso.

En cuanto al transporte de sólidos dentro de la extrusora, una vez que el material sólido cae a la garganta de alimentación, el mecanismo de transporte deja de ser controlado por la gravedad y se transforma en un transporte inducido por arrastre. Este tipo de flujo tiene lugar a lo largo del tornillo en una distancia relativamente corta.

- **Fusión (zona de transición o compresión).**- La zona de transporte de sólidos finaliza cuando empieza a formarse una fina película de polímero fundido. La fusión se iniciará como consecuencia del calor conducido desde la superficie del cilindro y del generado por fricción a lo largo de las superficies del cilindro y del tornillo.

En primer lugar aparecerá una fina capa de material fundido junto al cilindro que irá creciendo hasta que su espesor se iguale con la tolerancia radial entre el cilindro y el filete del tornillo, mientras que el resto del material se encontrará formando un lecho sólido.

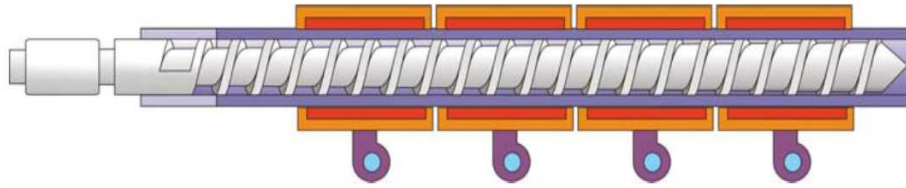
- **Transporte del fundido (zona de dosificación).**- En la zona de dosificado se inicia el punto en que finaliza la fusión, es decir, es el punto en que todas las partículas del polímero se han fundido. De hecho la profundidad del canal es uniforme en la zona de dosificado, por lo que todo el lecho sólido debe haber desaparecido o en caso contrario el aire se eliminaría con mucha dificultad y podría quedar atrapado en el fundido.

La zona de dosificación del fundido actúa como una simple bomba en la que el movimiento del material fundido hacia la salida de la extrusora se produce como resultado del giro del tornillo y de la configuración helicoidal del mismo.

✓ **2.2.1.3 Camisa o cilindro.** El cilindro de calefacción alberga en su interior al tornillo extrusor, donde la superficie del cilindro debe ser muy rugosa para aumentar las fuerzas de cizalla que soportará el material y permitirá que éste fluya a lo largo de la extrusora.

En la parte posterior de la camisa se encuentran ubicados los elementos calefactores o resistencias eléctricas (*Figura 12*), que generarán el calor necesario para poder fundir el polímero a lo largo de la camisa y del tornillo. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico, que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo que éste es mucho más fácil de reemplazar.

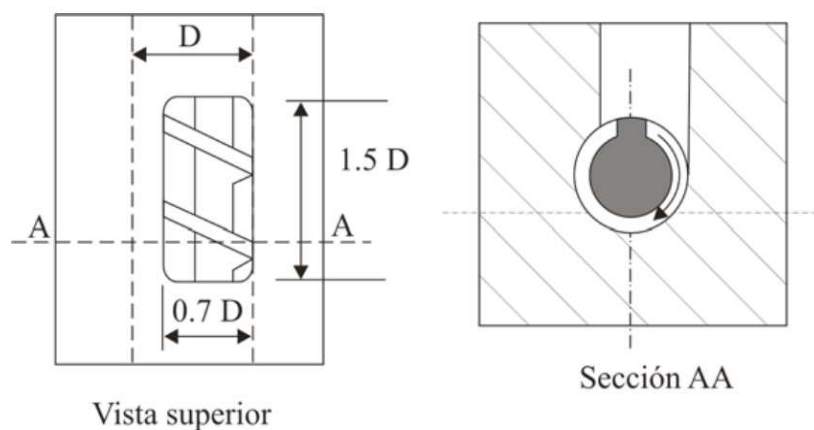
Figura 12. Camisa o cilindro del tornillo extrusor



2.2.1.4 Garganta de alimentación. El cilindro puede estar construido en dos partes, la primera se sitúa debajo de la tolva y se denomina garganta de alimentación. Suele estar provista de un sistema de refrigeración para mantener la temperatura de esta zona lo suficientemente baja para que las partículas de polietileno de baja y alta densidad no se adhieran a las paredes internas de la extrusora.

La garganta de alimentación está conectada con la tolva a través de la boquilla de entrada o de alimentación propiamente dicha, como se puede observar en la siguiente figura:

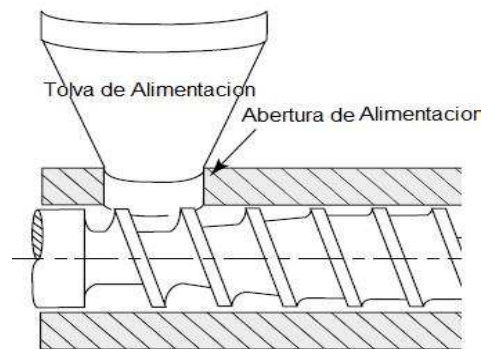
Figura 13. Garganta de alimentación



Esta boquilla suele tener una longitud de 1.5 veces el diámetro del cilindro y una anchura de 0.7 veces el mismo, y suele estar desplazada del eje del tornillo para facilitar la caída del material a la máquina.

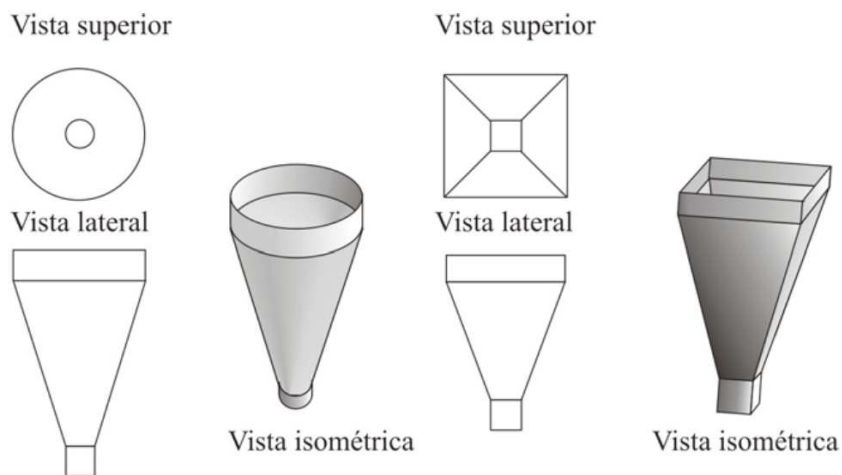
2.2.1.5 Tolva de alimentación. El sistema de alimentación está conectado a la camisa, contiene una abertura por donde el material plástico es introducido a la extrusora. La garganta de alimentación generalmente está enfriada con agua de manera que el material no se funda en la entrada a la máquina y de esta manera no se bloquee el paso al material alimentado

Figura 14. Ubicación de la tolva de alimentación en una extrusora



La tolva debe ser diseñada para permitir un flujo estable a través de la misma, se recomienda utilizar secciones circulares (*Figura 15*) para lograr alcanzar mejor estabilidad en el flujo, sin embargo para casos en que se utilizan tolvas con secciones distintas.

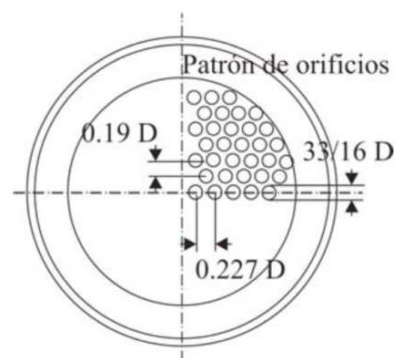
Figura 15. Diseño de tolvas de alimentación



2.2.1.6 Plato rompedor y filtros. El plato rompedor se encuentra al final del cilindro. Se trata de un disco delgado de metal con agujeros, como se muestra en la *figura 16*.

El propósito del plato es servir de soporte a un paquete de filtros cuyo fin principal es atrapar los contaminantes para que no salgan con el producto extruido. Los filtros además mejoran el mezclado y homogenizan el fundido. Van apilados delante del plato rompedor, primero se sitúan los de malla más ancha, reduciéndose el tamaño de malla progresivamente. Detrás se sitúa un último filtro también de malla ancha y finalmente el plato rompedor que soporta los filtros.

Figura 16. Diseño del plato con orificios de filtros



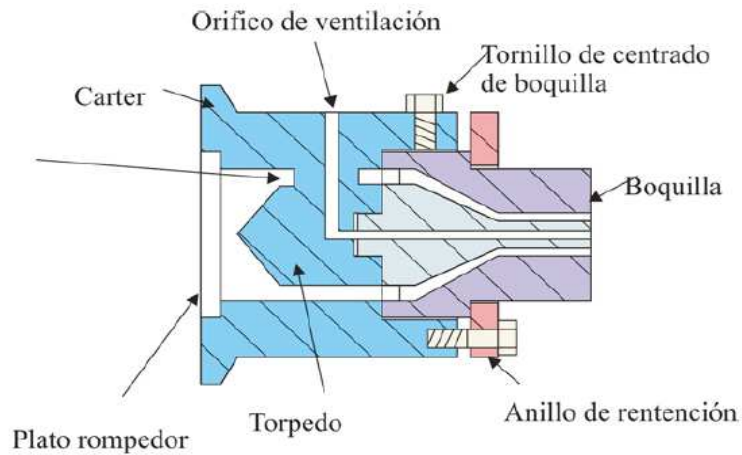
2.2.1.7 Cabezal y boquilla. El cabezal es la pieza situada al final del cilindro, que se encuentra sujetando la boquilla y por lo general manteniendo el plato rompedor.

Generalmente va atornillado al cilindro donde el perfil interno del cabezal debe facilitar lo más pronto posible el flujo del material hacia la boquilla.

En la *figura 17*; el material fluye del cilindro a la boquilla a través del torpedo, situado en el cabezal.

La sección transversal de los soportes del torpedo se diseña para proporcionar el flujo del material a velocidad constante.

Figura 17. Cabezal y boquilla



La función de la boquilla es la de moldear al plástico. Las boquillas se pueden clasificar por la forma del producto, teniendo así:

- **Boquillas anulares.**-para la fabricación de tuberías o recubrimientos de materiales cilíndricos.
- **Boquillas planas.**- para obtener planchas y láminas.
- **Boquillas circulares.**- para fabricar fibras y productos de forma cilíndrica.

2.2.2 Especificaciones de la máquina [10]. Podemos mencionar las más importantes que son:

2.2.2.1 Diámetro del cilindro (D). Es representativo del tamaño de la extrusora y afecta en gran medida a la velocidad del flujo, ya que el caudal de material que proporciona la extrusora es proporcional al cuadrado del diámetro del tornillo.

La mayoría de las extrusoras tienen diámetros comprendidos entre 2 y 90 cm.

2.2.2.2 Relación longitud/diámetro (L/D). Para un diámetro de tornillo dado, la capacidad para fundir, mezclar y homogenizar a una velocidad de giro del tornillo determinada, aumenta al aumentar la longitud del tornillo y por tanto la relación L/D.

Sin embargo tornillos excesivamente largos son difíciles de construir y alinear dentro del cilindro, de modo que no resultan operativos.

La relación L/D típica para la extrusión de polímeros termoplásticos varía generalmente entre 20:1 y 30:1.

2.2.2.3 Relación de compresión. Es la relación volumétrica de las vueltas del filete en las zonas de alimentación y de dosificado.

Se suele expresar en términos de la relación de profundidades del canal en ambas zonas, una aproximación que es únicamente válida si el ángulo de los filetes y la anchura del canal se mantienen constantes.

Las relaciones de compresión típicas oscilan entre 2.0 y 4.0.

Una zona de dosificado de pequeña profundidad (*alta relación de compresión*) impone mayor velocidad de cizalla sobre el fundido (*para una velocidad de tornillo dada*), y se asocia también a un gradiente de presión mayor.

2.2.2.4 Configuración del tornillo. Es un aspecto de gran importancia ya que la elección definitiva del número y el diseño geométrico de las zonas del tornillo es un proceso complejo.

Esta decisión depende no solo del diseño de la boquilla y de las velocidades de flujo esperadas, sino también de las características de fusión del polímero, de su comportamiento reológico y de la velocidad del tornillo.

Un tornillo simple, de tres zonas, se define usualmente según el número de vueltas de hélice en las zonas de alimentación, transición y dosificado.

2.3 Repotenciación de equipos

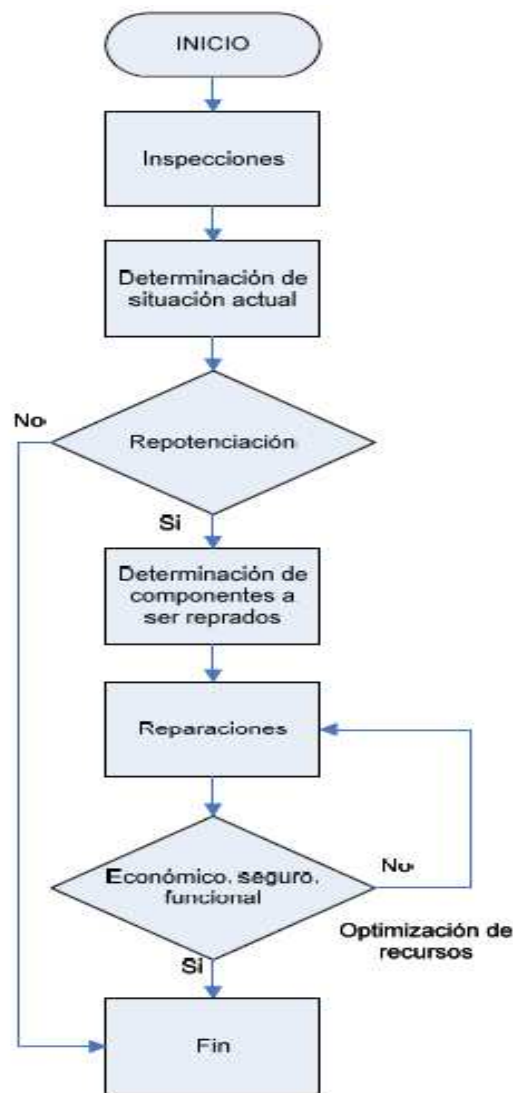
2.3.1 Definición de repotenciación [11]. Se entiende por repotenciación, un estudio de mantenimiento especializado para poder mejorar y optimizar el funcionamiento de una determinada maquinaria, equipo, sistema o componente, modificando las condiciones de estado y funcionamiento originales.

Con la ejecución de la repotenciación de equipos se espera obtener resultados similares o superiores y de mayor fiabilidad a partir de un estado inicial; usando recursos tecnológicos y metodologías actuales para su mejoramiento y realizando posteriormente una correcta gestión del mantenimiento para lograr un alto grado de mantenibilidad del equipo y por ende una gran disponibilidad en el sitio de producción.

2.3.2 Procedimiento de repotenciación [12]. La repotenciación consiste en determinar las zonas críticas, analizarlas, calcularlas y plantear las soluciones prácticas para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina, en lo que se refiere a seguridad, economía y funcionabilidad.

Y para la misma, se necesita un procedimiento práctico de repotenciación que se detalla en el siguiente esquema:

Figura 18. Procedimiento de repotenciación



Para el proceso de repotenciación de un equipo, sistema o componente; se deben realizar inspecciones que se clasifican de la siguiente manera:

- Inspecciones Iniciales
- Inspecciones Regulares

2.3.2.1 Inspecciones iniciales. Las inspecciones iniciales son llevadas a cabo por personal especializado en mantenimiento, estas inspecciones principalmente constan de *inspecciones visuales* que permitan identificar zonas que se encuentren en mal estado o que presenten corrosión.

Una vez localizadas estas partes se identifican o zonifican para establecer el procedimiento correcto que se debe llevar a cabo.

2.3.2.2 Inspecciones regulares. Los procedimientos de inspección para maquinaria industrial en servicio regular son divididos en dos clasificaciones generales basadas en los intervalos en que éstas deberían ser realizadas. Estos intervalos serán dependientes de la naturaleza, del componente crítico de la máquina y del grado de funcionamiento que tenga así como su deterioro o mal funcionamiento.

Las dos clasificaciones generales son: *frecuentes* y *periódicas*, con sus respectivos intervalos las cuales se encuentran definidas de la siguiente manera:

- **Inspección frecuente:** Intervalos diarios o mensuales
- **Inspección periódica:** Intervalos de 1 a 12 meses, o un intervalo específico recomendado por el fabricante.

2.4 Mantenimiento mejorativo de maquinaria industrial

2.4.1 Definición de mantenimiento [13]. Es el conjunto de medidas o acciones necesarias para asegurar el normal funcionamiento de una planta, maquinaria o equipo, a fin de conservar el servicio para el cual han sido diseñadas dentro de su vida útil estimada.

2.4.2 Objetivos del mantenimiento [14]. Los objetivos del mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área.

Estos objetivos serán los que mencionaremos a continuación:

- ***Máxima producción***
 - Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas, equipos y componentes.
 - Reparar las averías en el menor tiempo posible.
- ***Mínimo costo***
 - Reducir a su mínima expresión las fallas.
 - Aumentar la vida útil de las máquinas, equipos e instalaciones.
- ***Calidad requerida***
 - Cuando se realizan reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida.
 - Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones.
 - Eliminar las averías que afecten la calidad del producto.
- ***Conservación de la energía***
 - Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
 - Eliminar paros y puestas de marcha continuos.
 - Controlar el rendimiento de los equipos.
- ***Conservación del medio ambiente***
 - Mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes.
 - Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de soluciones químicas.
- ***Higiene y seguridad***
 - Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.
 - Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.
 - Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

2.4.3 Importancia del mantenimiento [15]. Durante los últimos años, en las organizaciones empresariales, los integrantes principales de las empresas, consideran al mantenimiento como uno de los elementos esenciales en las actividades empresariales. Porque al hablar de mantenimiento es decir “reducción de costos”, se ha hecho posible darle una alta prioridad en el planeamiento general de la empresa.

En las empresas en general, existe preferente preocupación por el dinero, personal, normas de trabajo, etc., sin dar mayor importancia a los activos, ya que éstos comienzan a depreciarse precisamente cuando la empresa se encuentra en su mejor momento de producción.

Esta deficiencia se deja sentir cuando empiezan a aparecer problemas como activos parados, incumplimiento en los topes de producción, rechazos de mercaderías, reclamos del personal de producción, etc. He ahí la gran importancia del mantenimiento ya que cada día aumenta en magnitud e importancia la tecnología de la maquinaria y para ello se recomienda tener una programación del mantenimiento de todos los activos para tener una producción óptima y sin contratiempos.

2.4.4 Mantenimiento mejorativo [16]. El mantenimiento mejorativo consiste en realizar modificaciones o agregados a un equipo o componente averiado mejorando su condición original de diseño, ya sea incluyendo el uso de un material de mejor calidad y resistencia o en las nuevas condiciones en que funcionará la pieza o máquina hablando en forma global.

Puede existir una pequeña confusión en la interpretación de “Mantenimiento Correctivo” y “Mantenimiento Mejorativo”; por ello es importante puntualizar que al hablar de mantenimiento correctivo se entiende que se está corrigiendo una falla o

avería al reemplazar o reparar un componente averiado; mientras tanto, al hablar de mantenimiento mejorativo se entiende por las acciones que se lleva a cabo tanto para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos, como para lograr de ésta forma una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.

Este mantenimiento puede aparecer en tres épocas de la vida de estos componentes[17]:

- La primera oportunidad es cuando se pone en *funcionamiento por primera vez*. Las instalaciones, sistemas, equipos y máquinas estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa ya sea por razones del producto o bien por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento. Una instalación que tenga durante su diseño un análisis desde el punto de vista de mantenimiento, evitará problemas posteriores que, en ocasiones, pueden ser difíciles de solucionar. Estaríamos ante un mantenimiento de proyecto.
- La segunda época en la que puede aparecer es *durante su vida útil*. Se trata de modificar las instalaciones, máquinas o equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallas. El análisis de las causas de las averías es el origen de éste tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertas fallas, es prevención del mantenimiento.
- Por último este mantenimiento se utiliza cuando una máquina entra en la *época de vejez*. En esta ocasión se lo trata de reconstruir para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil. Es en este momento cuando se introducen todas las mejoras posibles tanto para producción como para mantenimiento.

Este mantenimiento también tiene como objetivo realizar una reforma parcial en una máquina, equipo o sistema con el fin de obtener un mejor rendimiento, de acuerdo a los requerimientos del tipo de trabajo que se desea realizar, o bien para obtener un beneficio en la rapidez de reparación.

Cabe destacar que éste tipo de mantenimiento va de la mano con la fiabilidad de las máquinas, ya que cuando se realiza la mejora, se está buscando una máquina más confiable y adaptable a la operación que realiza.

El mantenimiento mejorativo debe ser regulado y adaptado a cada realidad industrial para poder identificar el área de prioridad. Uno de los motivos por el cual no es muy común de encontrar éste tipo de mantenimiento es por los costos y el tiempo que demanda realizar trabajos de ésta naturaleza.

2.5 Elementos eléctricos que posee la máquina extrusora

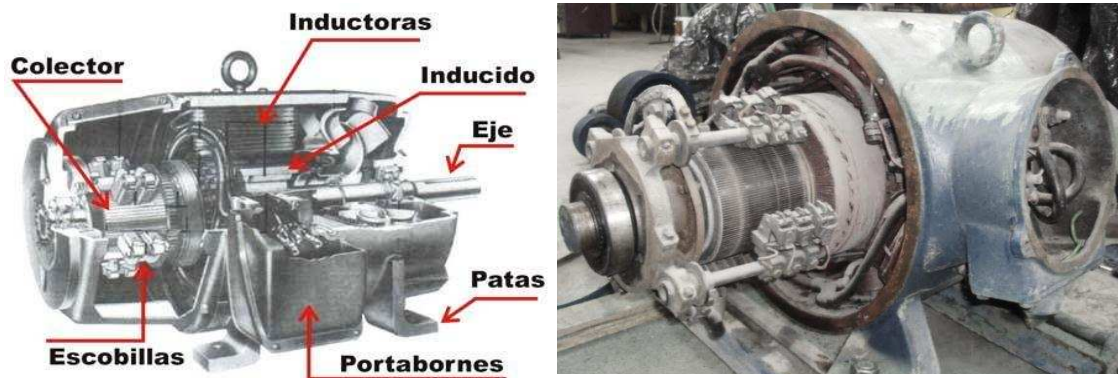
2.5.1 Motor principal de corriente continua (C.C.). La constitución del motor de C.C. es exactamente igual que la de un generador de corriente C.C. (dínamo). Esta máquina es reversible y, por lo tanto, puede funcionar indistintamente como motor o como generador.

Se necesitan de tres partes fundamentales para un correcto funcionamiento del motor de C.C., que son:

- a)** Un circuito que produzca el campo magnético (circuito inductor),
- b)** Un circuito que al ser recorrido por la corriente eléctrica desarrolle pares de fuerza que pongan en movimiento el rotor (circuito inducido), y ;
- c)** Un colector de delgas con escobillas.

En la siguiente figura se muestra, en corte y armado, el aspecto de un motor de corriente continua y sus partes constitutivas:

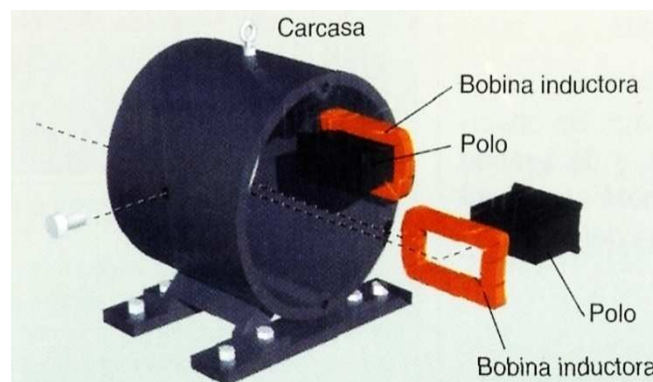
Figura 19. Motor de corriente continua



- **Estator.**-Consta de una envolvente de acero laminado o hierro forjado, llamado culata o yugo, donde se sitúa el circuito inductor y los núcleos correspondientes a los polos principales y en los que se arrolla el bobinado encargado de producir el campo magnético de excitación.

Aparte de los polos principales, también se suelen incorporar unas pequeñas piezas polares, con sus consiguientes devanados, conocidas por el nombre de polos auxiliares o de conmutación. Estos polos evitan los efectos perjudiciales producidos por la reacción del inducido.

Figura 20. Estator



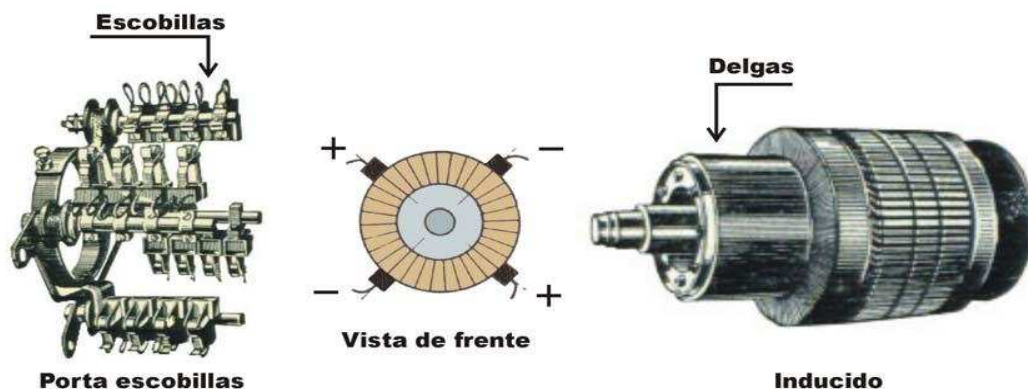
- **Rotor.**-Para que los pares de fuerza originados en los conductores del rotor, al ser recorridos por la corriente, sean aplicados de una forma uniforme en el rotor, los conductores se reparten uniformemente por el núcleo rotórico. El núcleo del circuito inducido se construye con una pieza cilíndrica formada con chapas magnéticas apiladas para evitar las pérdidas por histéresis y Foucault. A lo largo de este núcleo se practican ranuras para aislar los conductores del circuito inducido.

Figura 21. Inducido de corriente continua



- **Colector y escobillas.**- El colector consta de varias delgas de cobre electrolítico con el fin de poder conectara él los diferentes circuitos del inducido. Estas conexiones se llevan a cabo por soldadura blanda (estaño). Las delgas se aíslan entre sí por separadores de mica. Las escobillas transmiten la corriente al inducido a través de su frotamiento con el colector. Se suelen fabricar de carbón puro o de grafito y van montadas sobre un portaescobillas en los que se puede regular la presión.

Figura 22. Colector y portaescobillas



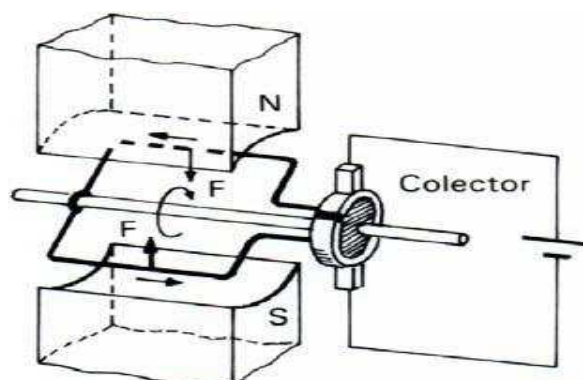
Para un correcto enclavamiento, las escobillas deben apoyarse sobre las delgas del colector con toda su superficie que a veces, es necesario lijarlas para conseguirlo y debido a la fricción que se somete a las escobillas, éstas poseen una vida limitada.

Una de las tareas de mantenimiento fundamentales de un motor de corriente continua es reponer las escobillas desgastadas y limpiar las delgas del colector.

2.5.1.1 Análisis del funcionamiento del motor principal. Como todos los motores eléctricos, su funcionamiento se basa en las fuerzas que aparecen en los conductores cuando son recorridos por corrientes eléctricas y a su vez, están sometidos a la acción de un campo magnético. Los polos magnéticos del imán, situados siempre en el estator, son los encargados de producir el campo magnético inductor. La espira, que se ha situado en el rotor, es recorrida por una corriente continua que se suministra a través de un anillo de cobre cortado por la mitad (colector de delgas).

Las dos mitades se aíslan eléctricamente y se sitúa sobre ellas unos contactos deslizantes de carbón (escobillas), de tal forma que la corriente aplicada por la fuente de alimentación pueda llegar a los conductores del rotor. En la siguiente figura se ha representado el aspecto de un motor de corriente continua elemental:

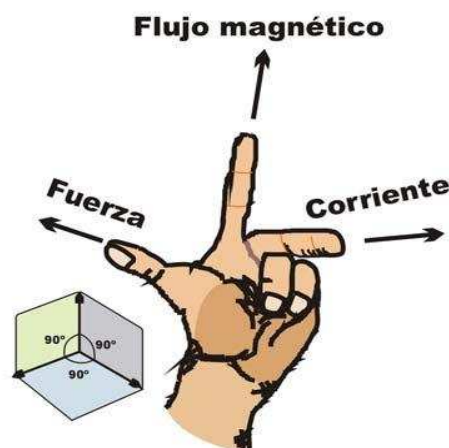
Figura 23. Funcionamiento del motor de C.C.



Como las corrientes que circulan por ambos lados de la espira son contrarias, al aplicarla *regla de la mano izquierda*, se comprueba que aparecen fuerzas también contrarias en cada lado activo de la espira, lo que determina un par de giro.

Para que el sentido de giro sea siempre el mismo, el par de fuerzas siempre deberá actuar en el mismo sentido.

Figura 24. Regla de la mano izquierda para motores



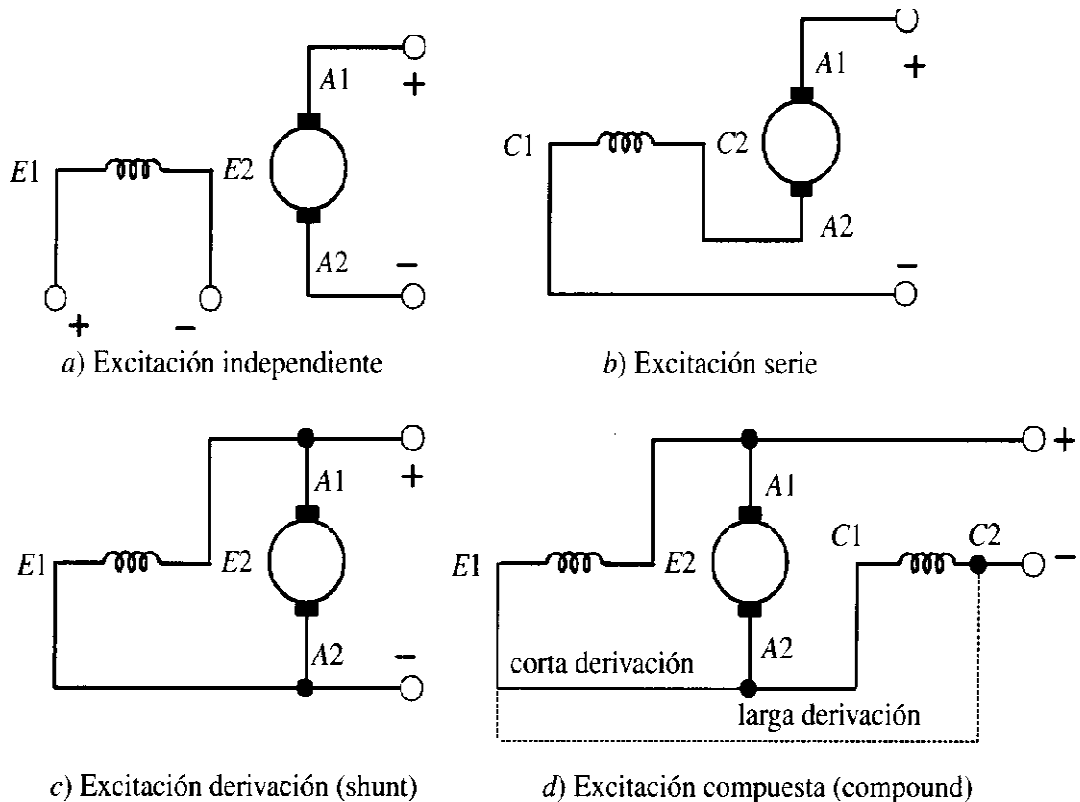
En el caso de que los conductores de la espira girasen hasta enfrentarse con el polo contrario, con el mismo sentido de corriente que en la anterior posición, la fuerza se invertiría de sentido y la espira no establecería nunca una revolución.

Con el colector de delgas se resuelve este problema, haciendo que la corriente siempre circule en el mismo sentido respecto al campo magnético ya que el colector actúa como un rectificador.

Para conseguir que el motor gire en uno o en otro sentido, hay que lograr invertir el sentido del par de fuerzas. Esto se consigue *invirtiendo el sentido de la corriente del rotor* y manteniendo el campo magnético inductor fijo.

2.5.1.2 Conexión del motor principal. Los diferentes tipos de motores de C.C. se clasifican de acuerdo al tipo de conexión o excitación tanto de las bobinas inductoras como de las inducidas, y es así que existen los siguientes tipos:

Figura 25. Tipos de excitación de las máquinas C.C.



2.5.2 Contactores. Un contactor es un elemento conductor gobernado a distancia de muchas maneras, que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de la corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina.

Para la selección de los contactores es necesario conocer los tipos de motores que posee la máquina y, es así que, en la máquina se tiene los siguientes tipos:

- **Motor de corriente continua (C.C.).-** Este motor se utiliza principalmente debido las excelentes posibilidades que tienen de regular su velocidad desde en vacío hasta plena carga en función a los requerimientos de la máquina y el proceso, pero con el inconveniente que son motores robustos, requieren de mucho mantenimiento y su costo es elevado.

- **Motor jaula de ardilla (M.A.J.A.).-** Por otra parte, los motores jaula de ardilla se caracterizan porque mecánicamente son sencillos de construir, requieren poco mantenimiento, son de bajo costo, por lo que son ampliamente utilizados en la industria; pero tienen inconvenientes ya que son motores que tienen bajos pares de arranque, que presentan una zona inestable de funcionamiento y que el control de velocidad en amplios rangos es complejo.

Los requerimientos fundamentales de los motores que posee la máquina (*ver ficha técnica de la máquina en el capítulo anterior*), son principalmente que pueda cumplir con por lo menos tres requisitos de utilización, éstos son:

- **Fuente de alimentación**

- Clase de corriente,
- Tensión de la red y de pilotaje de la bobina,
- Frecuencia, etc.

- **Exigencias de carga y condiciones de servicio**

- Potencia solicitada
- Intensidad nominal del motor y de arranque
- Velocidad
- Esfuerzos mecánicos
- Par de torque requeridos

- Ciclos de operaciones
- Fiabilidad, etc.
- **Condiciones ambientales:**
 - Agresividad
 - Peligrosidad
 - Temperatura
 - Altura, etc.

Figura 26. Motor principal de C.C. de la máquina extrusora



Figura 27. Motor ventilador del circuito rectificador



Figura 28. Motores jaula de ardilla auxiliares de la máquina extrusora



Los contactores adecuados se eligen de acuerdo con las necesidades del sistema que se desea controlar, es por ello que se seleccionó los siguientes:

Figura 29. Contactor Siemens K915III-8

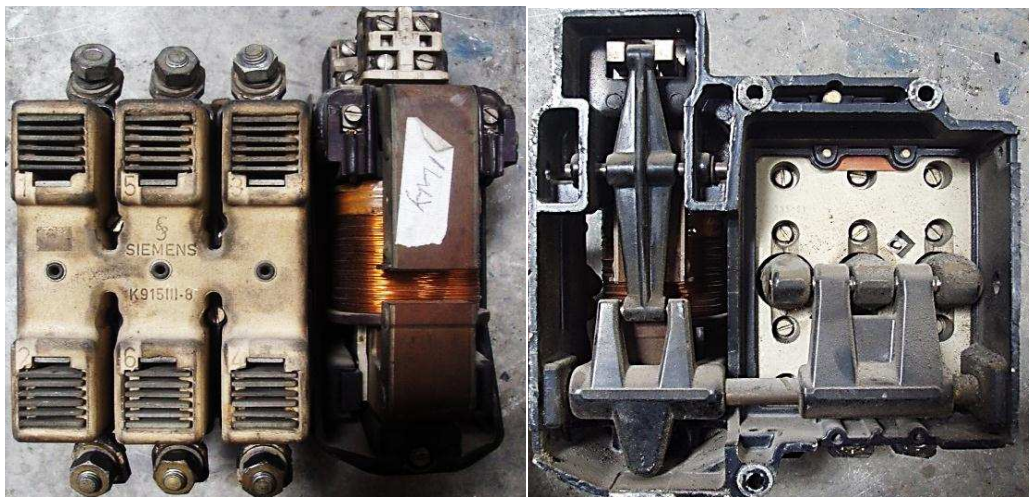


Figura 30. Contactores Schneider electric LC1D09. Categoría AC3

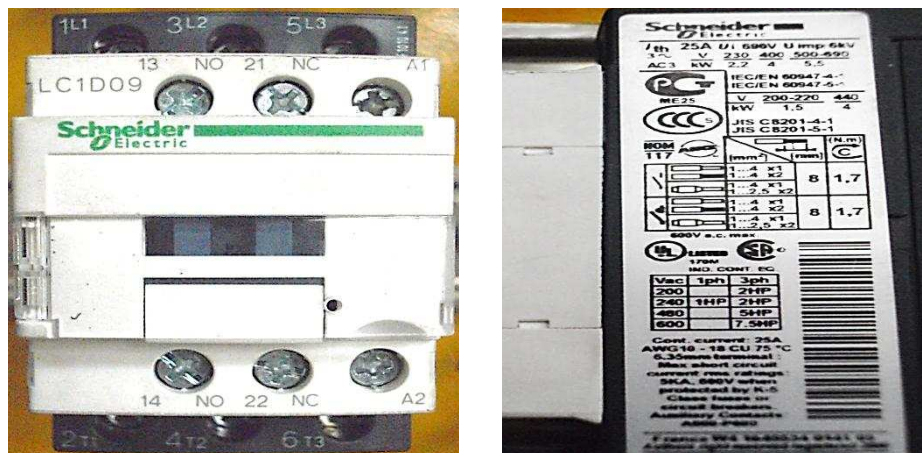


Figura 31. Contactores Telemecanique LC1-D253. Categoría AC3



La norma IEC 947-4 define distintos tipos de categorías de empleo que fijan los valores de la corriente a establecer o cortar mediante contactores. Es por ello que se ha seleccionado contactores de categoría AC3 ya que estos son los más utilizados en la industria.

- **Categoría AC3.**-Se refiere a los motores de jaula y el corte se realiza a motor lanzado. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil. El factor de potencia es típicamente 0,85 inductivo.

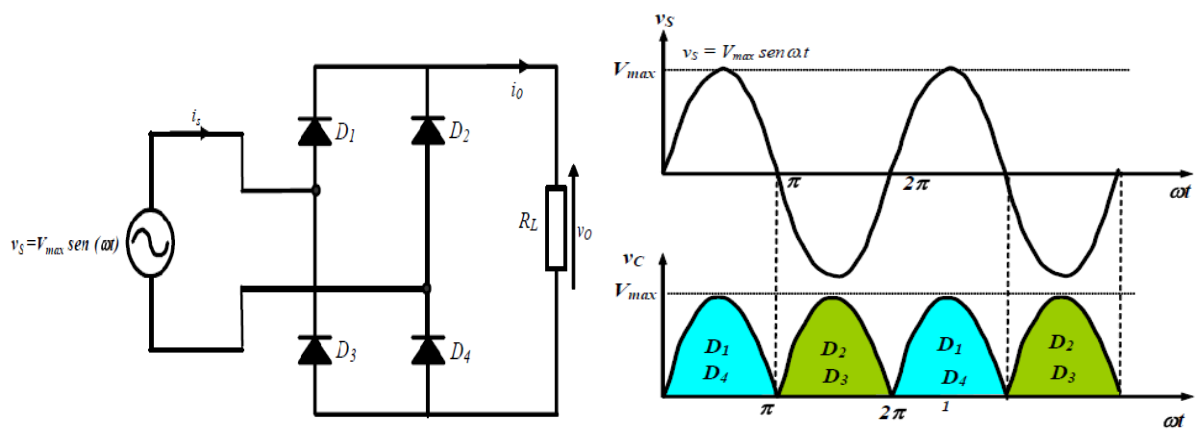
2.5.3 Puentes rectificadores. El puente rectificador es el que se encarga de convertir la tensión de alimentación de C.A. en C.C., para ello se utilizan diodos. Un diodo es un dispositivo que permite el paso de la corriente eléctrica en una sola dirección, es decir, conduce cuando la tensión de su ánodo es mayor que la de su cátodo.

En la máquina extrusora existen dos tipos de puentes rectificadores:

2.5.3.1 Puente rectificador monofásico de onda completa, conexión tipo puente. En este caso, para rectificar la onda completa, se utilizan 4 diodos, en una configuración denominada puente completo o puente de Graetz.

Recibe el nombre de puente rectificador, por estar formado por cuatro diodos conectados en puente y su principal ventaja es que no necesita transformador.

Figura 32. Circuito rectificador de onda completa tipo puente



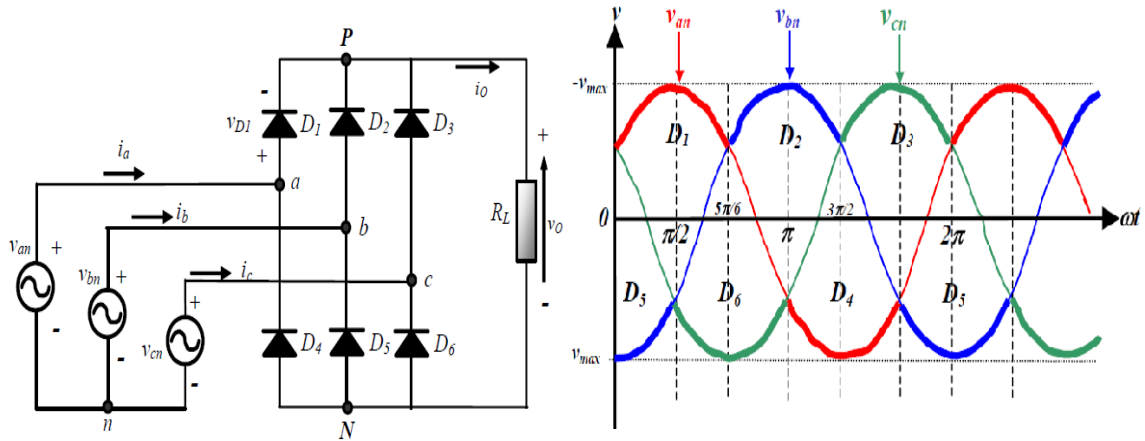
Nótese que en este caso, conducen siempre dos diodos simultáneamente. Si la tensión de entrada del rectificador es positiva (*semiciclo positivo*), conducirán D1 y D4, mientras que, D2 y D3 estarán polarizados inversamente, y por tanto, estarán bloqueados. Si por el contrario la tensión es negativa (*semiciclo negativo*), conducirán D2 y D3.

En general, para saber qué diodo puede conducir hay que analizar cuál de los cuatro tiene mayor tensión en su ánodo y cuál de ellos tiene menos tensión en su cátodo.

2.5.3.2 Puente rectificador trifásico, conexión tipo puente. Los rectificadores trifásicos se utilizan normalmente en la industria para producir tensiones y corrientes

continuas para grandes cargas. En la siguiente figura se muestra el rectificadortrifásico en puente completo.

Figura 33. Circuito rectificador trifásico conexión tipo puente



La ley de Kirchoff para las tensiones aplicadas al circuito muestra que sólo puede conducir un diodo a la vez en la mitad superior del puente (D1, D2 o D3). El diodo en estado de conducción tendrá su ánodo conectado a la tensión de fase de mayor valor en ese instante.

El D1 y D4 no podrán conducir al mismo tiempo, tampoco podrán conducir simultáneamente D2 y D5, ni D3 y D6. Cuando D1 y D5 conducen, la tensión de salida es V_{ab} ($V_{an} - V_{bn}$). Además la tensión de línea de mayor valor instantáneo determinará los diodos que estarán en conducción.

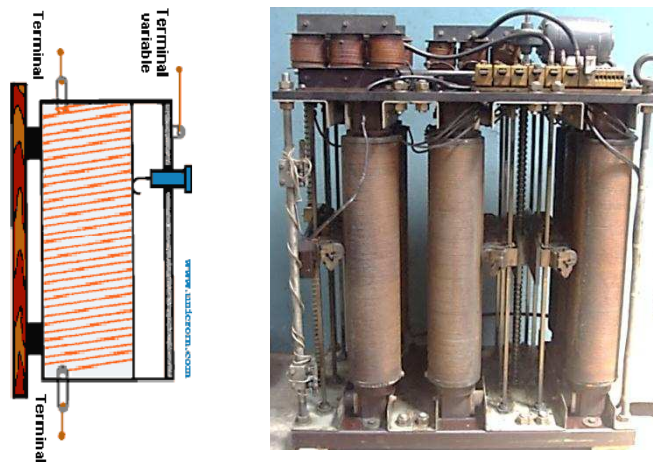
Existen seis combinaciones de tensiones de línea (tres fases combinadas de dos endos). Si consideramos que un período son 360° , la transición de la tensión de línea de mayor valor deberá producirse cada 60° ($360^\circ/6$).

2.5.4 Reóstato. El reóstato es una resistencia variable que se utiliza en tareas tales como el arranque de motores o cualquier tipo de trabajo que requiera variación de

resistencia en condiciones de elevada tensión o corriente. Los **potenciómetros** y los **reóstatos** se diferencian entre sí, entre otras cosas, por la forma en que se conectan.

En el caso de los *potenciómetros*, éstos se conectan en paralelo al circuito y se comporta como un [divisor de voltaje](#). Mientras que los *reóstatos* son conectados en serie con el circuito y se debe tener cuidado de que el valor de su resistencia y su potencia que pueda aguantar sea el adecuado para soportar la corriente que va a circular por él.

Figura 34. Esquema del reóstato de la máquina extrusora



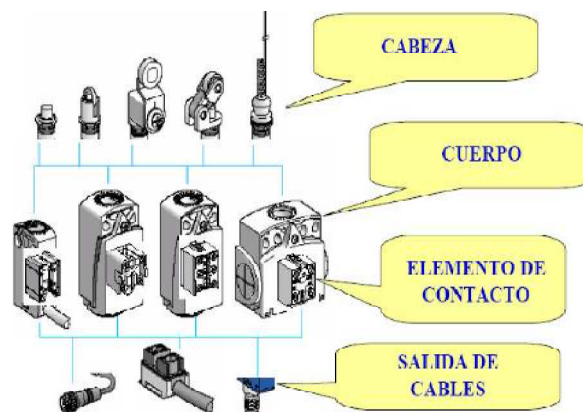
Como regla general se podría decir que: “Los *potenciómetros* se utilizan para variar niveles de voltaje y los *reóstatos* para variar niveles de corriente.”

2.5.5 Micro switch finales de carrera. Dentro de los componentes electrónicos, el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como “interruptor de límite”), son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), normalmente cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan

al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en el mercado.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. En nuestro caso tenemos micro switch finales de carrera de brazo con rodillo dispuestos en la parte superior y en la parte inferior de la resistencia del reóstato, éstos tienen la función de bloquear el control eléctrico para la seguridad de los sistemas mecánicos del reóstato y de la máquina.

Figura 35. Sensor final de carrera



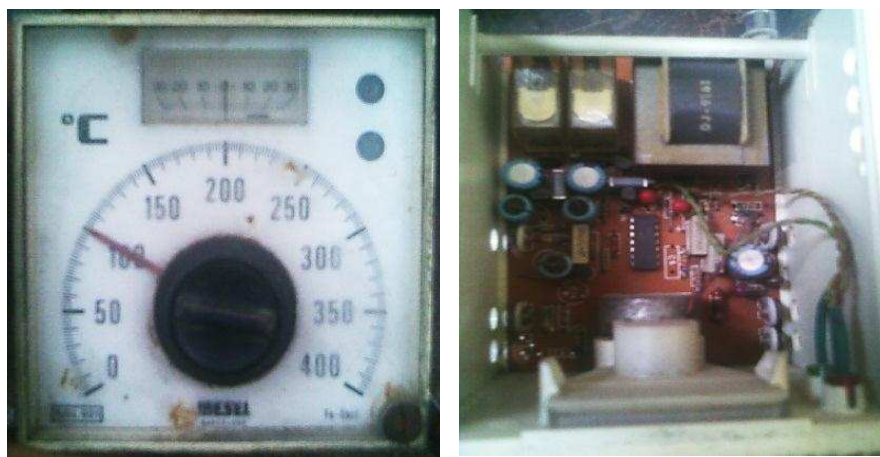
2.5.6 Controladores de temperatura. Un controlador de temperatura es, básicamente, un medidor al que se le agrega la posibilidad de fijar un "set" (*temperatura deseada*) y un circuito que compara la diferencia entre la temperatura real y la deseada, actuando en consecuencia para habilitar o no la calefacción o refrigeración que llevará la temperatura hasta niveles iguales al deseado de tal forma que, al hacerse cero la diferencia entre ambas temperaturas, la calefacción o refrigeración cesen.

En este caso se usa para controlar la temperatura de las resistencias ubicadas en la camisa del tornillo extrusor, que son calentadas en cada una de sus etapas cuya

temperatura se las controla mediante sensores de temperatura que en este caso son termocuplas tipo “J”.

El proceso de medición de temperatura parte de la señal generada por la termocupla, que está en contacto con la temperatura que se desea medir y cuya salida (tensión, corriente, variación de resistencia) guarda relación con la magnitud de la temperatura medida.

Figura 36. Controlador de temperatura analógico.



2.5.7 Seccionador. El seccionador es un aparato mecánico de conexión, que en posición abierta cumple las prescripciones especificadas para la función de seccionamiento (norma IEC 947-3). Sus principales elementos son un bloque tripolar o tetrapolar, uno o dos contactos auxiliares de precorte y un dispositivo demandado lateral o frontal que permita cerrar y abrir los polos manualmente.

La velocidad de cierre y de apertura depende de la rapidez de accionamiento del operario (maniobra manual dependiente). Por tanto, el seccionador es un aparato de “ruptura lenta” que nunca debe utilizarse con carga. La corriente del circuito debe cortarse

previamente con un aparato de conmutación previsto a tal efecto (normalmente un contactor).

Figura 37. Seccionador



2.5.8 Fusibles. Los fusibles proporcionan una protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido. Se pueden montar de dos maneras:

- En unos soportes específicos llamados portafusibles.
- En los seccionadores, en lugar de los casquillos o las barretas.

Se dividen en dos categorías:

a) Fusibles “distribución” tipo gG.- Protegen a la vez contra los cortocircuitos y contra las sobrecargas a los circuitos con picos de corriente poco elevados (ejemplo: circuitos resistivos). Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

b) Fusibles “motor” tipo aM.- Protegen contra los cortocircuitos a los circuitos sometidos a picos de corriente elevados (picos magnetizantes en la puesta bajo tensión de los primarios de transformadores o electroimanes, picos de arranque de motores

asíncronos, etc.). Las características de fusión de los fusibles aM “dejan pasar” las sobreintensidades, pero no ofrecen ninguna protección contra las sobrecargas. En caso de que también sea necesario este tipo de protección, debe emplearse otro dispositivo (por ejemplo, un relé térmico).

Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

Figura 38. Fusibles y portafusibles siemens



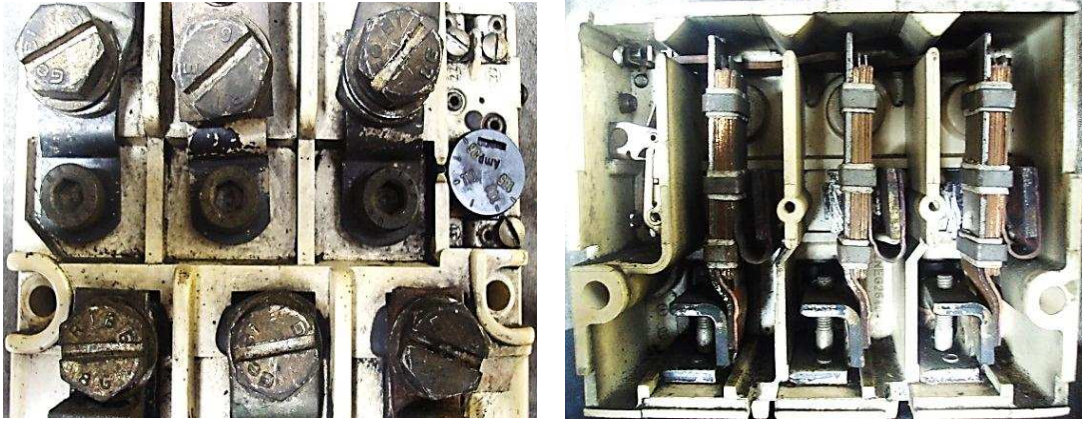
2.5.9 Guardamotor. El guardamotor es un dispositivo magneto-térmico que se utiliza para proteger térmicamente los sistemas eléctricos de máquinas especialmente los motores eléctricos.

Las características principales de los guardamotors, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores.

Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos, pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

Figura 39. Guardamotor Siemens 250A



2.5.10 Relés térmicos bimetálicos. Los relés térmicos de biláminas son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o en corriente continua.

Sus características más habituales son:

- Tripolares.
- Compensados, es decir, insensibles a los cambios de la temperatura ambiente.
- Sensibles a una pérdida de fase, por lo que evitan el funcionamiento monofásico del motor.
- Rearme automático o manual.
- Graduación en “amperios-motor”: visualización directa en el relé de la corriente indicada en la placa de características del motor.

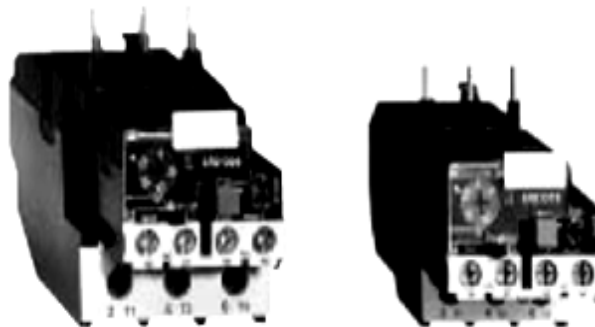
Principio de funcionamiento de los relés térmicos tripolares.- Los relés térmicos tripolares poseen tres biláminas compuestas cada una por dos metales con coeficientes

dedilatación muy diferentes unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento. Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor.

Si la corriente absorbida por el receptor supera el valor de reglaje del relé, las bilaminas se deformarán bastante como para que la pieza a la que están unidas las partes móviles de los contactos se libere del tope de sujeción.

Este movimiento causa la apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y el cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las bilaminas.

Figura 40. Relé térmico bimetálico tripolar Telemecanique LR2-D



2.5.11 Disyuntores. Un disyuntor o interruptor automático magneto-térmico es un aparato parecido a un bombillo automático capaz de abrir un circuito magnético cuando la intensidad que por él circula excede de un determinado valor, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo (o desactivación automática).

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- **Calibre o corriente nominal:** Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo.
- **Voltaje máximo de trabajo:** Tensión con el cual funcionará el dispositivo.
- **Poder de corte:** Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arco voltaico, fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.
- **Poder de cierre:** Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo en el momento de cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- **Numero de polos:** Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático.
- **Autoprotección:** Es la aptitud que posee un aparato para limitar la corriente de cortocircuito con un valor inferior a su propio poder de corte, gracias a su impedancia interna.

También es usada con relativa frecuencia, aunque no de forma completamente correcta, la palabra relé o “breaker” para referirse a estos dispositivos, en especial a los dispositivos térmicos.

Los disyuntores están formados internamente por una parte térmica y otra magnética, es decir:

- **Parte térmica:** Está compuesta por un bimetálico, que cuando se calienta se va dilatando y permite que el interruptor se cierre automáticamente. Detecta principalmente las fallas de sobrecarga.

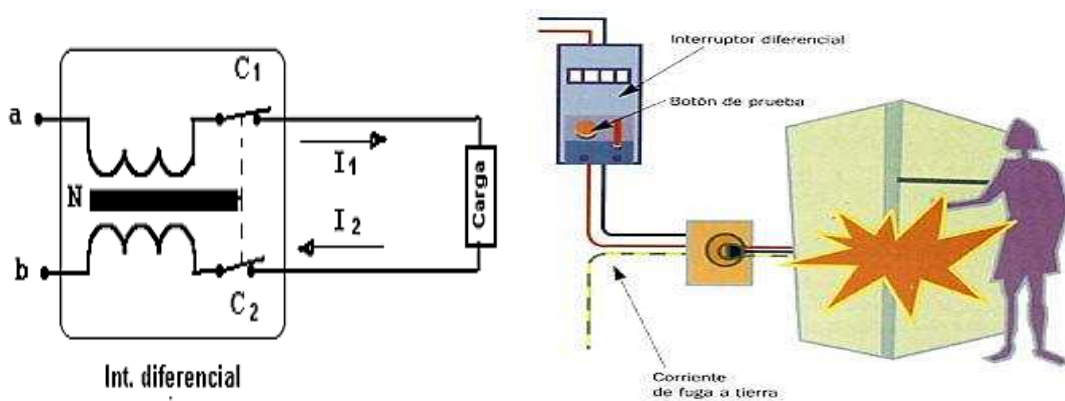
- **Parte magnética:** Está compuesta por una bobina que detecta las fallas de cortocircuito que puede haber en un circuito eléctrico.

Figura 41. Disyuntores General Electric C-32



2.5.12 Interruptores diferenciales. El interruptor diferencial es un aparato o dispositivo electromecánico cuya misión es desconectar una red de distribución eléctrica, cuando alguna de sus fases se pone a tierra con el fin de proteger a las personas por falta de aislamiento de conductores bien sea directamente o a través de humedades generalmente.

Figura 42. Funcionamiento del interruptor diferencial



El interruptor diferencial se activa al detectar una corriente de defecto I_d , que sea superior a su umbral de sensibilidad I_s .

La protección diferencial está basada en la primera Ley de Kirchoff, esto hace que cuando se produce la derivación a tierra de una fase, exista un desequilibrio entre la suma geométrica de las intensidades de la red; este desequilibrio, que es precisamente la corriente de defecto **I_d** , es lo que detecta el interruptor diferencial, provocando a continuación la desconexión de la red defectuosa.

Los interruptores diferenciales más empleados domésticamente y en instalaciones de poca potencia se suelen fabricar compactos y para intensidades nominales de entre 5 y 125 A, suelen tener dos tipos de sensibilidad fija que son:

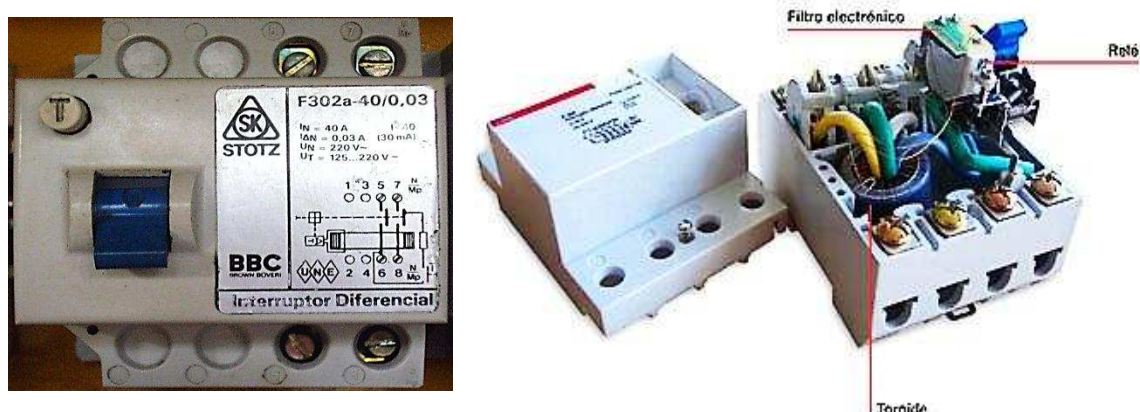
- Interruptores de media sensibilidad..... **$I_s = 0,3 \text{ A} = 300 \text{ mA}$**
- Interruptores de alta sensibilidad..... **$I_s = 0,03 \text{ A} = 30 \text{ mA}$**

La **sensibilidad** es el valor que aparece en catálogo y que identifica al modelo, sirve para diferenciar el valor de la corriente a la que se quiere que "salte" el diferencial, es decir, valor de corriente que si se alcanza en la instalación, ésta se desconectará.

El tipo de interruptor diferencial que se usa en las industrias y especialmente en los tableros de control eléctrico es de alta sensibilidad (30 mA) o de muy alta sensibilidad (10 mA), ya que son los que quedan por debajo del límite considerado peligroso para el cuerpo humano. La sensibilidad en un interruptor diferencial, viene marcada como **0,03A**.

En esencia, el interruptor diferencial consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen [campos magnéticos](#) opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos.

Figura 43. Partes del interruptor diferencial F302a-40/0,03



2.6 Elementos mecánicos que posee la máquina extrusora

2.6.1 Tren de engranajes. El engranaje es un sistema compuesto por ruedas dentadas cuya combinación transmite el movimiento de giro que se relacionan entre dos ejes, de manera que el movimiento de uno de ellos (*eje conductor o motriz*) se transmite al otro (*eje conducido o receptor*) de acuerdo a cierta relación de velocidad prevista.

Como todo elemento técnico el primer fallo que puede tener un engranaje es que no haya sido calculado con los parámetros dimensionales y de resistencia adecuada, con lo cual no es capaz de soportar el esfuerzo al que está sometido y se deteriora o rompe con rapidez.

El segundo fallo que puede tener un engranaje es que el material con el que ha sido fabricado no reúne las especificaciones técnicas adecuadas, principalmente las de resistencia y tenacidad.

También puede ser causa de deterioro o rotura si el engranaje no se ha fabricado con las cotas y tolerancias requeridas o no ha sido montado y ajustado en la forma adecuada.

El tercer fallo y el más importante que puede originar el deterioro prematuro de un engranaje es cuando no se le haya efectuado el mantenimiento adecuado con los lubricantes que le sean propios de acuerdo a las condiciones y características de funcionamiento que tenga.

2.6.1.1 Identificación de los engranajes. Los engranajes que utiliza la máquina extrusora son del tipo cilíndricos de dientes helicoidales que transmiten el movimiento por medio de ejes rectos.

Con los engranajes helicoidales, se tiene una marcha silenciosa, particularmente a elevadas velocidades, para las cuáles son insustituibles, al mismo tiempo que puede conseguirse, a igualdad de dimensiones exteriores de los rectos, una mayor capacidad de carga. Estos engranajes tienen la ventaja de transmitir más potencia que los rectos, y también pueden transmitir más velocidad, ya que son más silenciosos y más duraderos; además, pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten.

El único inconveniente que presentan es el empuje axial que originan, pero ello puede ser fácilmente contrarrestado con el empleo de cojinetes apropiados como son los de rodillos o barriles a rótula, o, si éstos no pueden emplearse, esta desventaja se la puede corregir usando los engranajes dobles helicoidales.

2.6.1.2 Inspección, limpieza y lubricación de los engranajes. La inspección se realizó con el fin de revisar minuciosamente cada engranaje para detectar fisuras tanto en la rueda como en los dientes puesto que se deterioran por un sobre esfuerzo que ha realizado el mecanismo superando los límites de resistencia. Las actividades de inspección que se realizan en los engranajes son:

- Revisión del calor generado, (señales de calentamiento).
- Fallo de los dientes por sobreesfuerzo, (rotura, rayado, etc.)
- Fallo por fatiga de la superficie de los dientes, (lubricación deficiente y dureza inadecuada)
- Ruido como resultante de vibraciones a altas velocidades y cargas fuertes.

Los principales deterioros o fallas que surgen en los engranajes están relacionados con problemas existentes en los dientes, en el eje, o en una combinación de ambos.

Las fallas relacionadas con los dientes pueden tener su origen en sobrecargas, desgastes y grietas, y las fallas relacionadas con el eje pueden deberse a la desalineación o desequilibrado del mismo produciendo ruidos y vibraciones.

La eficiencia con la cual un engranaje opera, depende solo de la forma en la cual ellos son usados, sino también del lubricante que les sea aplicado ya que los engranajes transmiten potencia.

La principal función de un lubricante es reducir la fricción entre los dientes del engranaje cuyo grosor permita una óptima operación y de esta forma disminuir cualquier desgaste resultante.

La selección del tipo de lubricante se la realiza basándose en los siguientes factores:

- **Viscosidad:** Cuando la velocidad es alta, el aceite debe ser delgado y viceversa; y si es baja, se debe utilizar un aceite de alta viscosidad.
- **Carga:** Para cargas ligeras la viscosidad del aceite debe ser baja y viceversa.

- **Temperatura:** Es el factor que más afecta la viscosidad del aceite y se deben emplear aceites de alta viscosidad para altas temperaturas y de baja viscosidad para temperaturas bajas.
- **Condiciones de operación:** De acuerdo con las condiciones de operación, cada máquina requiere una lubricación en particular.
- **Condiciones físicas:** En una máquina pueden existir elementos físicamente iguales, pero que pueden estar sometidos a condiciones de operación diferentes, requiriéndose por lo tanto, lubricantes que cumplan con cada caso específico.
- **Condiciones químicas:** El lubricante seleccionado debe contar con las características físico-químicas necesarias para su correcto funcionamiento.

El primer indicador del lubricante a utilizar en un determinado equipo debe ser siempre la recomendación del fabricante que lo ha diseñado y conoce sus necesidades.

La elección de la adecuada viscosidad para un sistema de engranajes de dientes rectos helicoidales es dependiente de la potencia expresada en KW o HP reducciones múltiples o simples velocidad expresada en rpm, y el tipo de lubricación (circulación o salpicado).

2.6.2 Rodamientos. Los rodamientos o también denominados “rulimánes, cojinetes o baleros”, son elementos mecánicos que reducen la [fricción](#) entre un [eje](#) y las piezas conectadas a éste, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

Para que un rodamiento funcione de un modo fiable, es indispensable que esté adecuadamente lubricado al objeto de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas, evitando también el desgaste y protegiendo las superficies del rodamiento contra la corrosión; por tanto, la elección del

lubricante y el método de lubricación adecuados, así como un correcto mantenimiento, son cuestiones de gran importancia.

Para realizar el mantenimiento de los rodamientos es conveniente en ejecutar los siguientes procedimientos:

2.6.2.1 Identificación de los rodamientos. El número y código de identificación de rodamientos indica su diseño, dimensiones, precisión, construcción interna, entre otros conceptos. Este número se deriva a su vez de una serie de números y códigos de letras, y es compuesto de tres grupos principales de códigos; por ejemplo dos códigos suplementarios y un código numérico básico, según sea su fabricante.

El número básico indica información general, tales como el diseño del rodamiento y dimensiones principales y está compuesto por el código de serie del rodamiento, el número del diámetro interior, por el código del ángulo de contacto (*Ver anexo 5*).

Los rodamientos en general se fabrican en dimensiones métricas y sus cotas más comunes son: diámetro interior, diámetro exterior, ancho y radios.

En este caso los tipos de rodamientos que poseen la máquina extrusora son los rodamientos de bolas ubicados en los ejes de todos los motores, los rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de rodillos a rótula que se encuentran ubicados en la caja reductora de velocidad.

- **Rodamientos rígidos de bolas:** Estos rodamientos son de uso general, ya que pueden absorber cargas radiales y axiales en ambos sentidos, así como las fuerzas resultantes de estas cargas combinadas; a su vez, pueden operar a elevadas velocidades. Estos

rodamientos no son desmontables ni auto alineables, por lo que requieren una perfecta alineación del asiento del soporte.

Se fabrican rodamientos pre lubricados con tapas de obturación que impiden la entrada de elementos extraños y previenen la salida de la grasa. El sello de estos rodamientos consiste en un anillo de caucho sintético moldeado a una platina de acero, incorporado al anillo exterior.

Figura 44. Rodamiento rígido de bolas



- **Rodamientos de rodillos cilíndricos:** Estos rodamientos son desmontables, lo cual, facilita el montaje y desmontaje en su alojamiento. Dado que los rodillos hacen contacto lineal con las pistas de rodadura, pueden soportar grandes cargas radiales, siendo baja su capacidad de carga axial.

Los rodillos pueden ser guiados por los rebordes del anillo exterior o del anillo interior. Existen rodamientos de rodillos cilíndricos con rebordes en los dos anillos, por lo que pueden ser cargados con cargas radiales y axiales combinadas.

También se construyen rodamientos de rodillos cilíndricos con doble hilera de rodillos.

Figura 45. Rodamiento de rodillos cilíndricos



- **Rodamientos de rodillos a rótula:** Están constituidos por dos hileras de rodillos en forma de tonel. Al igual que los rodamientos de bolas arótulas, la pista de rodadura del anillo exterior forma una superficie esférica común para las dos hileras de rodillos; por su parte, el anillo interior tiene dos pistas de rodadura, una para cada hilera de rodillos, separadas por un borde central para guiar los rodillos.

De esta forma, el anillo interior junto con los rodillos y la jaula porta rodillos, pueden oscilar libremente sobre el anillo exterior, adaptándose automáticamente a un posible desalineamiento que pudiera presentar el árbol.

Figura 46. Rodamiento de rodillos a rótula



2.6.2.2 Inspección y limpieza de los rodamientos. Si se puede vigilar el estado del rodamiento durante el servicio, por ejemplo escuchando el rumor del mismo en funcionamiento y midiendo la temperatura o examinando el lubricante, normalmente es suficiente con limpiarlo e inspeccionarlo a fondo una vez al año (aros, jaula, elementos rodantes) junto con las demás piezas anexas al rodamiento.

2.6.2.3 Cuidados en el montaje y desmontaje de los rodamientos. Los rodamientos son muy susceptibles a cargas de impacto y de choque. Los rodamientos soportan la carga en un área de contacto muy pequeña, localizada entre los elementos rodantes y las superficies de las pistas del anillo interior y exterior.

Si se aplica una carga excesiva o de impacto a esta pequeña área de contacto, se producirán abolladuras y/o marcas que provocarán niveles de ruido, vibraciones y una rotación inapropiada. (Aun el dejar caer el rodamiento en el piso, ocasionará este tipo de daños).

Los rodamientos son muy susceptibles a la contaminación por partículas extrañas, si las partículas se filtran en el interior del rodamiento durante el funcionamiento, se producirán abolladuras y/o marcas que darán como resultado una mala rotación del rodamiento y un ruido excesivo.

Como norma general, no se recomienda la reutilización de los rodamientos dañados o de un rodamiento que estaba montado en un ajuste apretado en el eje y que se desmonta aplicándole fuerza al anillo exterior.

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LA MÁQUINA

3.1 Análisis general del estado actual de la máquina extrusora.

El análisis y evaluación del estado técnico actual de la máquina fue el punto de partida para conocer sobre los servicios y aplicaciones que serán utilizados para ejecutar las actividades de mantenimiento mejorativo y repotenciación de la máquina extrusora.

El primer paso fundamental del mantenimiento, es conocer los datos y características para saber sobre las especificaciones que posee, sea cual sea el equipo o máquina, la cantidad de datos a considerar es ilimitada, por lo que fue necesario hacer una selección de los datos que más interesan desde el punto de vista de su mantenimiento (*los datos deberán recopilarse en fichas individuales para cada equipo o máquina*).

Generalmente estos datos son visibles fácilmente porque se encuentran dispuestos en placas que van sujetos a motores y bancadas de las máquinas.

En este caso, al no disponer de ninguna información técnica del fabricante, ningún historial de averías y solo contar con ciertos datos fundamentales de la máquina que se ha podido recopilar, se procedió a la determinación del estado técnico de la máquina extrusora, para lo cual se ha realizado un análisis minucioso en todas las partes fundamentales que posee la máquina.

El procedimiento que se realizó para determinar el estado técnico de la máquina extrusora se detallada a continuación:

3.1.1 Ficha técnica de datos y características de la máquina. La primera tarea a realizar fue la confección de una ficha técnica de datos y características debido a la información que contiene, ya que son de mucha utilidad en momentos de toma de decisiones, consultas sobre cualquier dato técnico exclusivo de la máquina e incluso sobre la posibilidad de ser intercambiada por otra de mayor prestación.

La ficha contiene la siguiente información:

- **ENCABEZADO.**
 - Nombre de la empresa.
 - Nombre del equipo.
 - Código y su respectiva descripción.
 - Fotografía del equipo.
- **DATOS DE FABRICACIÓN Y ADQUISICIÓN. (Datos de placa).**
 - Fabricante.
 - Año.
 - País productor.
 - Modelo.
 - Serie.
 - Fecha de adquisición.
 - Valor de adquisición.
- **DATOS GENERALES.**
 - **DIMENSIONES DEL EQUIPO.**
 - Descripción.
 - Medidas (con sus respectivas unidades).
 - Otros.

- **ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS**
 - Energía requerida.
 - Potencia instalada
 - Parámetros de funcionamiento, etc.
 - Componentes de seguridad.
 - Necesidades.
- **COMPONENTES Y ACCESORIOS (Datos de placa)**
 - Motores.
 - Reóstato
 - Circuito rectificador.
 - Sistemas de transmisión
 - Tren de engranajes y conjunto banda-polea, etc.
 - Sistema de calentamiento.
 - Sistema de enfriamiento o ventilación.

Tabla 4. Ficha técnica de datos y características de la máquina extrusora de polietilenos

| <i>Eduplastic</i> | | | |  | | |
|---|---------------------------|----------------------------|-------------|--|--|--|
| EQUIPO | Extrusora de polietilenos | | | FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO:  | | |
| CÓDIGO TÉCNICO | E-PRO-EXT-BA03 | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO | | | | | | |
| E: | Eduplastic | EXT: | Extrusión | | | |
| PRO: | Producción | BA03: | Barmag # 03 | | | |
| DATOS DE FABRICACIÓN Y ADQUISICIÓN | | | | | | |
| Fabricante: | BarmerMaschine nfabrik | País Productor: | Alemania | | | |
| Modelo: | 50/2999 | Serie: | 21003 | | | |
| Tipo: | 2Y | Año: | 1969 | | | |
| Fecha Adqui.: | 2010-02 | Valor Adqui. | ----- | | | |

| DATOS GENERALES | | | | | |
|--|---------|---|---------|---|----------------|
| DIMENSIONES DEL EQUIPO | | DIMENSIONES DEL TABLERO DE CONTROL | | OTROS | |
| Largo Total: | 3100 mm | Largo Total: | 1300 mm | Peso: | 2000 Kg aprox. |
| Ancho Total: | 1950 mm | Ancho Total: | 555 mm | Vibración: | Leve |
| Altura Total: | 1800 mm | Altura Total: | 1850 mm | Criticidad: | Critico |
| ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ENERGÍA Energía de alimentación principal 220 V y 440 V de C.A., 3 fases, 60Hz. Energía de control 220 V (CA), 2líneas, 60 Hz. Energía de potencia 220 V (CD) fijos y 440 V (CD) variables, 60Hz. • POTENCIA Potencia instalada de 31,68 kW en las resistencias del sistema camisa-tornillo extrusor. Potencia instalada de 3,52 kW en las resistencias de la boquilla de salida del material. Potencia variable de 10,6 kW a 53 kW en el funcionamiento del motor principal. • CAUDAL DE PRODUCCIÓN El caudal máximo de producción es de 60 Kg/h. • SISTEMA DE CALENTAMIENTO Posee 4 zonas de calentamiento en total. Las 3 zonas corresponden al sistema tornillo-camisa y 1 zona corresponde al filtro de salida. Cada una de las zonas de calentamiento es controlada por una termocupla tipo J. Las 3 zonas tienen 6 resistencias cada una, resultando un total de 18 y la otra zona tiene 2. Cada resistencia de las 3 zonas tiene un diámetro de 160 mm y consume 1,76 kW a 220 V. Las 4 zonas son maniobradas por controladores de temperatura analógicos y un microswitch ON-OFF para su activación y desactivación. • SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Las 3 zonas del sistema tornillo-camisa de la extrusora son enfriadas cada una por un ventilador. La última zona no posee ventilador puesto que las 2 resistencias están ubicadas en la boquilla de salida del tornillo extrusor. • SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Los sistemas de transmisión que posee son: por medio de un acoplamiento de banda-polea a la salida del motor y el sistema o tren de engranes en la caja reductora de velocidad. La polea mayor mide 320 mm de diámetro exterior, y 55 mm de diámetro interior y la polea menor mide 180 mm de diámetro exterior, y 55 mm de diámetro interior con 5 canales cada una. La relación de transmisión (Ratio) de este sistema es de: 1,78:1 El sistema de engranajes está constituido por un tren de 4 engranajes cilíndricos helicoidales. El engrane conductor posee 22 dientes, el engrane intermediario 1 posee 93 dientes, el engrane intermediario 2 posee 23 dientes y el engrane conducido posee 98 dientes. La relación de transmisión (Ratio) de la caja reductora es de: 17:1 | | | | | |
| COMPONENTES DE SEGURIDAD /MANTENIMIENTO | | | | NECESIDADES | |
| Pulsador de parada de emergencia. Pulsador de paro y marcha general de la máquina. Pulsadores de regulación de velocidad del motor principal. Seccionadores de alimentación de energía a los circuitos de control. Tapas de la máquina aisladas con lana de vidrio para controlar la disipación del calor generado por las resistencias. Interruptores diferenciales para controlar fugas de corriente. Fácil acceso a las zonas donde están ubicadas las resistencias para su cambio y/o mantenimiento. | | | | Cambiar el motor de CD por una de CA de alto rendimiento. Instalar un variador de frecuencia (driver), una vez adquirido el motor. Colocar controladores de temperatura digitales para una mejor visualización. | |

| COMPONENTES Y ACCESORIOS | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-------------|-------------------|--|
| MOTORES | | | | | | | | | | |
| Descripción | kW | V | A | RPM | Marca | Serie | Modelo | Rodamientos | | |
| | | | | | | | | Trasero | Frontal | |
| Motor Principal (Mp) | 10,6 / 53 | 88 / 440 CD | 138 | 500 / 2500 | Conz | G20972 4/1 | GMOT | 6311 EC | 3nu14EC NU 314ECP | |
| Motor Ventilador del Mp | 0,9 | 220 / 380 CA | 3,10 | 3350 | Conz | 5236 77 | 11NF 80 | 6204 C3 | 6204 C3 | |
| Motor del Reóstato | 0,075 | 380 / 220 CA | 0,52 | 1380 | Groscho ppu. | 4640640 | DM9060 | 629 FP | 629 FP | |
| Motor del Puente Rectificador | | 220 / 254 CA | 0,43 / 0,52 | | Siemens | 6771 | 2CK1152/ Z169 | ----- | ----- | |
| Motor del sistema de ventilación # 1 | 0,18 | 220 / 380 | 0,92 / 0,53 | 2740 | Siemens | VDE053 0 | 1LA3 060-2AA22 | 6001 2RS | 6001 2RS | |
| Motor del sistema de ventilación # 2 | 0,18 | 220 / 380 | 0,92 / 0,53 | 2740 | Siemens | VDE053 0 | 1LA3 060-2AA22 | 6001 2RS | 6001 2RS | |
| Motor del sistema de ventilación # 3 | 0,33 | 380 / 220 | 0,90 / 1,50 | 2750 | Asea Ces | 168901 | 168901 | 6203-2Z | 6203-2Z | |
| REÓSTATO (VARIADOR DE VELOCIDAD) | | | | | | | | | | |
| TIPO (Typ): | | | DRTEMO | | N°: | | X10634 | | | |
| ENERGÍA (Neen-Leistg): | | | 3 x 0-30000 VA | | | | | | | |
| TENSIÓN DE RED (Netzspg): | | | 3 x 380 V | | CORRIENTE: | | | | | |
| TENSIÓN NOMINAL (Nennspg): | | | 3 x 0 – 380 V | | CORRIENTE: | | | 3 x 136 A | | |
| FRECUENCIA: | | | 50 / 60 Hz | | PROTECCIÓN (Schutzart): | | | P 00 | | |
| CIRCUITO RECTIFICADOR | | | | | | | | | | |
| FABRICANTE: | | | Siemens | | | PAÍS: | | Alemania | | |
| MODELO (Ausführg): | | | 4 AM – 116 661-9010 T | | | N°: | | 303 846 | | |
| TIPO (Typ): | | | SSI 6 H 02 L – DB 380 / 500 – 250 F | | | | | | | |
| RECEPCIÓN (Aufnahme): | | | D 380 | | V 205 | | A 50 | | Hz | |
| ENTREGA (Abgabe): | | | 500 | | V 250 | | A | | | |
| CONDUCCIONCORR (Belast. Art.): | | | MODO DE OPERACIÓN (Betriebsart): | | | | | DB | | |
| VENTILACIÓN (Kühlung): | | | TEMPERATURA (Kühlmittelt): | | | | | 40 °C | | |
| SISTEMAS DE TRANSMISIÓN | | | | | | | | | | |
| CAJA REDUCTORA DE VELOCIDAD | | | | | | | | | | |
| ENGRANAJE CONDUCTOR | | ENGRANAJE INTERMEDIARIO 1 | | ENGRANAJE INTERMEDIARIO 2 | | ENGRANAJE CONDUCIDO | | | | |
| N° dientes (z): | 22 | N° dientes (z): | 93 | N° dientes (z): | 23 | N° dientes (z): | 98 | | | |
| Ø primitivo: | 76 mm | Ø primitivo: | 292,5 mm | Ø primitivo: | 79 mm | Ø primitivo: | 460 mm | | | |
| Módulo (m): (m= Ø/z) | 3,45 | Módulo (m): (m= Ø/z) | 3,15 | Módulo (m): (m= Ø/z) | 3,43 | Módulo (m): (m= Ø/z) | 4,7 | | | |
| Longitud del diente: | 140 mm | Longitud del diente: | 80 mm | Longitud del diente: | 130 mm | Longitud del diente: | 120 mm | | | |
| Addendum: | 0,98 mm | Addendum: | 2 mm | Addendum: | 3 mm | Addendum: | 3 mm | | | |
| Dedendum: | 2 mm | Dedendum: | 5,5 mm | Dedendum: | 8 mm | Dedendum: | 8 mm | | | |
| Paso diente: | 11 mm | Paso diente: | 10 mm | Paso diente: | 11 mm | Paso diente: | 15 mm | | | |
| Ancho de cara: | 138 mm | Ancho de cara: | 78 mm | Ancho de cara: | 128 mm | Ancho de cara: | 116 mm | | | |
| Rodamiento: | 3nu12EC 1 D (SKF) | | Rodamiento | 22317 CC/W3G | | Rodamiento: | 29434E(FAG) | | | |

| | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------|---|-----------------------|------------------|
| Rodamiento: | 22312CC C (SKF) | Rodamiento: | NU218 P (SKF) | Rodamiento: | NU224 C3 2 (SKF) |
| Rodamiento: | NU312ECP O (SKF) | Rodamiento: | 2nu24 A 2 (SKF) | Rodamiento: | 23024 ES (FAG) |
| Retenedor: | 60x85x10 (NTK) | ----- | ----- | Rodamiento: | 2nu24 A 2 (SKF) |
| Retenedor: | 16x35x07 (NTK) | ----- | ----- | Retenedor: | 120x150x12 (SKF) |
| Relación de transmisión (Ratio) del sistema: | | | 17:1 | Retenedor: | 120x160x12 (SKF) |
| CONJUNTO BANDA-POLEA | | | | | |
| POLEA MOTRIZ | | | POLEA INDUCIDA | | |
| Diámetro ext.: | 180 mm | Angulo ranura: | 38° | Diámetro ext.: | 320 mm |
| Diámetro int.: | 55 mm | Ancho máximo: | | Diámetro int.: | 55 mm |
| Ancho de cara: | | Ancho mínimo: | | Ancho de cara: | |
| Chavetero: | | Altura ranura: | | Chavetero: | |
| Distancia entre centros: | | 145,68 mm | Longitud de la banda (Dayco AP88): | | 1110 mm |
| Velocidad tangencial máxima: | | 41,89 m/s | Velocidad tangencial mínima: | | 8,38 m/s |
| Relación de transmisión (Ratio): | | 1,78:1 | Arco de contacto entre correa y polea: | | 122,34° |
| SISTEMA DE CALENTAMIENTO | | | | | |
| TORNILLO EXTRUSOR | | | CAMISA INTERNA DE CALEFACCIÓN | | |
| Diámetro del tornillo: | 90 mm | | Diámetro exterior: | 160 mm | |
| Longitud total del tornillo: | 2665 mm | | Diámetro interior: | 90,25 mm | |
| Relación L/D: | 1:30 | | Longitud total: | 2175 mm | |
| Longitud de espigo: | 358 mm | | CAMISA EXTERNA DE VENTILACIÓN | | |
| Longitud Útil: | 2282 mm | | Diámetro exterior: | 1000 mm | |
| Cono: | 25 mm | | Diámetro interior: | 160 mm | |
| Chavetero: | 150x25x6,8 mm | | Longitud total: | 2175 mm | |
| Realizado por: Javier Tisalema | Revisado por: | | | Aprobado por: | |
| Fecha: | Fecha: | | | Fecha: | |
| Firma: | Firma: | | | Firma: | |

3.2 Evaluación del estado técnico de la máquina extrusora.

Elaborado la ficha técnica de datos y características de la máquina, fue necesario proceder a la determinación del estado técnico, para lo cual se realizó una revisión previa y minuciosa de todas y cada una de las partes significativas de la máquina.

Esta revisión estuvo dirigida a detectar el grado de desgaste de las diferentes partes y mecanismos de la máquina, lo que permitió determinar su estado técnico el cual se

define como las condiciones técnicas y funcionales que ésta presenta en un momento dado.

Un equipo que está sometido a un determinado régimen de trabajo se deteriora continuamente y su estado técnico puede llegar a tal punto que se refleje en la mala calidad de la producción, bajo rendimiento de la máquina e incluso, en el aumento de los riesgos que para el obrero implica su operación.

De ahí que es necesario mejorar de forma constante el estado técnico de los equipos mediante los servicios de mantenimiento, con el fin de mantener el funcionamiento de la máquina.

La inspección que se llevó a cabo para determinar el estado técnico de la máquina, contempló los aspectos siguientes:

- Estado de la carcasa o cuerpo del equipo.
- Consumo de energía.
- Funcionamiento del sistema de transmisión.
- Funcionamiento del sistema de calentamiento.
- Funcionamiento del sistema de ventilación.
- Estado de los elementos del sistema motriz de la máquina.
- Estado de los elementos del sistema eléctrico.
- Estado del motor principal y resistencias, elementos principales de la máquina.
- Estado de conservación de los instrumentos que indican los parámetros de funcionamiento del equipo.
- Nivel de ruido y vibraciones, etc.

Al evaluar la máquina, su estado técnico se determina por la eficiencia que presente en relación con la que originalmente tenía. La eficiencia de un equipo se traduce en producción realizada; si se tiene en cuenta dicha eficiencia, el estado técnico se evalúa como se indica en la siguiente tabla:


Tabla 5. Estado técnico de los equipos

| | |
|------------------------|--------------|
| <i>BUENO</i> | 90 a 100% |
| <i>REGULAR</i> | 75 a 89% |
| <i>MALO</i> | 50 a 74% |
| <i>MUY MALO</i> | MENOS DE 49% |

Identificado el estado técnico de la máquina con anterioridad permite definir por cuál de los tipos de servicios de mantenimiento que comprende el Plan de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) se debe iniciar, así como evaluar la eficiencia una vez concluido éste. A partir de esta valoración fue necesario determinar el estado técnico de un equipo, empleando la siguiente expresión matemática:

Tabla 6. Evaluación del estado técnico de la máquina extrusora

| | |
|--|--|
|  | |
| EQUIPO: MÁQUINA EXTRUSORA DE POLIETILENOS | |
| CÓDIGO TÉCNICO: E – MAN – EXT – BA03 | RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: Departamento de Mantenimiento |
| DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO: | |
| E = Eduplastic | MAN = Mantenimiento |
| EXT = Extrusión | BA03 = Barmag |

| MANUALES: | | PLANOS: | | REPUESTOS: | |
|---|--|--|-----------------------------------|----------------------|-----------------|
| SI () NO (X) | | SI () NO (X) | | SI () NO (X) | |
| ÍTEM | ESTADO TÉCNICO | BUENO | REGULAR | MALO | MUY MALO |
| 1 | Estado de la carcasa o cuerpo del equipo | | x | | |
| 2 | Consumo de energía. | | x | | |
| 3 | Estado y funcionamiento del sistema de transmisión | | x | | |
| 4 | Estado y funcionamiento del sistema de calentamiento | | x | | |
| 5 | Estado y funcionamiento del sistema de ventilación | | | | x |
| 6 | Estado de los elementos motrices del equipo. | | x | | |
| 7 | Estado del sistema eléctrico. | | | x | |
| 8 | Estado del sistema mecánico. | | | x | |
| 9 | Estado de los instrumentos que indican los parámetros de funcionamiento de la máquina. | | | | x |
| 10 | Lubricación general de la máquina. | | | | x |
| ESTADO TÉCNICO: | | | SERVICIO DE MANTENIMIENTO: | | |
|  | | Revisión () Reparación pequeña () Reparación media (X) Reparación general () | | | |

3.2.1 Evaluación del sistema eléctrico.

Tabla 7. Evaluación del estado del sistema eléctrico

| | |
|--|--|
|   | |
| EQUIPO: MÁQUINA EXTRUSORA DE POLIETILENOS | |
| CÓDIGO TÉCNICO: E – MAN – EXT – BA03 | RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: Personal de Mantenimiento Eléctrico |
| DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO: | |
| E = Eduplastic | MAN = Mantenimiento |

| EXT = Extrusión | | BA03= Barmag | | | |
|-----------------|--|--|---------|-----------------|----------|
| MANUALES: | | PLANOS: | | REPUESTOS: | |
| SI () NO (X) | | SI () NO (X) | | SI () NO (X) | |
| ÍTEM | ESTADO TÉCNICO | BUENO | REGULAR | MALO | MUY MALO |
| 1 | Estado de la caja del tablero de control. | | x | | |
| 2 | Estado de los circuitos de control. | | | | x |
| 3 | Estado de los circuitos de potencia. | | x | | |
| 4 | Funcionamiento del motor principal. | x | | | |
| 5 | Funcionamiento de los motores secundarios. | | x | | |
| 6 | Funcionamiento del reóstato. | | x | | |
| 7 | Funcionamiento del circuito rectificador. | | x | | |
| 8 | Estado de los contactores. | | x | | |
| 9 | Estado de las resistencias del tornillo. | | x | | |
| 10 | Estado de los elementos de protección. | | | | x |
| 11 | Estado de los elementos de maniobra. | | | | x |
| 12 | Estado de los elementos de medición. | | | | x |
| 13 | Estado de los controladores de T°. | | x | | |
| ESTADO TÉCNICO: | | SERVICIO DE MANTENIMIENTO: | | | |
| | | Revisión () Reparación pequeña () Reparación media (X) Reparación general () | | | |

3.2.2 Evaluación del sistema mecánico.

Tabla 8. Evaluación del estado del sistema mecánico

| | |
|--|---|
|   | |
| EQUIPO: MÁQUINA EXTRUSORA DE POLIETILENOS | |
| CÓDIGO TÉCNICO: E – MAN – EXT – BA03 | RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: Personal de Mantenimiento Mecánico |
| DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO: | |
| E = Eduplastic | MAN = Mantenimiento |

| EXT = Extrusión | | BA03= Barmag | | | |
|-----------------|---|--|---------|-----------------|----------|
| MANUALES: | | PLANOS: | | REPUESTOS: | |
| SI () NO (X) | | SI () NO (X) | | SI () NO (X) | |
| ÍTEM | ESTADO TÉCNICO | BUENO | REGULAR | MALO | MUY MALO |
| 1 | Funcionamiento de la caja reductora de velocidad. | | x | | |
| 2 | Estado de los engranajes. | | x | | |
| 3 | Estado de los retenedores. | | | | X |
| 4 | Estado de los rodamientos. | | x | | |
| 5 | Funcionamiento del sistema banda-polea. | | | | X |
| 6 | Estado de las bandas. | | | | X |
| 7 | Estado de las poleas. | | x | | |
| 8 | Estado del tornillo de extrusión. | | | x | |
| 9 | Estado de la camisa. | | x | | |
| 10 | Estado del filtro de salida del material. | | | x | |
| 11 | Lubricación de mecanismos. | | | x | |
| ESTADO TÉCNICO: | | SERVICIO DE MANTENIMIENTO: | | | |
| | | Revisión () Reparación pequeña () Reparación media (X) Reparación general () | | | |

3.2.3 Diagnóstico del estado técnico general de la máquina. El estado actual de la máquina **NO** es activo, pues no ha trabajado durante un tiempo considerable y su funcionamiento es deficiente, inclusive se observó que carece de partes en los sistemas mecánicos, su estructura física ha sido totalmente destruida durante su desmontaje y transportación y lo que se refiere al tablero de control eléctrico existe solo el circuito de potencia y no el de control, algunos de estos problemas encontrados se pueden observar en las siguientes figuras:

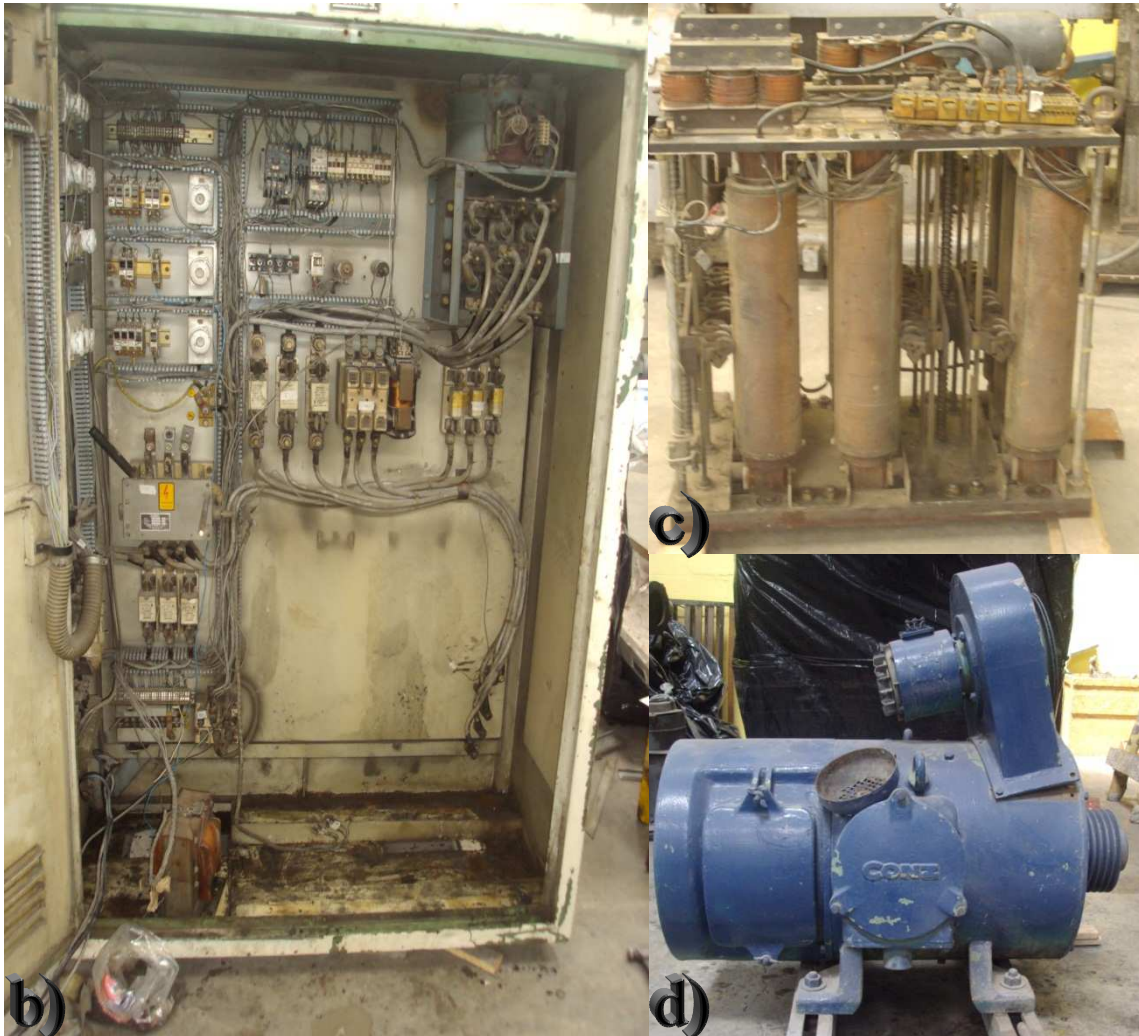
Figura 47. Estado inicial de la máquina extrusora



Se determinó el estado de funcionamiento de los sistemas que posee la máquina usando la técnica de la inspección visual y se estableció el estado técnico en base a la mayor cantidad de información recopilada de la máquina en donde se pudo emitir recién un criterio técnico para poder generar el diagnóstico general de la máquina y poder empezar las tareas iniciales de mantenimiento en las partes de cada uno de los sistemas que posee la máquina, los que se puede observar a continuación:

Figura 48. Estado de algunos elementos defectuosos de la máquina.





a).Camisa y resistencias eléctricas b).Tablero de control c).Reóstato d).Motor principal

Al realizar la valoración del sistema eléctrico, del sistema mecánico y del estado técnico general de la máquina, se determinó mediante el análisis visual y práctico realizado en las tablas anteriores, un resultado promedio con un Índice Porcentual del 65,7 % que corresponde a un estado “**MALO**” de la máquina extrusora de polietilenos.

Por consiguiente el servicio de mantenimiento que se realizó fue un “**MANTENIMIENTO MEJORATIVO**” del sistema mecánico y una “**REPOTENCIACIÓN**” del sistema eléctrico de mando, adicionalmente se realizó un nuevo proceso de pintura electrostática para mejorar su imagen y presentación.

3.3 Análisis del sistema de alimentación de CD para el motor principal.

Los motores de corriente continua presentan el inconveniente de que sólo pueden ser alimentados a través de equipos que conviertan la corriente alterna suministrada por la red de corriente alterna en corriente continua.

Es así que el motor principal de la máquina extrusora es un motor de C.C. con excitación independiente alimentado por la red de C.A. al circuito rectificador y de éste al motor a una tensión variable de 0 a 440 V de C.C. a las bobinas inducidas y a 220 V de C.C. a las bobinas inductoras.

La tensión de las bobinas inducidas ingresa a un seccionador el cual es de 500 VAC para la activación del sistema eléctrico del tablero que en ese momento pasa por un sistema de protección que se realizó mediante el análisis de la coordinación de protecciones para alto voltaje, luego ingresa a un contactor para después ingresar a un reóstato a regular la velocidad del motor, al salir del reóstato ingresa a un circuito rectificador trifásico, el cual posee seis diodos rectificadores con una conexión tipo puente que rectifican la señal de la onda sinusoidal y la transforma en una señal de corriente continua con dos salidas, una positiva (+) y la otra negativa (-) para finalmente pasar por un guardamotor y conectar al motor principal para su normal funcionamiento.

La tensión de las bobinas inductoras ingresa, de igual manera, a un seccionador, que en este caso es de 220 VAC, a un sistema de protección que se realizó mediante el análisis de la coordinación de protecciones, luego a un contactor y posteriormente a un circuito rectificador de onda completa el cual posee cuatro diodos con conexión tipo puente que rectifican la señal de C.A. en C.C. para luego alimentar a las bobinas del motor que necesitan de esta tensión para su activación.

Por otro lado, la constitución de este tipo de motor es mucho más compleja y robusta que los de C.A., ya que necesitan de colectores con delgas y escobillas para su funcionamiento, que aumentan considerablemente los trabajos de mantenimiento.

En contrapartida, poseen un par de arranque elevado y su velocidad se puede regular con facilidad entre amplios límites, lo que les hace ideales para ciertas aplicaciones en que sea muy importante el control y la regulación de las características funcionales del motor ya que tiene la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

El motor con el que trabaja la máquina extrusora de polietileno es el **motor con excitación independiente**, por lo que se analizó el tipo de conexión y el proceso de regulación de velocidad que posee este tipo de motor para su funcionamiento.

CAPÍTULO IV

4 REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La repotenciación del sistema eléctrico consistió en mejorar y optimizar el trabajo de la máquina modificando las condiciones de funcionamiento y estado original de los circuitos de mando y potencia para poder obtener resultados similares o superiores y de mayor fiabilidad a partir de su estado inicial.

Los datos arrojados en el análisis de la situación actual de la máquina extrusora, muestran que todo lo referente al sistema eléctrico se encuentra en un estado malo debido a que el circuito eléctrico de mando no existe y el circuito de potencia funciona de una manera regular. Por tal razón, fue necesario realizar una repotenciación total del sistema eléctrico que permitirá devolver la capacidad nominal de funcionamiento que tenía originalmente, por medio de procedimientos de cambio y reparación de los elementos para que la máquina quede en condiciones operativas.

El trabajo que se realizó, se limita a un cambio y reparación de los elementos deteriorados, mas no a un cambio significativo en el diseño que originalmente tenía, pues se utilizó la misma caja del tablero de control y algunos elementos que aún no concluyen su vida útil.

4.1 Repotenciación eléctrica de los circuitos de mando y de potencia

La repotenciación eléctrica consistió en realizar actividades de mantenimiento a todos los elementos del sistema eléctrico existente hasta obtener un grado aceptable y correcto de funcionamiento, para que cuando entre en servicio presenten un buen trabajo.

Para ejecutar el mantenimiento del circuito de potencia se partió de la determinación del estado técnico que se diagnosticó en el capítulo anterior, esto implicó realizar correcciones de defectos, cambiar partes, obtener repuestos y realizar la compra de elementos nuevos que se necesitaban para su funcionamiento.

Con lo dicho anteriormente y, para poder realizar la repotenciación del circuito de mando se han tomado en consideración los siguientes parámetros:

- Diseño del tablero eléctrico.
- Selección de los elementos a utilizarse.
- Diseño de los nuevos circuitos eléctricos de mando y potencia.
- Conexión y arranque del motor de C.D. principal de la máquina.

4.2 Diseño del tablero de control eléctrico

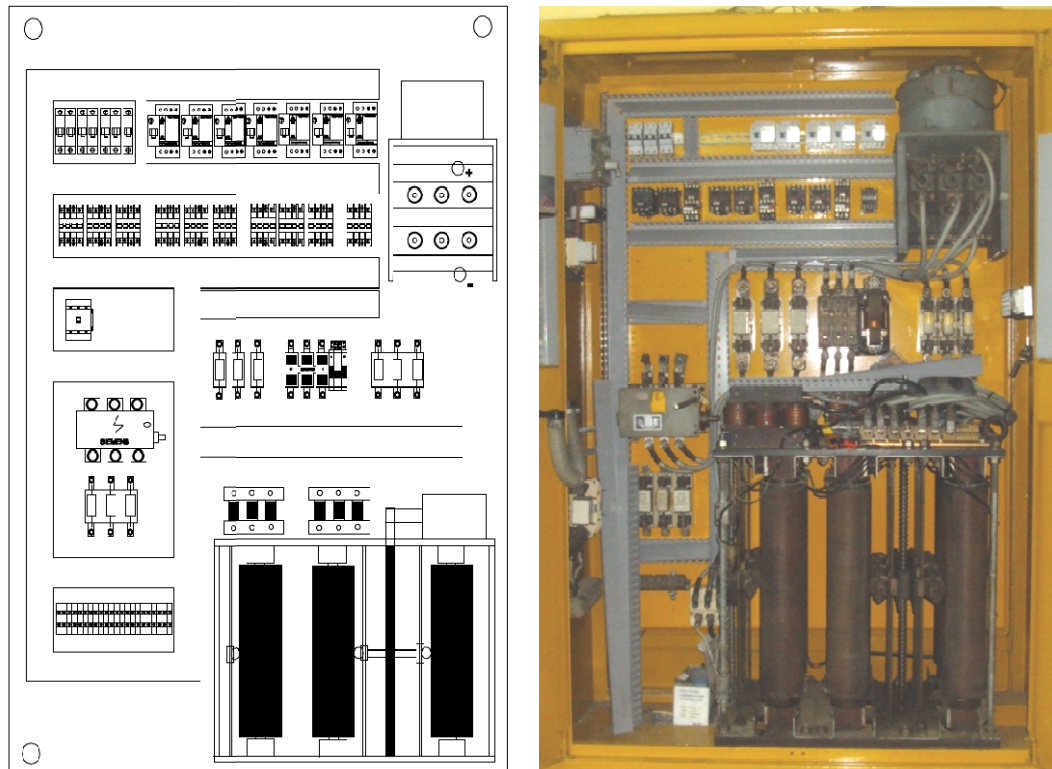
Como se dijo anteriormente, se utilizó el mismo armario puesto que el circuito de potencia si existía pero necesitaba de un nuevo diseño y una nueva disposición de los elementos eléctricos, por lo que fue necesario diseñar un nuevo sistema eléctrico acorde a las dimensiones del tablero de control existente para reutilizarlo.

El diseño y disposición de los elementos eléctricos se lo ha realizado tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Cantidad de elementos a usarse
- Tamaño de los elementos seleccionados
- Espacio disponible
- Requerimientos de los sistemas mecánicos de la máquina extrusora.

Con estos parámetros expuestos se ha realizado el siguiente diseño posicional de los elementos en el tablero eléctrico que ira ubicado en la parte derecha de la máquina para aprovechar al máximo el espacio disponible del área de extrusión.

Figura 49. Diseño del tablero de control eléctrico



En las puertas de la caja del tablero de control, se ha diseñado la botonera de mando y el espacio para la colocación de los siguientes elementos:

- Controladores de temperatura
- Elementos de medición
- Pulsadores
- Lámparas piloto

Todo esto se puede apreciar en el siguiente esquema:

Figura 50. Diseño de la botonera de mando y controladores de temperatura



4.3 Diseño de los circuitos para el control de la máquina extrusora

Para iniciar el diseño de los circuitos, primero se realizó una prueba sencilla a todos los motores, con arranque directo tomando las debidas precauciones y medidas de protecciones tanto eléctricas como personales, se corrobora que están en buen estado para mantenerlos en funcionamiento, dando positivo el diagnóstico.

Para el nuevo diseño, tanto del circuito eléctrico de potencia como el de control, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El motor principal funciona a un voltaje de 440 Vcc y no fue reemplazado, únicamente se realizaron actividades de mantenimiento correctivo y preventivo tales como:
 - Limpieza interna del motor con aire a baja presión

- Cambio de rodamientos
 - Barnizado de sus bobinas tanto del estator como del rotor.
 - Limpieza del colector
 - Cambio de escobillas
 - Pintado de la carcasa con pintura al electrostática.
- Se debía mantener la misma lógica de funcionamiento de la máquina, es decir; al pulsar el botón de marcha se activarán el motor principal, el motor de ventilación del motor principal, el motor de ventilación del circuito rectificador trifásico y se deberá energizar el motor del reóstato para variar la velocidad del motor.
- Se debía mantener la rutina de trabajo de los operadores, por lo que se usó la misma distribución de pulsantes en el tablero de mando y se mantuvo la forma de operar el proceso, con la única modificación fue el de adicionar micro switches “on-off” para la activación individual de los controladores de temperatura que accionan a las resistencias eléctricas y a los ventiladores de cada una de las zonas del tornillo extrusor.
- El accionamiento de cada uno de los motores de los ventiladores se realizó mediante el arranque directo, para lo cual se reemplazó el contactor y se incorporó un guardamotor como elemento de protección para sobrecarga y cortocircuito. Ambos elementos fueron dimensionados en base a los datos de placa de cada motor.
- El diseño y montaje del tablero de control que aloja los elementos debían realizarse con todas las normas de seguridad, puesto que el proceso de extrusión es uno de los puntos más críticos de la línea de producción de plástico y el riesgo de accidentes es alto por lo que se trabaja a altas temperaturas.

Tomando en cuenta estas observaciones, en el *anexo A* se presentan los diagramas de los circuitos de mando y de potencia para el nuevo sistema eléctrico de la máquina que fue montado en el tablero de control.

4.3.1 Conductores eléctricos utilizados para el circuito de mando y el circuito de potencia para el control de la máquina extrusora. Para el circuito de control se usó conductor tipo TFF flexible, calibre 16 AWG de color blanco; el cableado de este conductor se usó para las bobinas de los contactores, controladores de temperatura y demás elementos que funcionan a 220 Vca.

Para el circuito de potencia se utilizaron tres tipos de conductores:

- En el primer circuito se utilizó el conductor tipo TFN flexible, calibre 2 AWG de color gris para el cableado del circuito de accionamiento del motor principal, que consta desde el seccionador de los 440 Vca hasta la caja de conexiones del motor.
- En el segundo circuito se utilizó el conductor tipo THHN flexible, calibre 12 AWG de color azul para el cableado del circuito de fuerza de los motores asíncronos que funcionan a 220 Vca.
- En el tercer circuito se utilizó el conductor tipo THHN flexible, calibre 10 AWG de color negro para el cableado del circuito de accionamiento de las resistencias eléctricas que van desde la máquina hasta el tablero de control.

Para el circuito de alimentación principal, el cableado entre el cuadro de distribución general y el tablero de control de la máquina extrusora, se utilizó el conductor tipo TTU calibre 1/0 AWG de color negro.

En el *anexo B* se presentan la tabla de características de cada uno de los conductores eléctricos mencionados.

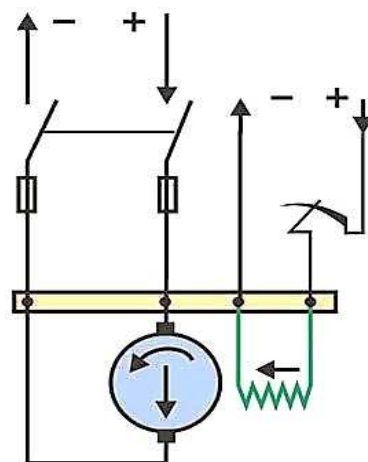
4.4 Conexión y arranque del motor C.D. principal de la máquina extrusora

Como se dijo anteriormente el tipo de conexión del motor principal de la máquina es de excitación independiente, para lo cual se realizó un análisis de dicha conexión y del proceso que este tiene para realizar la regulación de la velocidad.

4.4.1 Motor de excitación independiente. En estos motores, el devanado de las bobinas inductoras está conectado a una fuente de corriente, separada de la corriente que recorre el inductor que en este caso la fuente de alimentación es de 220 Vcc.

Funciona de forma similar al motor en derivación, la separación de la excitación se utiliza cuando se desea regular la velocidad con precisión sin perder fuerza de arranque.

Figura 51. Diagrama de conexión en un motor de excitación independiente



El proceso de regulación de la velocidad del motor principal se consigue utilizando el sistema de ajuste de la tensión en las bobinas del inducido del motor que en este caso dicha tensión va a ser regulada de 0 a 440 Vcc.

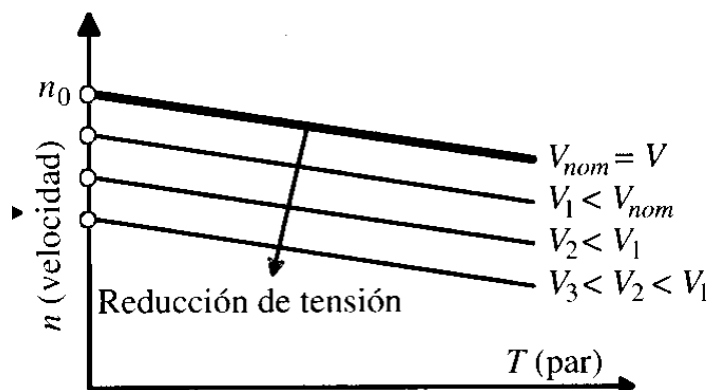
El análisis de este sistema se presenta a continuación:

4.4.2 Regulación de la velocidad por cambio en la tensión aplicada al inducido. Este sistema de control solamente se puede aplicar al motor de C.C. con excitación independiente ya que es el que tiene separados los circuitos de excitación y de inducido.

Este procedimiento resulta cuando: *al reducir la tensión de alimentación, la corriente disminuye por lo que el par desarrollado por el motor se reduce, y al hacerse inferior al par resistente, se produce una disminución de la velocidad de la máquina. Al contrario, si aumenta la tensión aplicada, la corriente aumenta y por ende se produce una elevación de la velocidad.*

En la siguiente figura se muestran las curvas (rectas), **par – velocidad**, que se obtienen cuando se regula la velocidad de un motor de C.C. con excitación independiente empleando este procedimiento.

Figura 52. Variación de la tensión aplicada a un motor de C.C. con excitación independiente



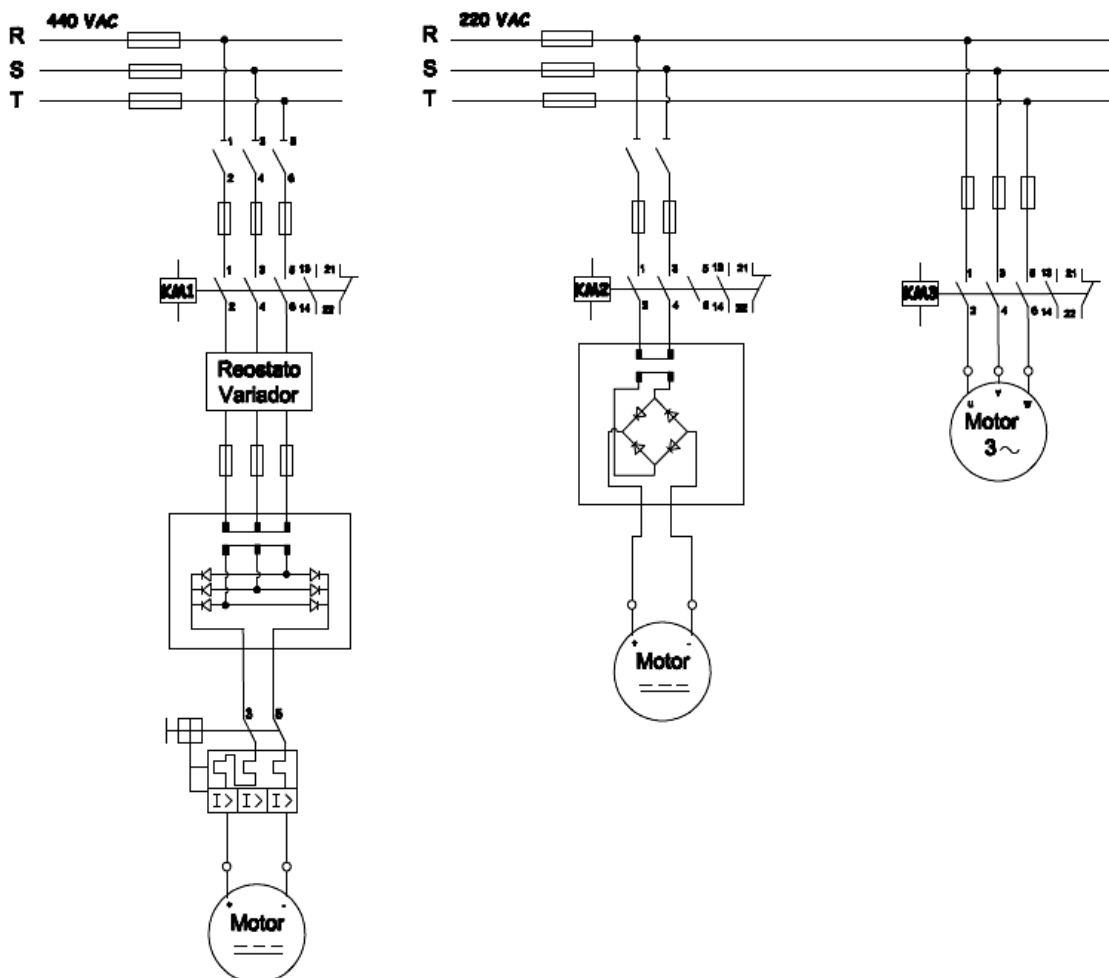
Existe una velocidad máxima que puede alcanzar la máquina con este procedimiento y corresponde al valor máximo de la tensión permitida o tensión asignada.

Cuando un motor de C.C. funciona con sus valores de tensión, corriente de excitación y potencia nominales se dice que gira a la velocidad nominal.

La regulación por este proceso se realiza para velocidades inferiores a la velocidad nominal y no para velocidades superiores, ya que se requeriría de una tensión mayor que la nominal, por lo que podría dañarse el inducido.

A continuación se presentan los diagramas de conexiones de arranque del motor principal:

Figura 53. Nuevo diagrama de conexión y arranque del motor principal



4.5 Procedimientos de seguridad en los circuitos mediante la coordinación de protecciones.

La coordinación de las protecciones es el arte de asociar un dispositivo de protección contra cortocircuitos (fusibles o disyuntor magnético) con un contactor y un dispositivo de protección contra las sobrecargas (relé térmico).

Su objetivo es interrumpir una *corriente de sobrecarga* (de 1 a 10 veces la corriente nominal del motor) o una *corriente de cortocircuito* (mayor que 10 veces la corriente nominal del motor) lo más rápidamente posible, y sin riesgo para las personas ni para las instalaciones.

La corriente presumible de cortocircuito caracteriza la instalación en un punto determinado.

Es el resultado de un cálculo en el que intervienen la potencia de la red, la tensión y las impedancias en línea (cables, conexiones, transformadores, etc.).

Verificando el significado de coordinación de protecciones, procedemos a seleccionar los valores según el elemento a proteger, y el cálculo de intensidades que circularán en el circuito.

De esta manera evitamos que los operadores de la máquina sufran "accidentes eléctricos", como el sobrecalentamiento de los conductores y equipos eléctricos, previniendo el daño material y la posibilidad de incendio.

La tabla para el dimensionamiento de los elementos de protección se presenta en el *Anexo C* y los elementos de protección seleccionados son los siguientes:

- **Seccionador.-** El dimensionamiento de los seccionadores se lo realizó mediante la sumatoria de las intensidades absorbidas de todos los motores y cargas que posee la máquina.

Estos valores se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 9. Intensidades absorbidas por los motores

| MOTOR | DESCRIPCIÓN | TENSIÓN (V) | CORRIENTE (A) | POTENCIA (kW) |
|--|-----------------------|-------------|---------------|---------------|
| M1 | Motor Principal | 88-440 CD | 138 | 10.6-53 |
| M2 | Ventilación del MP | 220-380 CA | 3.10 | 0.9 |
| M3 | Reóstato | 220-380 CA | 0.52 | 0.075 |
| M4 | Circuito rectificador | 220 CA | 0.52 | 0.075 |
| M5 | Sistema ventilación 1 | 220 CA | 0.92 | 1.5 |
| M6 | Sistema ventilación 2 | 220 CA | 0.92 | 1.5 |
| M7 | Sistema ventilación 3 | 220 CA | 1.5 | 1.5 |
| Sumatoria de amperios de los motores: | | | 145.48 | |

Tabla 10. Intensidades absorbidas por las cargas

| ZONA | DESCRIPCIÓN | TENSIÓN (V) | CORRIENTE (A) | POTENCIA (W) |
|---|---------------------------|-------------|---------------|--------------|
| 1 | 6 Resistencias eléctricas | 220 | 48 | 1760 |
| 2 | 6 Resistencias eléctricas | 220 | 48 | 1760 |
| 3 | 6 Resistencias eléctricas | 220 | 48 | 1760 |
| 4 | 2 Resistencias eléctricas | 220 | 6.91 | 760 |
| Sumatoria de amperios de las cargas: | | | 150.91 | |

La intensidad total absorbida por el sistema eléctrico se realiza mediante la sumatoria del total de la corriente absorbida tanto por los motores como por las cargas, entonces será de la siguiente manera: $145,48 + 150,91 = 296,39 \text{ A}$.

El valor obtenido de las intensidades que circulan en el circuito total genera una idea de los seccionadores a emplearse, uno para el circuito de control y otro para el circuito de potencia; sin embargo este valor se multiplica por 0.8 que es el Factor de Simultaneidad.

$$\text{Factor de simultaneidad} = 296,39 \text{ (A)} \times 0.8 = \mathbf{237,11 \text{ A.}}$$

Este valor estandarizado del fabricante en escala de Amperios, se asemeja al valor requerido de 250 Amperios.

- **Fusibles.-** Los fusibles que se colocaron son de tipo “distribución”, estos protegen cortocircuitos y sobrecargas a los circuitos con picos de corriente en cada una de las líneas.

Se colocaron en soportes específicos llamados “porta fusibles”, de esta manera en caso que necesiten ser sustituidos por otro, pues es tan sencillo que para corregir un fallo no se necesita de mucho tiempo, se emplean 12 fusibles con su respectivo porta fusible

Los 6 primeros corresponden a protecciones de líneas para la alimentación de los seccionadores uno a 220 V y otro a 440 V. Mientras que los 6 restantes fusibles son del tipo ultrarrápidos debido a su capacidad de corte, estos fusibles se utilizaron en protecciones de contactores y del circuito rectificador.

- **Guardamotor.-** El dimensionamiento del guardamotor se lo realiza según la placa del motor a proteger, en nuestro caso el guardamotor que se utilizó en la máquina es Siemens de 250 A.

Este tipo de guardamotor ha sido elegido por la seguridad que oferta en su funcionamiento y de acuerdo con las necesidades, por lo que el costo se justifica ya que garantiza la vida útil del motor.

- **Relés térmicos bimetálicos.-** Los fallos más habituales que se dan en las máquinas son lassobrecargas, que se manifiestan a través de unaumento de la corriente absorbida por el motor y deciertos efectos térmicos, es por ello que es muy importante el uso de relés térmicos, éstos se pueden manipular en corriente alternao en corriente continua.

En la máquina extrusora se utilizaron relés térmicos tripolares en los motores del reóstato y del puente rectificador.

Se utilizó este tipo de relés debido a la importancia que tienen el reóstato y el puente rectificador en el funcionamiento de la máquina, ya que la corriente absorbida por éstos es alta y hay que protegerlos de la mejor manera.

- **Disyuntores.-** Como se dijo anteriormente, un disyuntor magneto-térmico o “breaker”, es capaz de abrir un circuito magnético cuando la intensidad que por él circula excede de un determinado valor, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. En la máquina extrusora se utilizaron disyuntores para cada una de las zonas de las resistencias eléctricas y de los ventiladores, siendo éstos los equipos con mayor criticidad en el funcionamiento de la máquina durante su producción.

- **Puesta a tierra.-** Para el rediseño de este tablero eléctrico es importante contar con puesta a tierra debido a que tenemos elementos muy críticos a proteger tales como:

- Motor principal de gran potencia con conexión a tierra.
- Motores del sistema de ventilación con conexión a tierra.
- Reóstato de variación de velocidad del motor con conexión a tierra.

Se debe conectar todos los elementos antes mencionado al armario y todo esto a la puesta a tierra, la empresa cuenta con una toma a tierra que es ahí donde se conectará el punto de enlace con tierra.

4.6 Montaje e instalación de los elementos eléctricos en el en tablero de control

A partir de la compra y adquisición de los equipos, se realizó el montaje de los mismos en el tablero de control, en un lugar que se adecuó para el efecto, para posteriormente trasladarlo al sitio final de operación.

Para realizar el montaje y la instalación se debe conocer sobre algunos materiales para montar los elementos eléctricos, que se detallan más adelante.

4.6.1 Elementos utilizados para el montaje del armario de control. Los elementos que generalmente se utilizan para realizar el montaje de un tablero eléctrico de control, son los siguientes:

- **Doble fondo.**- Se utilizó para realizar los agujeros para atornillar los elementos como por ejemplo: los rieles, las canaletas, la fijación del puente rectificador trifásico, etc.
- **Riel DIN.**- Se procedió a cortar el riel DIN según la dimensión del tablero para colocar los elementos controladores facilitando el trabajo de montar y desmontar para mantenimiento o reparación de cualquier dispositivo, se sujeta al doble fondo con tornillos y arandelas.

- **Canaleta plástica.**-Es importante ya que estéticamente mejora y organiza el cableado, para esto se empleó las canaletas (40 x 60) y (60 x 60) mm de PVC, seleccionada según la guía de la tabla DEXSON que señala y muestra el cuadro en el *Anexo C* de dimensiones de canaletas.
- **Terminales de cableado.**-Cuando se trabaja con alambre de tipo flexible se tiene el problema de que los hilos se enredan con facilidad y también ocasionan un mal contacto y en el peor de los casos quedan sueltos los hilos rozándose entre alambres, es por esto que se utiliza terminales de tipo punta, de tipo ojo y de tipo “U” para que los terminales de los conductores queden protegidos y se ajusten correctamente en las borneras.
- **Señalética del tablero y marquillado de los cables.**-Si algo tiene de especial el tablero es la utilización de marquillas que permiten identificar con sencillez y rapidez el número de conductor y el circuito al cual pertenece, por esta razón se empleó marquillas tipo anillo que se colocaron tanto al inicio como al final de cada cable para su inmediata identificación.

4.6.2 Procedimientos del montaje del armario de control.El montaje del armario empezó con la ubicación de las canaletas y los rieles.

Posteriormente se procedió a la colocación de las tapas superiores del armario instalando en ellas los ventiladores para extracción de calor; se colocó riel DIN para el montaje de los elementos que requerían de la misma tanto del circuito de fuerza como el de control.

Luego se instaló todo el circuito de fuerza ubicando el reóstato y su respectivo circuito eléctrico y el circuito de rectificación con sus elementos de activación y de protección.

Figura 54. Distribución de los elementos eléctricos en el armario de control



Por último se instaló en el tablero la botonera de mando colocando las canaletas y los elementos que controlará a los siguientes elementos eléctricos de la máquina: voltímetros, amperímetros y pirómetros analógicos. La distribución de estos elementos se muestra a continuación:

Figura 55. Distribución de equipos en el tablero de mando



La finalización del montaje de equipos en el armario general se lo hizo con la colocación en la puerta derecha del amperímetro y voltímetro que realizaran la lectura durante el funcionamiento del motor principal, además se colocó pulsantes de marcha, paro y pulsante de emergencia.

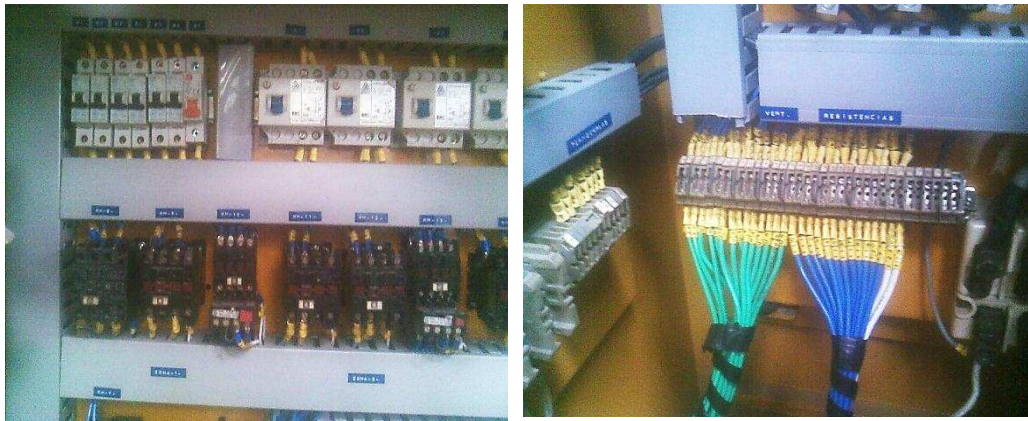
Figura 56. Distribución de elementos de medición y control



Una vez cumplido todo el montaje de los elementos eléctricos, se ejecutaron los orificios para la colocación de borneras para realizar el proceso de cableado del tablero de acuerdo a los nuevos planos eléctricos, numerando los cables y conduciéndolos por las canaletas hacia las borneras de salida del armario de control eléctrico para luego unirse al cajetín de conexiones de la máquina extrusora.

Figura 57. Cableado del tablero de control





Cabe recordar que el cableado de fuerza se hizo con los mismos cables que estaban conectados al anterior armario puesto que en este sistema no se ha realizado mayor cambio en su posición.

Este cableado conecta las entradas provenientes de diversos puntos del proceso, como por ejemplo: contactor principal, circuito rectificador, reóstato y sus elementos de protección de este sistema.

Una vez realizado toda la conexión del sistema eléctrico tanto el de fuerza como de control, se procedió a ejecutar las pruebas de funcionamiento del motor principal y las resistencias, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 11. Variación de la tensión y corriente del motor principal sin carga

| TENSIÓN (V) CD | CORRIENTE (A) CD | TENSIÓN (V) CD | CORRIENTE (A) CD |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | | 250 | 4.7 |
| 50 | 3.6 | 300 | 4.9 |
| 100 | 4 | 350 | 5 |
| 150 | 4.3 | 400 | 5.3 |
| 200 | 4.6 | 440 | 5.5 |

Tabla 12. Variación de la tensión y corriente del motor principal con carga

| TENSIÓN (V) CD | CORRIENTE (A) CD | TENSIÓN (V) CD | CORRIENTE (A) CD |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | 250 | 10.3 |
| 50 | 5.76 | 300 | 15.4 |
| 100 | 6.4 | 350 | 16.9 |
| 150 | 6.88 | 400 | 18.5 |
| 200 | 7.36 | 440 | 20 |

4.6.3 Recomendaciones para el montaje. Para el montaje de los equipos eléctricos se tuvieron en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Todo armario debe ponerse a tierra correctamente para brindar seguridad al equipo.
- La barra de tierra debe tener agujeros con rosca para poder aterrizar los equipos ajustando el cable a ésta con tornillos acerados (o cadmiados).
- Para la unión de piezas eléctricas, se debe asegurar que se tenga un buen contacto mediante el uso de terminales o a su vez estañándolos.
- Las señales analógicas deben usar un cable apantallado que reduzca la presencia de capacitancias e inductancias de acoplamiento.
- Los cables de extensión para enviar las señales de los sensores de temperatura (termocuplas), deben ser de acuerdo al código de colores (*ver anexo 4*) que establece la norma de acuerdo al tipo de termocupla que se va a utilizar, para que no exista errores de medición y envíen señales erróneas al sistema.

CAPÍTULO V

5 MANTENIMIENTO MEJORATIVO DEL SISTEMA MECÁNICO

Para desarrollar este capítulo cabe recalcar y tener en cuenta una vez más que: MANTENIMIENTO es una serie de trabajos que hay que realizar en una planta, maquinaria, sistema, equipo o componente a fin de que se conserve y preste el servicio para el cual fue diseñado.

El mantenimiento es de suma importancia para el desarrollo óptimo de la producción, es necesario contar con toda la herramienta adecuada; y el personal debe ser lo suficientemente profesional y muy responsable a la hora de ejecutarlo, para evitar accidentes.

Todos los elementos mecánicos que componen a una extrusora puede durar muchos años funcionando y produciendo, pero esto dependerá de las condiciones de operación a las cuales sea sometida y de la calidad de mantenimiento que se le proporcione.

Un buen mantenimiento implica aplicar un programa de inspecciones y servicios periódicos. Si la extrusora posee un buen programa de actividades de mantenimiento preventivo, el producto será elaborado con calidad y por ende el cliente y el consumidor final se sentirán satisfechos.

Antes, durante y después de la ejecución de las actividades de mantenimiento a los elementos mecánicos de la máquina extrusora de polietileno, existieron consideraciones generales que siempre están orientadas a lograr tres objetivos básicos que son necesarios para garantizar el trabajo realizado, los cuales son los siguientes:

1. Aumentar la vida útil del equipo o maquinaria: Cuando decimos esta frase nos referimos a realizar un mantenimiento óptimo de los equipos considerando los estudios técnicos pertinentes y tomando decisiones adecuadas para realizar el mantenimiento de los equipos.

2. Mejorar las condiciones de funcionamiento: Al realizar el mantenimiento, se debe siempre considerar el mejorar las condiciones de funcionamiento para que la maquinaria y equipos alcancen un nivel óptimo de funcionamiento.

3. Aprovechar al máximo los recursos disponibles para el mantenimiento: El equipo de mantenimiento debe aprovechar al máximo los recursos disponibles como son: repuestos, presupuesto, mano de obra, tiempos, etc. Esto quiere decir que: se debe obtener el mejor resultado con gastos óptimos.

ESTA ES NUESTRA IDEOLOGÍA!! COMO INGENIEROS DE MANTENIMIENTO.

5.1 Procedimientos de mantenimiento y reparación

Para ejecutar el mantenimiento de la máquina extrusora, se ha visto conveniente seguir los siguientes procedimientos:

- Identificar los síntomas de la avería caracterizándola por los efectos que produce.
- Realizar las hipótesis de las causas posibles que puede producir la avería, realizándola con los síntomas que presenta el sistema.
- Elaborar un plan de intervención para determinar la causa o causas que producen la avería.
- Determinar los equipos, herramientas, materiales y utillajes necesarios.

- Adoptar las medidas de seguridad requeridas para intervenir en la máquina según el plan establecido.
- Localizar los elementos responsables de las averías, aplicando los procedimientos requeridos y en el tiempo adecuado.
- Elaborar un informe de diagnóstico de las averías, describiendo las actividades desarrolladas, fundamentadas en los resultados obtenidos.
- Diagnosticar el estado de los elementos y piezas de la máquina aplicando técnicas de medida y observación.
- Describir el proceso de desgaste de las piezas en movimiento por fricción, erosión, rodamiento, etc.
- Realizar el mantenimiento de los elementos mecánicos como son: cambio, revisión, limpieza y lubricación.

5.2 Procedimientos de desmontaje y montaje

Las secuencias de desmontaje y montaje se han realizado optimizando el proceso en cuanto a método y tiempo, seleccionando los equipos, materiales, herramientas, medios auxiliares y los repuestos necesarios.

El desmontaje se realizó siguiendo los procedimientos establecidos, utilizando herramientas y útiles adecuados, garantizando que no se produzca ningún deterioro ni alteración de cualidades y propiedades de los elementos durante su manipulación para luego colocarlos en su posición definitiva.

En este caso, mientras se desmontaba la máquina, se revisaron los mecanismos y piezas, este proceso fue necesario realizar para determinar el estado de las piezas tales como

buscar: rasguños, grietas, abolladuras, fracturas, entre otros defectos que pueden tener las piezas del mecanismo.

De acuerdo con el trabajo a efectuar se procedió a desmontar los grupos, los subgrupos, los mecanismos y así sucesivamente, aunque en algunas ocasiones se puede desmontar un subgrupo sin desmontar el grupo correspondiente. Un ejemplo el desmontaje del tornillo de la caja reductora de velocidad.

5.2.1 Reglas para realizar el desmontaje. Como se manifestó, el desmontaje depende de un orden de operaciones para facilitar la operación de montaje.

A continuación se recomienda seguir algunas “reglas” más generales que deben observarse al cumplir el desmontaje de una máquina:

- Se debe organizar y preparar un área de trabajo cerca de la máquina, de manera que los obreros que participen en el desmontaje puedan trabajar sin complicaciones. El área a preparar depende de la magnitud del desarme que vamos a realizar.
- Cuando tenemos lista el área de trabajo, desconectar la máquina de la red eléctrica.
- Se debe disponer de las herramientas y dispositivos cuyo empleo no deteriore las piezas útiles.
- Las piezas no deben golpearse directamente con martillo metálico, sino interponiendo un taco de madera o un pedazo de metal blando, con la configuración necesaria para golpe directo a un martillo de goma.
- Si encontramos una pieza agarrotada, no debemos aplicar esfuerzos excesivos. Se debe hallar la causa del agarrotamiento y eliminarla.
- Para desmontar el tornillo extrusor, se deben emplear varios apoyos para evitar los efectos de pandeos ya que el tornillo se lo desmonta en estado caliente.

- Las piezas se deben depositar por conjuntos, no amontonadas. Aquéllas que tengan un acabado alto deben colocarse con precaución como por ejemplo: las resistencias eléctricas del tornillo extrusor.
- Los elementos de sujeción se depositarán en un cajón si el desmontaje del conjunto es total; si es parcial, se dejan en sus agujeros.

Para ejecutar el montaje se coloca cada componente en el lugar previsto, de manera retroactiva a las actividades que se realizaron en el desmontaje, posicionando y alineando dentro de las tolerancias prescritas en cada caso, sin forzar uniones o anclajes, utilizando el procedimiento y la herramienta adecuada.

5.3 Procedimientos de limpieza y lubricación

Es muy importante antes de iniciar las actividades de mantenimiento, realizar la limpieza general de toda la máquina, estos procedimientos se deben realizar con solventes adecuados y materiales absorbentes.

Hubo que poner mayor énfasis principalmente en la limpieza del depósito de aceite de la máquina extrusora puesto que se pudo observar en la máquina que existían los siguientes problemas:

- Depósitos de sólidos en suspensión
- Lodos, y
- Óxidos en los engranajes

Es muy importante para el mantenimiento inicial de la máquina eliminar estos factores, ya que de no hacerlo influirán en un futuro en el correcto funcionamiento de los elementos de la máquina que necesitan ser lubricados, causando problemas tales como:

- Contaminación del aceite lubricante, promoviendo el desgaste de elementos y aumentando los esfuerzos térmicos.
- Deterioro de los engranajes.
- Contaminación y deterioro de los retenedores.
- Disminución de la circulación de aceite.
- Corrosión en las partes constitutivas de la máquina.

La correcta lubricación de la máquina asegura su buen funcionamiento, prolonga la vida útil de los elementos expuestos a fricción y además reduce el consumo de energía, ya que por lubricación correcta se entiende la aplicación del lubricante adecuado, en el lugar que corresponda, a intervalos y en cantidades correctas.

Para obtener lo anterior hay que trazar un plan de lubricación cuyo éxito dependerá de una selección adecuada de lubricantes basada en un estudio minucioso de diseños, materiales y condiciones de trabajo de la máquina.

En toda máquina el lubricante cumple dos objetivos fundamentales que son:

- Mantener separadas las superficies que estén en movimiento y evitar el contacto directo de metal con metal.
- Extraer el calor de aquellas piezas que no pueden ser refrigeradas directamente.

5.4 Mantenimiento de los sistemas de transmisión

En la máquina extrusora, los sistemas de transmisión de movimiento están conformados por el conjunto de banda-polea, por los engranajes cilíndricos helicoidales y por los rodamientos: de bolas, de rodillos fijos y a rótula de los reductores que están lubricados

habitualmente por salpicadura o impregnados en el aceite lubricante alojado en la carcasa principal.

Para el mantenimiento de los sistemas de transmisión de la máquina se ha tenido en cuenta los siguientes parámetros:

- Tipo de máquina
- Tipo de acoplamientos entre máquina motriz, reductor y salida de carga
- Carga: uniforme, discontinua, con choque, con embrague, etc.
- Duración de servicio: horas/día
- Número de arranques/hora
- Potencia en HP de entrada y de salida
- Velocidad en RPM de entrada y salida
- Par o torque, a la salida del mismo en Kg/m
- Relación de reducción: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y de salida.

5.4.1 Mantenimiento de engranajes. Las actividades de mantenimiento que se realizaron en los engranajes fueron: inspección, limpieza y lubricación.

La limpieza se lo realizó con líquidos disolventes y anticorrosivos con la ayuda de brochas y un soplete con aire a media presión, después se lo dejó secar al ambiente para luego proceder a la inspección.

La inspección se ejecutó con el fin de revisar minuciosamente cada engranaje para detectar fisuras tanto en la circunferencia como en los dientes de la rueda conductora, de las ruedas intermediarias y de la rueda conducida, ésta intervención se basó en:

- Revisión del calor generado, (señales de calentamiento).
- Fallo de los dientes por sobre esfuerzo, (rotura, rayado, etc.)
- Fallo por fatiga de la superficie de los dientes, (lubricación deficiente y dureza inadecuada)
- Ruido como resultante de vibraciones a altas velocidades y cargas fuertes.

Otra actividad que se realizó fue la lubricación, donde la principal función de un lubricante para engranajes es reducir la fricción entre los dientes del engranaje cuyo grosor permita una óptima operación y de esta forma disminuir cualquier desgaste resultante.

Una vez revisado las características de la máquina y el criterio emitido sobre los factores y parámetros para la selección del lubricante adecuado, se concluye que los aceites para cajas deben ser aceites sintéticos fortificados con Trilinum, di sulfuro de Molibdeno, aditivos EP (extrema presión de 150.000 psi) y AW (anti-desgaste).

Este tipo de lubricante pueden ser utilizados en engranajes cónicos, cónicos espirales, helicoidales, espina de pescado, tornillo sinfín e hipoides, además reducen la fricción y por ende el consumo de energía eléctrica entre 6% y 15%.

Son compatibles y por lo tanto no corrosivos ante la presencia de acero, cobre, aluminio, bronce y aleaciones utilizadas en rodamientos y cojinetes.

En la tabla que se muestra a continuación se describe el tipo de lubricante que se ha seleccionado para la caja de transmisión por engranajes de la máquina extrusora:

Tabla 13. Características del lubricante seleccionado para la máquina extrusora de polietilenos.

| SHELL VITREA HD | |
|-----------------------------|-------|
| ISSO | °68 |
| SAE | 20 |
| AGMA | 2 |
| cSt @ 40°C | 67,5 |
| cSI @ 10°C | 8,8 |
| SUS @ 100°C | 352 |
| SUS @ 210°F | 56 |
| Índice de viscosidad | 104 |
| Flash point°C | 30 |
| Punto de goteo °C | -15 |
| Desgaste, Timken | 32 Kg |

El cambio de lubricantes y el mantenimiento de los niveles en las cajas de transmisiones por engranajes forman parte del mantenimiento preventivo que hay que realizar a todo tipo de máquinas después de un periodo de funcionamiento.

Este mantenimiento puede tener una frecuencia en horas de funcionamiento, en kilómetros recorridos o en tiempo cronológico, semanal, mensual o anualmente.

5.4.2 Mantenimiento de rodamientos. La máquina extrusora como todas las máquinas industriales y de procesos posee rodamientos que son elementos mecánicos que reducen la [fricción](#) entre un [eje](#) y las piezas conectadas a éste, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

Para realizar el mantenimiento de los rodamientos se vio conveniente en ejecutar los siguientes procedimientos:

- **Identificación de los rodamientos.**- Los tipos de rodamientos que poseen la máquina extrusora son: rodamientos rígidos de bolas que están ubicados en los ejes de

todos los motores, los rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de rodillos a rótula que se encuentran ubicados en la caja reductora de velocidad.

- **Inspección y limpieza de los rodamientos.**-Como todas las piezas importantes de una máquina, los rodamientos de bolas y de rodillos deben limpiarse y examinarse frecuentemente. Los intervalos entre tales exámenes dependen por completo de las condiciones de funcionamiento.

Normalmente a los rodamientos de ésta naturaleza como los que posee la máquina extrusora es suficiente con limpiarlo e inspeccionarlo a fondo una vez al año (aros, jaula, elementos rodantes) junto con las demás piezas anexas al rodamiento, ya que son rodamientos muy grandes y muy costosos.

Después de haber limpiado los componentes del rodamiento con un disolvente adecuado (petróleo refinado, parafina, gasolina, etc.) deberán aceitarse o engrasarse inmediatamente para evitar su oxidación. Esto es de particular importancia para los rodamientos de máquinas con largos periodos de inactividad.

- **Reemplazo de los rodamientos.**- Una vez que se ha detectado el rodamiento que debe ser reemplazado, para su desmontaje siguió el siguiente procedimiento:

- Cualquier rebaba, viruta, oxido o suciedad debe ser removida de las superficies de los asientos del eje, alojamiento y apoyos donde ira montado el rodamiento nuevo.
- El montaje se puede facilitar si se aplica una capa delgada de aceite a las superficies limpias.
- Se saca el rodamiento de su empaque justo antes de que se vaya a realizar el montaje debido a que puede ensuciarse y no funcionaria de la mejor manera.

- Virutas, rebabas y otros contaminantes que se filtren al interior del rodamiento antes y durante el montaje, causaran ruidos y vibraciones durante la puesta en funcionamiento.
- Cuando se utiliza un martillo durante el montaje de los rodamientos ocasiona daños debido a los impactos puntuales.
- Cuando el montaje del rodamiento requiera de un ajuste apretado, se debe utilizar una prensa u otro dispositivo para distribuir la fuerza de manera uniforme.

5.5 Mantenimiento mejorativo del sistema de calentamiento o calefacción

El sistema de calentamiento de la máquina extrusora está conformado por un conjunto de 18 resistencias eléctricas tipo abrazadera que están montadas sobre una camisa o cilindro construida de un acero especial resistente a altas temperaturas donde en el interior de éste se encuentra alojado el tornillo extrusor que es construido de un acero especial y los alabes de bronce que de igual manera forman parte de este sistema, y adicionalmente dos resistencias que están ubicadas en la boquilla de salida del material extruido.

El mantenimiento que se ejecutó fue revisar que las resistencias eléctricas de calentamiento tengan un buencontacto con la superficie a calentar, debido a que un mal contactoproporcionará una lectura errónea en el controlador de temperatura y además la misma se puededañar.

También se revisó que los terminales de salida estén bien ajustados a la resistencia y que los conductores de alimentación deben estar forrados con un material protector que soporte altas temperaturas como en este caso se utilizó conductores con aislantes de amianto.

Figura 58. Resistencias eléctricas tipo abrazadera



También se realizó el mantenimiento de la camisa y del tornillo que consistió en limpiar su interior de los restos de polietileno seco, midiendo y verificando el diámetro de la camisa con el diámetro del tornillo comprobando si existe o no desgaste.

Cuando el desgaste del tornillo extrusor y de la camisa haya sobrepasado las especificaciones o tolerancias permitidas, éste deberá cambiarse todo el conjunto para que no existan pérdidas en la producción.

Figura 59. Limpieza del interior del cilindro o camisa



Figura 60. Medición del interior de la camisa



El procedimiento es el mismo cuando el tornillo es el desgastado, la holgura que debe tener la camisa con las hélices del tornillo debe estar entre 0.15 y 0.25 mm, un ajuste más preciso sería muy difícil de fabricar y desarrollaría más calor debido a la fricción, y tolerancias mayores son sinónimo de desgaste, es por ello que es recomendable cambiarse ambos.

El mantenimiento del husillo es básicamente casi el mismo que el de la camisa ya que se deben medir las hélices para verificar desgastes, en este caso, el desgaste es importante dependiendo la zona en que se encuentre.

Figura 61. Extracción de la camisa del tornillo extrusor



De igual manera debe limpiarse y verificar que no tenga astillamientos o roturas en sus hélices.

Figura 62. Limpieza y medición del diámetro y hélices del tornillo extrusor



Se recomienda pulir el husillo con pasta de alisary luego pasar una capa fina de silicón líquido para eliminar las sustancias carbonosas y contaminantes y, si se almacena como repuesto, se debe guardar en lugares libres de humedad para evitar la corrosión, lubricarse con cualquier tipo de aceite o grasa y envolverse en plástico.

Para el mantenimiento de los elementos que componen el sistema de calentamiento de la máquina se ha tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo del conjunto camisa-tornillo.
- Dimensiones de diámetros internos y externos de la camisa.
- Dimensiones de diámetro del tornillo extrusor.

- Dimensiones de hélices (ancho, altura, ángulo de paso, etc.) y profundidades de cada zona del tornillo extrusor.
- Tipo de resistencias eléctricas.
- Datos de placa de resistencias (tensión, potencia, diámetro interior, etc.)
- Tipo de conexión de las resistencias eléctricas.
- Tipo de conductor para las resistencias eléctricas.
- Tipo de termocuplas utilizadas para medir la temperatura.
- Estado de la ubicación de las termocuplas.

5.6 Mantenimiento mejorativo del sistema de enfriamiento o ventilación

El sistema de enfriamiento o ventilación que utilizaba la máquina antes de realizar la reparación, era mediante agua que recirculaba en serpentines enrolladas alrededor de la camisa.

Este tipo de ventilación fue modificado a un sistema de tres ventiladores (*una para cada zona del tornillo extrusor*); debido a que en la empresa no existe un sistema de almacenamiento de agua por lo que no fue posible habilitar el sistema de enfriamiento original.

Los ventiladores generalmente son dispositivos que en su interior contiene aspas o hélices según sea el diseño para recoger aire del medio ambiente, forzarlo y distribuirlo al exterior de la camisa.

Este sistema de enfriamiento permite que la película de polietileno no se bloquee durante el recorrido por el interior de la camisa, hasta el filtro de salida del material; además influye mucho en la calidad de la película resultante.

Es por ello que la utilización de aire en el sistema de refrigeración proporciona una mejora en el rendimiento y conduce a una mejor estabilidad en el proceso de enfriamiento, ya que no se incluye la variación de temperaturas durante el día y la noche, esto contribuye a la constancia de las propiedades de la película plástica.

Los trabajos de mejoramiento que se realizó fue la construcción de una camisa de ventilación, por donde ingresa el aire proveniente de los ventiladores mediante unas mangueras, también se realizó la construcción de los canales de ventilación, que tienen fundamental importancia que es la de asegurar que la circulación del flujo de aire sea la prevista a cada una de las zonas del tornillo extrusor.

5.7 Procedimientos de seguridad durante el mantenimiento y reparación

Las actividades de mantenimiento mecánico y eléctrico conllevan riesgos propios por su naturaleza para el personal de mantenimiento, por lo tanto se deben seguir procedimientos de seguridad adecuados para precautelar la seguridad del operador y de los equipos evitando accidentes con daños personales y materiales que perjudiquen a la empresa; a continuación se detallan algunos parámetros de seguridad que se han seguido durante la ejecución del mantenimiento:

- Utilizar ropa y un equipo de protección adecuada para realizar el mantenimiento o reparación según sea el caso, eléctrico o mecánico.
- Seguir normas y procedimientos de seguridad establecidos.
- Realizar montajes y desmontajes siguiendo procedimientos con seguridad.
- Se debe conocer el equipo o máquina con el cual se trata y si es posible tener un manual de procedimientos.
- Nunca exponerse a situaciones inseguras o realizar acciones inseguras.

- Al realizar mantenimiento asegurarse siempre que la máquina o equipo se encuentre apagado y sin energía.

5.7.1 Normas importantes de seguridad en el área de extrusión. Se sugiere leer y entender los manuales de instalación, operación y mantenimiento que provee el fabricante de la máquina de extrusión, si no se tiene alguno puede utilizar este programa como guía.

No hay que pasar desapercibidos los avisos de advertencia y cuidado, generalmente un aviso de advertencia indica una condición posiblemente insegura que podría causar lesiones a personas, mientras que un aviso de cuidado indica una condición que podría ocasionar daños a los equipos.

Para protección personal, se sugiere seguir ciertos lineamientos y normas que evitarán accidentes y daños a los equipos principalmente del área de extrusión, las cuales se presentan a continuación:

- El operador de esta máquina no debe llevar ningún artículo como cadenas o anillos. No debe llevar la ropa suelta y si en alguna ocasión posee el cabello largo, tendrá que ser atado y colocado una cofia.
- Para mayor seguridad, esta máquina debe ser operada solamente por una persona que deber ser capacitada para el proceso de extrusión.
- Si el operador no es técnico, en ningún momento debe tratar de reparar el equipo a la hora de que éste sufra un desperfecto, sino que debe informarse al personal altamente especializado.
- Durante el funcionamiento de la máquina extrusora, se debe evitar que personal no especializado se acerque al área de operación.

- El cabezal del filtro de salida del material trabaja a altas temperaturas y por lo general no se encuentran aislado, para este caso es recomendable que los operadores trabajen con guantes específicos para la operación y tener cerca del extrusor, así como también el equipo de primeros auxilios.
- Todo el cableado se debe tener en perfectas condiciones.
- Deben estar aislados los contactos de las cintas calefactoras y verificar las conexiones a tierra.
- Se deben señalar los canales de cableado eléctrico, así como colocar letreros o afiches de precaución para indicar lugares de alta tensión.
- El plástico genera electricidad estática y para evitar choques eléctricos se deben utilizar zapatos adecuados.
- Mantener las instalaciones limpias, ordenadas, no colocar piezas, accesorios o herramientas encima de la máquina; mantener las escaleras y el área perimetral libre de sustancias deslizantes como lubricantes y grasas.
- El operador debe utilizar equipo adecuado como zapatos de cuero y suela de caucho, pantalón y camisa con una talla ajustada y cómoda, casco, lentes, y en algunos casos tapones auditivos.
- Nunca deben poner las manos cerca de lugares peligrosos cuando la máquina esté en funcionamiento por ejemplo: polea de salida del motor, polea de entrada a la caja de transmisión, bandas acopladas a las poleas, moldes y sistema de extrusión cuando éstos se encuentran funcionando o estén a altas temperaturas en proceso de calentamiento.
- Antes del arranque del motor principal supervisar que la temperatura de operación de la extrusora sea la asignada, si se opera sin previo calentamiento puede ocasionar que el husillo se quiebre o se deforme, y provocar daños a la camisa.

5.8 Planificación y programación del mantenimiento preventivo de la máquina extrusora.

La elaboración de la planificación y la programación del mantenimiento preventivo requiere de un conocimiento previo del estado técnico de la máquina y de las exigencias que se tiene que cumplir para una buena conservación de ésta, para ello es necesario efectuar un conjunto de trabajos iniciales que permitan conocer tal situación.

La planificación del mantenimiento consiste en el uso de un modelo sistemático y organizado que permitirá cumplir las diversas tareas a realizarse en la maquinaria o equipos, empleando del modo más racional los recursos humanos y materiales.

Cabe recalcar que el mantenimiento preventivo es el método que se utiliza para la conservación planeada, teniendo como función conocer el estado de la máquina e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción.

Un buen mantenimiento preventivo y eficiente reducirá costos, y los índices de producción serán más altos.

El programa de este tipo de mantenimiento incluye ciertos procedimientos que se tiene que cumplir en cada visita tales como: revisiones e inspecciones, lubricación periódica y limpieza.

Es así que para poder llevar a cabo la planificación del mantenimiento se requirió tener conocimiento acerca de algunos parámetros principales como son:

- **Grado de utilización de la máquina.-** El grado de utilización es una cifra porcentual calculada en base a las horas trabajadas por la máquina con respecto a un año calendario (365 días = 8760 horas).

La máquina extrusora servirá para el desarrollo del proceso productivo de la elaboración de fundas plásticas de la Empresa “EDUPLASTIC”, donde ésta entrará en funcionamiento las 24 horas del día durante tres días laborables, es decir 3744 horas al año.

- **Banco de tareas por familia de equipos.-** Es el conjunto de trabajos de mantenimiento que se realiza en cada uno de las familias de equipos, con el objeto que sus mecanismos y partes funcionen correctamente y se mantengan en buen estado.

- **Procedimientos.-** Es el conjunto de actividades que se realiza en cada uno de los trabajos de mantenimiento determinados en el banco de tareas por familia de equipos.

- **Listado de herramientas, materiales y repuestos.-** Es la descripción detallada de todas las herramientas, materiales y repuestos los cuales fueron utilizados en cada procedimiento del banco de tareas de familias por equipos, los mismos que son necesarios para realizar los trabajos de mantenimiento.

- **Frecuencia de mantenimiento.-** Es la magnitud de tiempo con la que se repiten los diversos trabajos de mantenimiento determinados por el banco de tareas por familia de equipos.

Para describir las tareas y frecuencias de mantenimiento para los equipos tomamos los registros del historial de averías, las recomendaciones que nos dan los fabricantes en los manuales y la experiencia de los operarios.




5.9 Planificación de tareas, procedimientos, listado de herramientas, materiales, repuestos y frecuencias de mantenimiento de la máquina extrusora de polietilenos de la Empresa “EDUPLASTIC”.

Después de haber realizado la repotenciación y el mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora, se elaboró un plan de mantenimiento, el cual se deberá seguir durante el período planificado, para un mejor funcionamiento y cuidado de la misma.

Esta planificación se ha elaborado teniendo en cuenta el estado en el que se encontraba la máquina antes de la reparación y la experiencia de trabajo para poder obtener las frecuencias de los diferentes elementos que conforman la máquina.

Es así que se elaboró fichas del banco de tareas con sus frecuencias, los materiales y las herramientas que, de hoy en adelante se utilizarán en la ejecución de cada tarea y su respectivo procedimiento. Las fichas se presentan a continuación:

Tabla 14. Fichas del banco de tareas, procedimientos, listado de herramientas, materiales, repuestos y frecuencias de mantenimiento de la máquina extrusora de polietilenos.

| | | |
|---|--|--|
|  |  | |
| EQUIPO: | <i>Máquina extrusora de polietilenos</i> | |
| CÓDIGO TÉCNICO: | E – PMA – EXT – BA03 | |
| DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO: | E = Eduplastic | |
| | PMA = Producción – Mantenimiento | |
| | EXT = Extrusión | |
| | BA03 = Barmag | |
|  | | |

| | | |
|---|------------------|---|
| SISTEMA: General | | PARTE PRINCIPAL: Máquina General |
| FRECUENCIA: Cada año | | TIEMPO ESTIMADO: 00:30 horas |
| TAREA: <i>REVISIÓN DE LA CARCASA Y ANCLAJE DE LA MÁQUINA</i> | | |
| PROCEDIMIENTO | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Revisar los pernos de sujeción del chasis de la máquina. 3. Chequear la nivelación de la máquina. 4. Revisar empotración de bases de la máquina. | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Destornillador estrella. • Destornillador plano. • Medidor de nivel. • Llave de pico grande. • Llave de boca # 27. | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Spray penetrante anticorrosivo. • Pernos 3/4" x 1½" Cantidad: 2 • Arandelas planas y de presión 3/4". Cantidad: 2 |

| | | |
|---|--|---|
| SISTEMA: Mecánico | | PARTE PRINCIPAL: Motor Principal |
| FRECUENCIA: Cada año | | TIEMPO ESTIMADO: 03:00 horas |
| TAREA: <i>INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DEL MOTOR PRINCIPAL.</i> | | |
| PROCEDIMIENTO | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Aflojar el tensador de las bandas del motor principal y retirar las bandas. 3. Retirar el motor de ventilación de la parte superior del motor principal. 4. Señalar tanto la tapa frontal como la trasera para realizar un montaje correcto. 5. Aflojar los pernos y retirar la tapa trasera del motor. 6. Retirar la simbra de seguridad y extraer el rodamiento. 7. Desconectar los conductores de conexión al portaescobillas y retirar el conjunto de escobillas del colector del motor. 8. Retirar la tapa frontal y extraer la polea y el rodamiento. 9. Extraer cuidadosamente el rotor o inducido, soplearlo con aire a baja presión y limpiarlo con líquido dieléctrico para motores eléctricos. 10. Limpiar y revisar el estado del eje, del colector y del inducido del motor. 11. Limpiar y revisar el estado de las bandas y la polea acoplada al eje del motor. 12. Limpiar y revisar el estado de los rodamientos. 13. Limpiar y revisar el estado de las portaescobillas y cambiar las escobillas. 14. Limpiar y revisar el estado de las bobinas del inductor, barnizarlas y poner a secar al ambiente. 15. Volver a ensamblar el motor principal repitiendo en sentido inverso los pasos 9 al 1, si | | |

| no existe ningún problema con los elementos. | | |
|--|-----------|--|
| 16. Energice el motor principal y compruebe su funcionamiento en vacío. | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de pico grande. • Llave mixta # 12. • Llave de boca # 14. • Llave de boca # 17. • Punto y martillo metálico • Martillo de goma. • Saca binchas de interior y exterior. • Extractor de rodamientos • Extractor de poleas. • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. • Spray penetrante anticorrosivo. • Spray limpiador dieléctrico para motores eléctricos. • Barniz para motores eléctricos marca WEG. • Escobillas de carbón tipo E49. Cantidad: 6 Dimensiones: Largo: 40 mm Ancho: 25 mm Espesor: 10 mm |

| SISTEMA: Mecánico | PARTE PRINCIPAL: Motor Principal | |
|---|---|------------|
| FRECUENCIA: Cada año | TIEMPO ESTIMADO: 00:40 horas | |
| TAREA: REVISIÓN Y LIMPIEZA DEL MOTOR DE VENTILACION DEL M.P. | | |
| PROCEDIMIENTO | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Retirar el motor de ventilación de la parte superior del motor principal. 3. Señalar tanto la tapa frontal como la trasera para realizar un montaje correcto. 4. Aflojar los pernos y retirar la tapa trasera, el ventilador y el rodamiento. 5. Aflojar los pernos y retirar el cabezal de las aspas de ventilación del motor. 6. Retirar la tapa frontal y extraer el rodamiento. 7. Extraer cuidadosamente el rotor, soplearlo con aire a baja presión y limpiarlo con líquido dieléctrico para motores eléctricos. 8. Limpiar y revisar el estado de las aspas de ventilación. 9. Limpiar y revisar el estado del eje y del rotor del motor. 10. Limpiar y revisar el estado de los rodamientos. 11. Limpiar y revisar el estado de las bobinas del estator, barnizarlas y poner a secar al ambiente. 12. Volver a ensamblar el motor repitiendo en sentido inverso los pasos 7 al 1. 13. Energice el motor principal y compruebe su funcionamiento en vacío. | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |

| | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de boca # 10. • Llave de boca # 8. • Hexagonal # 6. • Punto y martillo metálico • Martillo de goma. • Extractor de rodamientos • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Spray penetrante anticorrosivo. • Spray limpiador dieléctrico para motores eléctricos. • Barniz para motores eléctricos marca WEG. |
|---|--|--|

| | | | |
|---|------------------|--|--|
| SISTEMA: Mecánico | | PARTE PRINCIPAL: Motor Principal | |
| FRECUENCIA: Cada 6 meses | | TIEMPO ESTIMADO: 02:00 horas | |
| TAREA: LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS DEL MOTOR PRINCIPAL | | | |
| PROCEDIMIENTO | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Retirar el motor de ventilación de la parte superior del motor principal. 3. Abrir el motor y realizar la limpieza con aire a baja presión. 4. Revisar el estado de los rodamientos, sujételos por la pista interna y gire la pista externa. El rodamiento no deberá emitir ruido ni vibración. En el caso de alguna duda, se deberá sustituir. 5. Limpiar los rodamientos dejándolos libre de cualquier residuo grasa o cualquier otro contaminante con la ayuda de disolvente y un pincel o una brocha delgada, se debe dejar secar al clima y no utilizar aire comprimido. 6. Lubricar el rodamiento de bolas colocando grasa manualmente una cantidad de 20 gramos (<i>Ver anexo 5</i>) o según recomendación del fabricante. 7. Lubricar el rodamiento de rodillos colocando grasa manualmente una cantidad de 45 gramos (<i>Ver anexo 5</i>) o según recomendación del fabricante. 8. Volver a ensamblar el motor teniendo cuidado de la alineación y balanceo. 9. Energice los motores y compruebe su funcionamiento en vacío. | | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de boca # 8 y # 10 • Llave de boca # 14 y # 17 • Punto y martillo metálico • Martillo de goma. • Extractor de rodamientos • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. • Grasa a base de litio para rodamientos FAG. | |

| | | | |
|--------------------------------|--|---|--|
| SISTEMA: Mecánico | | PARTE PRINCIPAL: Motor Principal | |
| FRECUENCIA: Cada 3 años | | TIEMPO ESTIMADO: 02:00 horas | |

| | | |
|---|--|---|
| TAREA: CAMBIO DE RODAMIENTOS DEL M. P. Y MOTOR VENTILACIÓN. | | |
| PROCEDIMIENTO | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Retirar el motor de ventilación de la parte superior del motor principal. 3. Realizar la limpieza con aire a baja presión. 4. Retirar las tapas y extraer los rodamientos. 5. Limpiar cualquier tipo de contaminante que se encuentre ubicado en las pistas donde irán ubicados los rodamientos nuevos. 6. Montar los rodamientos evitando golpear en la pista y canastilla. 7. Volver a ensamblar el motor teniendo cuidado de la alineación y balanceo. 8. Repetir procedimiento para el motor ventilación del M.P. 9. Energice los motores y compruebe su funcionamiento en vacío. | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de boca # 8 • Llave de boca #10 • Llave de boca # 14 • Llave de boca # 17 • Martillo metálico • Martillo de goma. • Extractor de rodamientos • Brocha | <p>Rodamientos motor principal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6311 C3 (FAG). • 3nu14EC (SKF). • NU314ECP (SKF). <p>Rodamientos motor ventilación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6204 C3 (FAG). • 6203 C3 (FAG). | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. |

| | |
|---|--|
| SISTEMA: Transmisión Mecánica | PARTE PRINCIPAL: Motor y caja reductora |
| FRECUENCIA: Cada 6 meses | TIEMPO ESTIMADO: 02:00 horas |
| TAREA: CAMBIO, ALINEACIÓN Y TENSION DE BANDAS. | |
| PROCEDIMIENTO | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Aflojar los pernos de la base del motor. 3. Aflojar el tensador y retirar las bandas del motor principal. 4. Verificar que no exista desgaste anormal o daños en las poleas. Si existe o en caso de duda, cambie las poleas. 5. Alinear la posición de las poleas moviendo el motor principal. 6. Instalar todo el juego de correas nuevas. NUNCA debe mezclarse bandas nuevas con bandas usadas, y si es el caso poner bandas del mismo fabricante. 7. Ajustar el templador teniendo cuidado con la alineación de las bandas. 8. Verificar la tensión de las bandas. 9. Ajustar pernos de la base del motor. 10. Energizar la máquina y comprobar su funcionamiento en vacío. 11. Escuchar cualquier anomalía durante su funcionamiento. | |

| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
|--|-----------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de pico mediana. • Llave de boca # 27 • Martillo metálico • Regla tipo cuerda para alineación de ejes. • Tensimetro. • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. • Bandas Dayco AP88 (V9D) Cantidad: 5 Longitud: 1110 mm Altura: 7.5 mm Anchura: 12 mm |

| | |
|---|--|
| SISTEMA: Mecánico | PARTE PRINCIPAL: Caja Reductora |
| FRECUENCIA: Cada año | TIEMPO ESTIMADO: 04:00 horas |
| TAREA: <i>INSPECCIÓN DE LA CAJA REDUCTORA DE VELOCIDAD</i> | |

PROCEDIMIENTO

1. Calentar la máquina durante 00:30 horas.
2. Apagar y desenergizar la máquina.
3. Quitar el tapón y sacar el aceite de la caja reductora.
4. Aflojar el tensador de las bandas del motor, retirar las bandas y extraer la polea del eje de entrada a la caja de transmisión.
5. Aflojar los tornillos y retirar la tapa superior de la caja reductora.
6. Retirar la cubierta de protección del sistema de calefacción de la máquina.
7. Aflojar pernos y retirar la camisa y el tornillo extrusor.
8. Desmontar la tolva, aflojar los pernos y retirar el cabezal de alimentación del material de la tapa de la caja reductora.
9. Aflojar los pernos y retirar la tapa de la caja reductora.
10. Extraer cuidadosamente todos los engranajes de la caja reductora.
11. Retirar los retenedores de aceite y extraer todos los rodamientos.
12. Limpiar y revisar el estado de los engranajes, verificando que no exista picaduras, rupturas y erosión en los dientes.
13. Limpiar los rodamientos dejándolos libre de cualquier residuo grasa o cualquier otro contaminante con la ayuda de disolvente y un pincel, se debe dejar secar al clima y no utilizar aire comprimido.
14. Revisar el estado de los rodamientos sujetándolos por la pista interna y gire la pista externa. El rodamiento no deberá emitir ruido ni vibración. En el caso de alguna duda, se deberá sustituir.
15. Pulverizar los engranajes con aire a baja presión.
16. Volver a ensamblar la caja reductora de velocidad teniendo cuidado de la alineación y balanceo, repitiendo en sentido inverso del paso 11 al 2.
17. Energizar la máquina y comprobar su funcionamiento en vacío.

| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
|--------------|-----------|------------|
|--------------|-----------|------------|

| | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de pico grande. • Llave allen # 17. • Llave allen # ½” • Llave allen # 6. • Llave allen # 10. • Saca binchas de interior y exterior. • Extractor de rodamientos • Extractor de poleas. • Martillo de goma • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. • Spray penetrante anticorrosivo. • Líquido removedor de óxido de acción fosfatizante (<i>SUFOX</i>). • Lubricante protector anticorrosivo repelente de agua (<i>LUBE ALL</i>). • Retenedores de aceite (60x85x10) mm. (120x160x16) mm. (120x150x12) mm. (16x35x7) mm. • Acople semirrígido para el tornillo. Cantidad: 3 Material: amianto y/o grafito trenzado (115x90x12) mm. |
|---|--|---|

| | | |
|---|--|-------------------|
| SISTEMA: Mecánico | PARTE PRINCIPAL: Caja Reductora | |
| FRECUENCIA: Cada 3 años | TIEMPO ESTIMADO: 04:00 horas | |
| TAREA: CAMBIO DE RODAMIENTOS DE LA CAJA REDUCTORA DE VELOCIDAD | | |
| PROCEDIMIENTO | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Calentar la máquina durante 00:30 horas. 2. Apagar y desenergizar la máquina. 3. Quitar el tapón y sacar el aceite de la caja reductora. 4. Aflojar el tensador de las bandas del motor, retirar las bandas y extraer la polea del eje de entrada a la caja de transmisión. 5. Aflojar los tornillos y retirar la tapa superior de la caja reductora. 6. Retirar la cubierta de protección del sistema de calefacción de la máquina. 7. Aflojar pernos y retirar la camisa y el tornillo extrusor. 8. Desmontar la tolva, aflojar los pernos y retirar el cabezal de alimentación del material de la tapa de la caja reductora. 9. Aflojar los pernos y retirar la tapa de la caja reductora. 10. Extraer cuidadosamente todos los engranajes de la caja reductora. 11. Retirar los retenedores de aceite y extraer todos los rodamientos. 12. Montar cuidadosamente los rodamientos nuevos. 13. Volver a ensamblar la caja reductora de velocidad teniendo cuidado de la alineación y balanceo, repitiendo en sentido inverso del paso 10 al 2. 14. Energizar la máquina y comprobar su funcionamiento en vacío. | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |

| | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de pico grande. • Llave allen # 17. • Llave allen # ½” • Llave allen # 6. • Llave allen # 10. • Saca binchas de interior y exterior. • Extractor de rodamientos • Extractor de poleas. • Martillo de goma • Brocha | <p>Rodamientos engrane conductor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3nu12EC (SKF) • 22312CC (SKF) • NU312ECP (SKF) <p>Rodamientos engrane intermediario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 22317CC (SKF) • NU218P (SKF) <p>Rodamientos engrane conducido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 29434E (FAG) • NU224C3 (SKF) • 23024ES (FAG) • 2nu24A (SKF) | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. • Spray penetrante anticorrosivo. |
|---|--|--|

| | | | |
|---|------------------|--|--|
| SISTEMA: Mecánico | | PARTE PRINCIPAL: Caja Reductora | |
| FRECUENCIA: Cada 6 meses | | TIEMPO ESTIMADO: 00:20 horas | |
| TAREA: CAMBIO DE LUBRICANTE DE LA CAJA REDUCTORA DE VELOCIDAD | | | |
| PROCEDIMIENTO | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Aflojar el tapón y drenar el aceite de la caja reductora. 3. Limpiar el visor del nivel de aceite. 4. Aflojar los tornillos y retirar la tapa superior de la caja reductora. 5. Insertar el lubricante en la caja reductora hasta el nivel señalado. 6. Colocar el tapón y ajustar al torque apropiado. 7. Verificar que no exista fuga por los retenedores. 8. Energizar la máquina y comprobar su funcionamiento en vacío. | | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave allen # 17. • Martillo de goma • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. • Spray penetrante anticorrosivo. • Lubricante Shell Omala HD 150 ó Vítrea 22 | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| SISTEMA: Extrusión | | PARTE PRINCIPAL: Camisa y Tornillo | |
| FRECUENCIA: Cada año | | TIEMPO ESTIMADO: 03:00 horas | |
| TAREA: INSPECCIÓN DE LA CAMISA Y TORNILLO EXTRUSOR | | | |

| PROCEDIMIENTO | | |
|---|------------------|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Calentar la máquina durante 00:30 horas. 2. Apagar y desenergizar la máquina. 3. Retirar la cubierta de protección del sistema de calefacción de la máquina. 4. Aflojar pernos y retirar la camisa y el tornillo extrusor. 5. Limpiar rápidamente el tornillo con una espátula y lustre. 6. Verificar que no exista daños en el tornillo extrusor. 7. Realizar las mediciones del diámetro (90 mm), el ancho de los filetes o dientes (15 mm) y las profundidades de cada zona de las 2 etapas del tornillo extrusor. 8. Limpiar la superficie del tornillo y pulverizar con silicón líquido. 9. Conectar las resistencias y calentar la camisa. 10. Limpiar la parte interior con lustre. 11. Medir el diámetro interior (90.25 mm) y verificar que no exista ningún tipo de desgaste, raspaduras o picaduras en toda la longitud de la camisa. 12. Comparar las dimensiones de diámetros del tornillo y camisa y su tolerancia de variación no debe sobrepasar de los 0.25 mm. Caso contrario se deberá rectificar bien sea el caso: la camisa o el tornillo. 13. Limpiar el filtro de salida del material. 14. Cambiar las mallas del filtro de salida. 15. Apretar tornillos y calibrar temperaturas. 16. Energizar la máquina y comprobar su funcionamiento en vacío. | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de pico mediana • Llave allen # 19 • Llave allen # 6. • Llave allen # 5 • Martillo de goma • Brocha • Espátula. | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. • Lustre. • Spray penetrante anticorrosivo. • Silicón líquido o emulsión de silicona (<i>Shine Plus Silicona</i>). • Mallas de alambre ultra fino. |

| SISTEMA: Ventilación | PARTE PRINCIPAL: Motores-Ventiladores |
|--|--|
| FRECUENCIA: Cada 6 meses | TIEMPO ESTIMADO: 02:00 horas |
| TAREA: CAMBIO DE RODAMIENTOS DE LOS MOTORES-VENTILADORES | |
| PROCEDIMIENTO | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Aflojar los tornillos de las abrazaderas y desconectarlas de los ventiladores. 3. Retirar las tapas de los ventiladores. 4. Retirar las tapas de los motores. | |

| <ol style="list-style-type: none"> 5. Extraer todos los rodamientos. 6. Limpiar cualquier tipo de contaminante que se encuentre ubicado en las pistas donde irán ubicados los rodamientos nuevos. 7. Montar los rodamientos evitando golpear en la pista y canastilla. 8. Volver a ensamblar los motores. 9. Conectar las mangueras de circulación de aire a la boca de los ventiladores. 10. Energice los motores y compruebe su funcionamiento. | | |
|---|---|--|
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de boca # 8 • Llave de boca #10 • Martillo de goma. • Extractor de rodamientos • Brocha | <p>Rodamientos motores zona 1 y 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6001 2RS (FAG). <p style="text-align: center;"><i>Cantidad: 4</i></p> <p>Rodamientos motor zona 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6203 2RS (FAG). <p style="text-align: center;"><i>Cantidad: 2</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina. • Spray penetrante anticorrosivo. |

| SISTEMA: Ventilación. | | PARTE PRINCIPAL: Motores y ventiladores |
|---|-----------|---|
| FRECUENCIA: Cada tres meses | | TIEMPO ESTIMADO: 01:00 horas |
| TAREA: REVISIÓN Y LIMPIEZA DE LAS ASPAS DE VENTILACIÓN. | | |
| PROCEDIMIENTO | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Aflojar los tornillos de las abrazaderas y desconectarlas de los ventiladores. 3. Retirar las tapas de los ventiladores y extraer las aspas de ventilación. 4. Limpiar con gasolina cualquier tipo de contaminante que se encuentre ubicado en las aletas y en la carcasa del ventilador. 5. pulverizar con silicón líquido la carcasa y las aletas de ventilación. 6. Sopletear las mangueras de circulación del aire de ventilación pistola de aire a presión. 7. Insertar las aspas del ventilador teniendo cuidado con la alineación y balanceo. 8. Ensamblar la tapa de los ventiladores. 9. Conectar las mangueras de circulación de aire a la boca de los ventiladores. 10. Energice los motores y compruebe su funcionamiento. | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Llave de boca # 8 • Llave de boca #10 • Llave allen # 6 • Martillo de goma. | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Gasolina • Spray penetrante anticorrosivo. • Silicón líquido o emulsión de silicona (<i>Shine Plus Silicona</i>). |

| | | | |
|--|--|--|--|
| SISTEMA: Calefacción | | PARTE PRINCIPAL: Resistencias Eléctricas | |
| FRECUENCIA: Cada mes | | TIEMPO ESTIMADO: 01:00 horas | |
| TAREA: <i>INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE LOS ELEMENTOS DE CALEFACCIÓN.</i> | | | |
| PROCEDIMIENTO | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Retirar la cubierta de protección del sistema de calefacción de la máquina. 3. Aflojar los tornillos de las borneras y desconectar los conductores de alimentación de energía. 4. Aflojar los tornillos de las resistencias y retirarlas cuidadosamente de la camisa. <i>Nota:</i> No golpear las resistencias debido a que son muy sensibles a los golpes. 5. Limpiar con un paño húmedo con silicón líquido la parte externa de las resistencias. 6. Verificar que exista continuidad entre los conductores de salida del interior de las resistencias. 7. Colocar cuidadosamente las resistencias alrededor de la camisa. 8. Conectar en paralelo cada tres resistencias de cada una de las zonas. 9. Revisar el estado de las termocuplas y sus conexiones. 10. Revisar el apriete de los tornillos de las borneras de conexión tanto de las resistencias como de las termocuplas. 11. Colocar la cubierta de protección de las resistencias. 12. Energizar la máquina y comprobar su funcionamiento. | | | |
| HERRAMIENTAS | | REPUESTOS | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Llave allen # 5. • Destornillador estrella. • Destornillador plano. • Multímetro. • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Spray penetrante anticorrosivo. • Silicón líquido o emulsión de silicona (<i>Shine Plus Silicona</i>). • Termocuplas tipo “J”. • Borneras de porcelana de 6 polos 30 Amperios. <i>Cantidad: 6</i> | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| SISTEMA: Eléctrico. | | PARTE PRINCIPAL: Tablero de Control. | |
| FRECUENCIA: Cada tres meses | | TIEMPO ESTIMADO: 02:00 horas | |
| TAREA: <i>REVISIÓN DEL TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO</i> | | | |
| PROCEDIMIENTO | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Revisión del estado del seccionador de 220V. 3. Revisión del estado del seccionador de 440V. 4. Revisión del estado de fusibles y porta fusibles. 5. Revisión del estado de disyuntores. | | | |

| <ol style="list-style-type: none"> 6. Revisión del estado de interruptores diferenciales. 7. Revisión del estado de contactores. 8. Revisión del estado de los circuitos rectificadores. 9. Revisión del estado del reóstato. 10. Lubricar las guías del tornillo sin fin del reóstato. 11. Limpiar las resistencias verticales del reóstato. 12. Revisión del estado de los controladores de temperatura. 13. Revisión del estado de los elementos de medición. 14. Limpiar los contactos de todos los elementos con spray limpiador. 15. Inspección visual del estado de las borneras y sus contactos. 16. Revisión de continuidad en contactos de contactores. 17. Verificar y calibrar el amperaje en el guardamotor y relés térmicos. 18. Verificar las tensiones y corrientes de entrada y salida. 19. Realizar un reajuste de los tornillos de las borneras de todo el sistema. 20. Energizar la máquina y comprobar su funcionamiento en vacío. | | |
|--|-----------|---|
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Destornillador estrella. • Destornillador plano. • Multímetro. • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Spray limpiador de contactos eléctricos y electrónicos. |

| SISTEMA: General | | PARTE PRINCIPAL: Máquina General |
|---|-----------|--|
| FRECUENCIA: Diaria | | TIEMPO ESTIMADO: 00:10 horas |
| TAREA: LIMPIEZA GENERAL DE LA MÁQUINA. | | |
| PROCEDIMIENTO | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar y desenergizar la máquina. 2. Sopletear la máquina con aire a baja presión. 3. Limpiar la tolva de alimentación del material luego de cada jornada de trabajo. 4. Mantener limpio toda el área de trabajo de la máquina extrusora. | | |
| HERRAMIENTAS | REPUESTOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Brocha | | <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe |

5.10 Programación del mantenimiento

Para iniciar la programación de las actividades de mantenimiento de la máquina extrusora de polietilenos, fue necesario concientizar a los operadores sobre la necesidad



y la importancia que tiene un plan de mantenimiento ya que ellos son la fuerza laboral que pone en práctica toda la planificación.

Sabemos que la programación del mantenimiento “Es la determinación de cuándo debe realizarse cada una de las tareas planificadas, teniendo en cuenta los programas de producción, la cantidad de materiales y la mano de obra disponible.”.

5.10.1 Programa de mantenimiento para ejecutar el banco de tareas de la máquina extrusora de polietilenos de la Empresa “EDUPLASTIC”. La programación anual del mantenimiento en la máquina extrusora, se lo realizó de manera que se encuentren inmersas todas y cada una de las actividades especificadas en el banco de tareas de todas las partes y componentes de la máquina.

Para lo cual también es de suma importancia tomar en cuenta los días laborables en los que el personal de mantenimiento y los operadores de la máquina realizaran cada trabajo.

Tabla 15. Programa anual de mantenimiento de la máquina extrusora de polietilenos

|  Eduplastie  | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------|------------|----------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| Sistema | Parte principal | Componentes/Elementos | Tipo de Tarea | Acción | Frecuencia | Tiempo (Horas) | Ultima Fecha (DD/MM/AA) | Próxima Fecha (DD/MM/AA) | Responsable |
| General | Máquina en General | Anclaje y carcaza | Trabajo Preventivo | Revisar | Mensual | 00:30 | 08/01 /2011 | 08/02/2011 | Operador |
| | | | Trabajo Preventivo | Limpiar | Diario | 00:10 | Todos los días laborables | | Mecánico de turno |
| Mecánico | Motor Principal y Ventilación | General | Trabajo Preventivo | Inspeccionar | Anual | 03:00 | 15/01/2011 | 15/01/2012 | Mecánico de turno |
| | | | Lubricación | Lubricar | Semestral | 02:00 | 16/02/2011 | 16/08/2011 | Mecánico de turno |
| | | Rodamientos | Trabajo Preventivo | Cambiar | 3 Años | 02:00 | 25/01/2011 | 25/01/2014 | Mecánico de turno |
| Transmisión | Caja reductora | Engranajes | Trabajo Preventivo | Inspeccionar | Anual | 06:00 | 23/02/2011 | 23/02/2012 | Mecánico de turno |
| | | | Trabajo Preventivo | Cambiar | 3 Años | 06:00 | 20/03/2011 | 20/03/2014 | Mecánico de turno |
| | | Bandas | Trabajo Preventivo | Tensar | Semestral | 00:15 | 10/03/2011 | 10/11/2011 | Operador |
| | | | Trabajo Preventivo | Cambiar | Semestral | 00:20 | 10/03/2011 | 10/11/2011 | Operador |
| | | Poleas | Trabajo Preventivo | Alinear | Semestral | 00:20 | 10/03/2011 | 10/11/2011 | Operador |
| | | Lubricante | Lubricación | Cambiar | Anual | 00:25 | 22/03/2011 | 22/03/2012 | Operador |
| Extrusión | Tornillo extrusor | Camisa y tornillo | Trabajo Preventivo | Inspeccionar | Anual | 02:00 | 28/01/2011 | 28/01/2012 | Mecánico de turno |
| | | | Trabajo Preventivo | Limpiar | Anual | 03:00 | 29/01/2011 | 29/01/2011 | Mecánico de turno |
| Ventilación | Motores de | Rodamientos | Trabajo Preventivo | Cambiar | Anual | 02:00 | 13/04/2011 | 13/04/2012 | Mecánico de turno |

| | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|------------|-------|------------------------|------------|-------------------|
| | Ventilación | Aspas | Trabajo Preventivo | Limpiar | Mensual | 01:30 | 30/03/2011 | 30/04/2011 | Operador |
| <i>Calefacción</i> | Resistencias Eléctricas | Resistencias | Trabajo Preventivo | Revisar | Semestral | 00:45 | 31/01/2011 | 31/07/2011 | Mecánico de turno |
| | | Termocuplas | Trabajo Preventivo | Revisar | Semestral | 00:20 | 31/01/2011 | 31/07/2011 | Mecánico de turno |
| <i>Eléctrico</i> | Tablero de control eléctrico | Elementos de Protección. | Trabajo Preventivo | Revisar y Limpiar | Trimestral | 00:30 | 25/02/2011 | 25/05/2011 | Mecánico de turno |
| | | Elementos de Control. | Trabajo Preventivo | Revisar y Limpiar | Trimestral | 00:30 | 25/02/2011 | 25/05/2011 | Mecánico de turno |
| | | Elementos de Potencia. | Trabajo Preventivo | Revisar y Limpiar | Trimestral | 00:30 | 25/02/2011 | 25/05/2011 | Mecánico de turno |
| | | Elementos de Medición. | Trabajo Preventivo | Revisar y Limpiar | Trimestral | 00:30 | 25/02/2011 | 25/05/2011 | Mecánico de turno |
| | | Elementos de Conexión. | Trabajo Preventivo | Revisar y Limpiar | Semanal | 00:15 | Las 52 semanas del año | | Operador |

En el *ANEXO F* se muestra la tabla de programación del mantenimiento para el año 2011 de la máquina extrusora, tabla que puede ser utilizada en cualquier máquina de la empresa o en otra empresa que creyera conveniente, haciendo lógicamente algunos cambios o adaptaciones requeridas según las necesidades que se tengan.

5.11 Determinación de costos requeridos para la repotenciación y el mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora.

La inversión que es destinada para el Mantenimiento tiene como finalidad que, las máquinas, equipos y sistemas de las empresas funcionen correctamente con lo cual se espera la eliminación o reducción de paros y pérdidas de producción. De ahí que los *Costos del Mantenimiento* y su correcta determinación se convierten en una herramienta fundamental para que el personal destinado para dar mantenimiento cumpla su cometido.

Hoy en día, muchas empresas, han aumentado o mejorado de manera significativa su haber de recursos humanos y materiales destinados al mantenimiento, *pero es evidente que la fórmula no se completa si no se proveen los recursos financieros*, con los cuales se tienen que adquirir materiales de consumo, partes de equipos, piezas de repuestos y otros insumos así como los servicios de reparación y mantenimiento que por razones económicas o de alcance tecnológico deban encargarse a terceros.

El Departamento de Mantenimiento debe preparar el *Presupuesto Anual Operativo* para mantenimiento en forma racional y consistente con los criterios y modalidad de presupuestación. De esto se puede deducir que: *“La disponibilidad de los equipos cuesta dinero, pero una baja disponibilidad cuesta más dinero todavía porque se producen pérdidas de producción y calidad.”*

Muchas empresas y desafortunadamente **EDUPLASTIC** administran pésimamente el costo de mantenimiento a través de gastos correctivos, ya que no tienen una planificación de presupuesto y no entienden que para ello debe haber una relación entre producción y mantenimiento en dónde la empresa deba contar con un buen sistema de

mantenimiento planificado y programado a largo plazo para disminuir los costos en reparaciones imprevistas que se dan en los equipos de la planta.

Hay que tener en cuenta que la gente tanto de mantenimiento, como la de producción y en especial la de administración tengan una idea de la inversión que se necesita para realizar las actividades de mantenimiento de los equipos del área de extrusión y por ende tener las máquinas con un alto grado de fiabilidad.

Es por ello que a continuación se detalla el cálculo tanto de los costos directos como de los gastos generales que se han realizado durante la repotenciación y el mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora.

5.11.1 Costos directos de mantenimiento. Los costos directos de mantenimiento se relacionan con la función del mantenimiento propiamente dicha, es decir, con el cumplimiento de los trabajos de mantenimiento y están agrupados de la siguiente manera:

- Costos de mano de obra
- Costos de repuestos
- Costos de materiales
- Costos de herramientas
- Costos de servicios exteriores

5.11.1.1 Cálculo de los costos de mano de obra

$$THM = HMP + HRI$$

Dónde:

THM = Total horas de mantenimiento

HMP = 326 (horas de mantenimiento preventivo)

HRI = 32,6 (horas reparaciones imprevistas)

$$THM = (326 + 32,6)h$$

$$THM = 358,6 h$$

Para realizar el mantenimiento se necesita de un técnico que lo realice, para lo cual se determinó la siguiente tabla con el costo/hora de acuerdo al salario (\$478) que percibe el técnico de mantenimiento que posee la empresa, recalando que trabaja las 8 horas de lunes a viernes completando 21 días laborables al mes.

Tabla 16. Costo de mano de obra

| Costo/Hora (\$/H) | Recurso Humano | Cantidad de personal |
|-------------------|----------------|----------------------|
| \$ 2,85 | Técnico | 1 |

$$CMO = THM * C/H * CP$$

$$CMO = 358,6 * 2,85 * 1$$

$$CMO = 1022,01 USD$$

El monto de mano de obra que tiene que pagar la empresa al técnico para dar mantenimiento anualmente a la máquina extrusora es de 1022,01 dólares.

5.11.1.2 Cálculo de los costos de repuestos y materiales. A continuación se presenta la tabla de los costos de los repuestos que se requirió y de los materiales que se utilizaron para cambiar en la máquina extrusora:

Tabla 17. Costo de repuestos y materiales

| CANT. | REPUESTOS - MATERIALES | UNIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|--------------|--|---------------|---------------------------|------------------------|
| 2 | Resistencia eléctrica tipo abrazadera 220 V 1760 W | Unidades | 66,75 | 133,50 |
| 1 | Guardamotor Schneider 063-1 ^a | Unidad | 52,50 | 52,50 |
| 2 | Contactador 9A AC3 Schneider | Unidades | 5,80 | 11,60 |
| 1 | Voltímetro 600Vdc 96x96mm | Unidad | 10,00 | 10,00 |
| 1 | Ventilador con filtro 220V | Unidad | 25,04 | 25,04 |
| 2 | Retenedor 60x85x10 | Unidad | 1,66 | 3,32 |
| 2 | Retenedor 120x150x12 | Unidad | 73,00 | 146,00 |
| 2 | Retenedor 120x160x12 | Unidad | 75,92 | 151,84 |
| 2 | Retenedor 16x35x7 | Unidad | 0,50 | 1,00 |
| 6 | Bandas Dayco AP88 | Unidades | 18,50 | 111,00 |
| 2 | Luz piloto 25mm | Unidades | 5,18 | 10,36 |
| 6 | Interruptores ON/OFF | Unidades | 0,45 | 2,70 |
| 1 | Pulsador emergencia | Unidad | 2,88 | 2,88 |
| 50 | Alambre de resistencia | Metros | 1,00 | 50,00 |
| 1 | Alambre flexible AWG # 16 | Rollo | 20,54 | 20,54 |
| 1 | Alambre flexible AWG #12 | Rollo | 53,13 | 53,13 |
| 1 | Canaleta ranurada gris 40x40 | Unidad | 4,84 | 4,84 |
| 2 | Canaleta ranurada gris 60x60 | Unidades | 16,86 | 33,72 |
| 2 | Discos de desbaste Norton | Unidades | 2,70 | 5,40 |
| 4 | Electrodos 6011 | Libras | 1,25 | 5,00 |
| 1 | Libretín de marcadores | Unidad | 7,59 | 7,59 |
| 1 | Lubricante anticorrosivo | Galón | 26,50 | 26,50 |
| 1/8 | Pintura negra | Litro | 28,00 | 3,50 |
| 1 | Plancha tool galvanizado 1/40 | Unidad | 18,00 | 18,00 |
| 1 | Removedor de pintura | Litro | 5,80 | 5,80 |
| 1 | Silicón líquido shine plus | Galón | 35,00 | 35,00 |
| 2 | Silicón plomo | Unidades | 2,45 | 4,90 |
| 2 | Terminal "u" #16-14 azul | Fundas | 4,78 | 9,56 |
| 1 | Terminales pin # 16 | Funda | 6,25 | 6,25 |
| ¼ | Tinher laca | Litro | 6,00 | 1,50 |
| 20 | Tornillo allen 6 mm | Unidades | 0,09 | 1,80 |
| 2 | Terminales pin #10-12 | Funda | 10,00 | 20,00 |
| 9 | Terminal talón simple 2/0 | Unidades | 0,95 | 8,55 |
| 17 | Marcadores Dexon | Cajas | 1,07 | 18,19 |
| | | | TOTAL | 1001,51 |

5.11.1.3 Cálculo de los costos de herramientas. Se necesitaron de algunas herramientas para complementar el trabajo con las herramientas que tiene la empresa, las cuales se adquirieron las siguientes:

Tabla 18. Costo de herramientas

| CANT. | HERRAMIENTAS | UNIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|--------------|-------------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | Broca 7/16'' | Unidad | 4,25 | 4,25 |
| 1 | Cepillo de copa Grata 5/8x100 | Unidad | 10,95 | 10,95 |
| 1 | Llave allen #17 | Unidad | 11,00 | 11,00 |
| | | | TOTAL | 26,20 |

5.11.1.4 Cálculo de los costos de servicios exteriores. La pintura de la máquina se lo realizó en una empresa que posee horno con pintura electrostática el cual representa un costo de servicio exterior que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 19. Costo de servicios exteriores

| CANT. | SERVICIOS EXTERIORES | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|--------------|---|-----------------------|--------------------|
| 1 | Pintado al horno de máquina extrusora de polietilenos | 280,00 | 280,00 |
| | | TOTAL | 280, 00 |

5.11.2 Gastos generales de mantenimiento. Los gastos generales se los puede denominar también como costos ocultos de mantenimiento debido a que no se los puede apreciar fácilmente porque son complemento de las actividades generadas por el mantenimiento, los cuales se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 20. Gastos generales de mantenimiento

| CANT. | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|--------------|--------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 6 | Energía eléctrica | Mensual | 40,00 | 240,00 |
| 6 | Utilería | Mensual | 5,00 | 30,00 |
| 6 | Movilización | Mensual | 20,00 | 120,00 |
| 6 | Administración | Mensual | 10,00 | 60,00 |
| | | | TOTAL | 450,00 |

Una vez conocido los valores tanto de los costos directos como de los indirectos se calculó el costo total de la repotenciación y mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora de polietilenos, el cual se detalla en la tabla 21.

Como se puede apreciar en la tabla, el costo real que se utilizó para la repotenciación y mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora de polietilenos es de **2779,72 USD**.

Este costo será una base que desde el año 2011 en adelante, la empresa deberá hacer constar en un presupuesto anual para realizar el mantenimiento de la máquina y mantenerlo en un buen estado, fiable y de alta disponibilidad y seguridad durante su funcionamiento.

A continuación, en la siguiente tabla se presenta un resumen de los costos generados para el mantenimiento de la máquina extrusora de polietilenos.

Tabla 21. Costo total del mantenimiento de la máquina extrusora, año 2011.

| MÁQUINA Y/O EQUIPO | TOTAL HORAS DE MTO. | COSTO MANO DE OBRA | COSTO DE REPUES. | COSTO DE MATER. | COSTO DE HERRAM | COSTO DE SERV. EXT. | GASTO DE ENERGIA | GASTO DE UTILERIA | GASTO DE MOVILIZ | GASTO DE ADMINIST |
|---|---|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| EXTRUSORA | 358,6 | 1022,01 | 661,74 | 339,77 | 26,20 | 280,00 | 240,00 | 30,00 | 120,00 | 60,00 |
|  | TOTAL COSTOS DIRECTOS: | | | | | TOTAL GASTOS GENERALES: | | | | |
| | 2329,72 USD | | | | | 450,00 USD | | | | |
| | COSTO TOTAL DE LA REPOTENCIACION Y MANTENIMIENTO DE LA MAQ. EXTRUSORA: | | | | | | | | | |
| 2779,72 USD | | | | | | | | | | |

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se logró realizar con éxito la repotenciación y mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora de polietilenos para colaborar con el desarrollo productivo de la Empresa “EDUPLASTIC” de la ciudad de Latacunga.
- La información se ha obtenido de manera real por parte del personal que manipula la máquina extrusora existente y de sus respectivas placas que aun existía en algunos elementos de la máquina repotenciada.
- Se diseñó nuevos circuitos eléctricos tanto de mando como de potencia para un mejor accionamiento de la máquina, marcando sus conexiones para una mejor identificación en una futura avería eléctrica.
- Se elaboró la documentación técnica de la máquina extrusora, para realizar una programación adecuada del mantenimiento.
- La implementación de un programa de mantenimiento preventivo es la medida correcta para que una máquina cualquiera tenga un correcto funcionamiento acorde a las necesidades de la empresa.
- Se estableció los costos de mantenimiento tanto directos como indirectos y gastos que son necesarios para la gestión correcta del mantenimiento.

6.2 Recomendaciones

- Evaluar el estado técnico de la máquina para determinar si se está realizando un adecuado mantenimiento preventivo.
- Mantener en óptimas condiciones la funcionabilidad de la máquina siguiendo los procedimientos del banco de tareas realizado; tomando como referencia las frecuencias y tiempos de ejecución actuales.
- Cumplir la planificación y programación del mantenimiento de la máquina extrusora de manera óptima, según como se encuentra detallada en este documento.
- Mantener la funcionabilidad de la máquina extrusora ejecutando adecuadamente los bancos de tareas, respetando la fecha, hora y los procedimientos que son necesarios para su ejecución.
- Utilizar la documentación elaborada durante la vida útil de la máquina extrusora de polietilenos.
- Realizar trabajos futuros evaluando la factibilidad económica de la producción, con nuevos elementos eléctricos y electrónicos sobre todo en el tablero de control y el cambio de motor principal, para que de una u otra manera se vaya adaptando conforme la tecnología avanza y así mejorar la calidad en el producto y obtener una buena fiabilidad y disponibilidad de la máquina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MICROSOFT ENCARTA 2009. Polímero.
- [2] IES RAFAEL DIESTE. Departamento de Tecnología. Los plásticos. México: Continental, 1985. Pág. 13.
- [3] IES RAFAEL DIESTE. Departamento de Tecnología. Los plásticos. México: Continental, 1985. Pág. 14.
- [4] BELTRÁN, M. Y MARCILLA, A. Tecnología de Polímeros. 4ta.ed. México: UNAMM, 2007. Pág. 57.
- [5] BELTRÁN, M. Y MARCILLA, A. Tecnología de Polímeros. 4ta.ed. México: UNAMM, 2007. Pág. 86.
- [6] BELTRÁN, M. Y MARCILLA, A. Tecnología de Polímeros. 4ta.ed. México: UNAMM, 2007. Pág. 103.
- [7] FERRET, JUAN. Rehabilitación, operación y mantenimiento de una extrusora de compuestos de polímeros. 2da ed. Barcelona: Reverte, 1981. Pág. 36-45.
- [8] JEREZ RIVERA, JOEL. Manual de soluciones a los problemas de la extrusión de la película de polietileno de alta y baja densidad. México: Limusa, 1987. Pág. 23.
- [9] BELTRÁN, M. Y MARCILLA, A. Tecnología de Polímeros. 4ta.ed. México: UNAMM, 2007. Pág. 107-113.
- [10] BELTRÁN, M. Y MARCILLA, A. Tecnología de Polímeros. 4ta.ed. México: UNAMM, 2007. Pág. 114-115.
- [11] AGUIRRE, LENYN. Repotenciación de la máquina mandrinadora marca Wotan Werke Dusseldorf. Riobamba-Ecuador: ESPOCH. 2007. (doc.). Pág. 33.

- [12] PAREDES, H. Y RECALDE, J.Repotenciación de los sistemas de la grúa “Smith Rice”. Guayaquil-Ecuador: ESPOL, 1983. Pág. 52-56.
- [13] TISALEMA, J.Planificación y programación del mantenimiento en las máquinas-herramientas de la Empresa “Mecatec”. Riobamba-Ecuador: ESPOCH, 2010. (doc.). Pág. 5.
- [14] TORRES, L.Mantenimiento Industrial. México: Prentice, 2001. Pág. 7-8.
- [15] TISALEMA, J.Planificación y programación del mantenimiento en las máquinas-herramientas de la Empresa “Mecatec”. Riobamba-Ecuador: ESPOCH, 2010. (doc.). Pág. 5-6.
- [16] TISALEMA, J.Planificación y programación del mantenimiento en las máquinas-herramientas de la Empresa “Mecatec”. Riobamba-Ecuador: ESPOCH, 2010. (doc.). Pág. 10.
- [17] TORRES, L.Mantenimiento Industrial. México: Prentice, 2001. Pág. 126.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, LENYN. Repotenciación de la máquina mandrinadora marca WotanWerke Dusseldorf. Riobamba-Ecuador: ESPOCH. 2007. (doc.).

BELTRÁN, M. Y MARCILLA, A. Tecnología de Polímeros. 4ta.ed. México: UNAMM, 2007.

FERRET, JUAN. Rehabilitación, operación y mantenimiento de una extrusora de compuestos de polímeros. 2da ed. Barcelona: Reverte, 1981.

IESS RAFAEL DIESTE. Departamento de tecnología. Los plásticos México: Continental, 1985.

JEREZ RIVERA, JOEL. Manual de soluciones a los problemas de la extrusión de la película de polietileno de alta y baja densidad. México: Limusa, 1987.

PAREDES, H. Y RECALDE, J. Repotenciación de los sistemas de la grúa “Smith Rice”. Guayaquil-Ecuador: ESPOL, 1983.

TISALEMA, J. Planificación y programación del mantenimiento en las máquinas-herramientas de la Empresa “Mecatéc”. Riobamba-Ecuador: ESPOCH, 2010. (doc.).

TORRES, L. Mantenimiento Industrial. México: Prentice, 2001.

LINKOGRAFÍA

POLIETILENO

<http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno>

2011-09-18

POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

[http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno de baja densidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno_de_baja_densidad)

2011-09-18

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

[http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno de baja densidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno_de_baja_densidad)

2011-09-18

EXTRUSION

[http://es.wikipedia.org/wiki/Extrusi%C3%B3n de pol%C3%A1mero](http://es.wikipedia.org/wiki/Extrusi%C3%B3n_de_pol%C3%A1mero)

2011-10-09

PARAMETROS DE LA EXTRUSION

<http://extrusion1986.spaces.live.com/blog/cns!CC5BE64466788A91!111.entry>

2011-10-09

EXTRUSION DE POLIEMROS

http://www.mater.upm.es/Documentos/Cap6_2Extrusion.pdf

2011-10-16

MAQUINA EXTRUSORA

<http://www.metalurgicaimex.com.ar/extrusora.htm>

2011-10-18

TORNILLO EXTRUSOR

<http://www.golche.com.ar/tornillos.php>

2011-10-28