

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA
EL DOSIFICADO Y SELLADO DE ENVASES DE YOGURT SEMI-
INDUSTRIAL CON EL USO DE UN MINI PLC PARA LA EMPRESA
INFATINE.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA**

CALAPAQUI GUAMANÍ GUIDO TOMÁS

E-mail: udj_2112@hotmail.com

DURÁN TENESACA BYRON HUMBERTO

E-mail: bdt_12@hotmail.com

DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. VICENTE TOAPANTA

E-mail: vicentoapanta@yahoo.es

Quito, Noviembre del 2012

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los Srs. Calapaqui Guamaní Guido Tomás y Durán Tenesaca Byron Humberto, bajo mi supervisión.

Ing. Vicente Toapanta
DIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, Calapaqui Guamaní Guido Tomás y Durán Tenesaca Byron Humberto, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Calapaqui Guamaní Guido T.

Durán Tenesaca Byron H.

AGRADECIMIENTOS

A dios por darnos la vida y hacer posible que cada sueño en nuestras vidas se vuelvan realidad.

A nuestros padres por todo su apoyo y comprensión a lo largo de toda nuestra vida ya que siempre han sabido estar ahí en las buenas y en las malas.

A nuestros amigos quienes han sabido llenar de alegría los momentos más tristes en nuestras vidas y han estado ahí acompañándonos en todas las situaciones que se nos han presentado en esta etapa de la vida.

Al Ing. Vicente Toapanta por la acertada dirección en la realización de este proyecto.

A la Escuela Politécnica Nacional la cual nos abrió sus puertas a jóvenes que deseamos superarnos, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Títo y Margoth, a mis hermanos Lucy e Israel, por su apoyo y amor incondicional durante toda mi vida

A mis tíos Luis y Gloria, a mis abuelitos Arturo y Rosa, a mi tío José por su cariño y sus palabras de aliento en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis amigos, quienes siempre me han brindado su apoyo y fortaleza para seguir adelante.

Guido C.

DEDICATORIA

A Dios, quien entrego su vida por nosotros para que seamos unas personas de bien.

A mis padres, Angel y María por su incondicional apoyo en la formación de mi carrera profesional y porque siempre me alentaron para poder alcanzar mis metas.

A mis hermanas, por brindarme siempre su apoyo y estar cerca en los momentos de alegría y tristeza.

A mis amigos, que me brindaron su apoyo y con los cuales compartimos nuestros conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional.

Byron D.

ÍNDICE

ÍNDICE	i
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
PRESENTACIÓN	xix

CAPITULO I

SISTEMAS DE DOSIFICADO Y SELLADO	1
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 SISTEMA DE DOSIFICADO	2
1.2.1 CARACTERÍSTICAS:	2
1.2.2 TIPOS DE DOSIFICADORES.....	3
1.2.2.1 Dosificador Volumétrico	4
1.2.2.2 Dosificador A Tornillo Sin Fin.....	4
1.2.2.3 Dosificador Isobárico	4
1.2.2.4 Dosificador A Pistón.....	5
1.2.2.5 Dosificador Por Gravedad.....	6
1.2.2.6 Dosificador Gravimétrico.....	6
1.2.2.7 Dosificador A Tornillo Y Balanza	7
1.3 SISTEMAS DE SELLADO	8
1.3.1 TIPOS DE SELLADORES	9
1.3.1.1 Sellado por Ultrasonidos.....	9

1.3.1.1.1 <i>El Proceso de Ultrasonido</i>	9
1.3.1.2 Selladoras por Inducción	10
1.3.1.3 Selladoras De Calor	11
1.4 PROCESO DE DOSIFICADO Y SELLADO	12
1.4.1 MANUAL	12
1.4.2 AUTOMÁTICO	12
1.4.2.1 Control con PLC's	13
1.4.2.2 Control Electromecánico	13
1.5 HIGIENE EN LA MANIPULACIÓN DE LÍQUIDOS DE CONSUMO HUMANO	14
1.5.1 REQUERIMIENTO SANITARIO PARA LA MANIPULACIÓN DE BEBIDAS DESTINADAS AL CONSUMO HUMANO.	14
1.5.1.1 Etiqueta de Producto.	14
1.5.1.2 Personal.....	15
1.5.1.3 Infraestructura.....	15
1.5.1.4 Equipos y Utensilios.....	15
1.5.1.5 Materia Prima.....	16
1.5.2 ELABORACIÓN Y PROCESO.....	16
1.5.3 MATERIALES EMPLEADOS EN EL MANEJO DE BEBIDAS DESTINADAS PARA EL CONSUMO HUMANO.....	16
1.5.3.1 El Hierro.....	17
1.5.3.2 Aluminio	17
1.5.3.3 Aceros.....	19
1.5.3.3.1 <i>Aceros Inoxidables</i>	19
1.5.3.3.2 <i>Criterios De Selección De El Acero Inoxidable</i>	22
1.5.3.4 Bronce	22
1.5.3.5 Teflón.....	23

1.5.3.6 Duralón	23
1.5.3.7 Rodamientos.....	24
1.5.3.7.1 Tipos De Rodamientos	25
1.5.3.7.2 Clasificación Según El Funcionamiento	26
1.5.3.7.2.1 Rodamientos Para Cargas Radiales	26
1.5.3.7.2.2 Rodamientos para Cargas Axiales	26
1.5.3.7.2.3 Rodamientos para Cargas Mixtas	27
1.5.3.7.3 Condiciones De Funcionamiento De Los Rodamientos	28
1.5.3.7.3.1 Árbol Que Gira en un Soporte Fijo	28
1.5.3.7.3.2 Eje Fijo-Alojamiento Giratorio.....	29
1.5.3.7.3.3 Condiciones de Funcionamiento Indeterminado	29
1.5.3.7.4 Algunas Normas Para La Aplicación De Los Rodamientos.....	29
1.6 TOLERANCIAS Y AJUSTES.....	30
1.6.1 TOLERANCIAS ISO.....	30
1.6.1.1 Calidad.....	30
1.6.1.2 Posiciones de las Tolerancias	31
1.6.1.3 Escritura Normalizada de la Tolerancia ISO	33
1.6.2 AJUSTE	34
1.6.2.1 Tipos de Ajustes	34
1.6.2.1.1 Juego.....	34
1.6.2.1.2 Apriete	35
1.6.2.1.3 Ajustes Indeterminados	35
1.6.2.2 Designación de Ajustes	36
1.6.2.3 Sistemas De Fabricación	36
1.6.2.3.1 Eje Único.....	36
1.6.2.3.2 Agujero Único.....	36
1.6.2.4 Cálculo y Selección de Ajustes.....	37

1.6.2.4.1 Normas ISO.....	37
1.6.2.4.1.1 Elección del Sistema de Fabricación.....	37
1.6.2.4.1.2 Cálculo del Ajuste.....	37
1.6.2.4.2 Normas USA.....	38
1.6.2.4.2.1 RC: Ajuste De Localización Y Rotación	39
1.6.2.4.2.2 L Ajuste De Localización	39
1.6.2.4.2.3 FN Ajuste Por Forzamiento O Por Contracción.....	39
1.6.2.4.2.4 Ejemplo De Cálculo De Un Ajuste Aplicando Normas Usa	39
1.7 RUGOSIDAD	41
1.8 FORMA	41
1.9 ONDULACIÓN	41
1.10 ASPEREZA.....	42
1.11 MOLETEADO	43
1.12 UNIONES Y ACOPLÉS	43
1.12.1 UNIONES CON PERNOS Y TUERCAS	43
1.12.1.1 Nociones Sobre Roscas	44
1.12.1.2 Rosca Derecha o Izquierda	44
1.12.1.3 Roscas del Sistema Métrico S.I.....	44
1.12.2 UNIONES SOLDADAS	45
1.12.2.1 Soldadura De Acero Inoxidable	46
1.12.2.1.1 Método Para Soldar Acero Inoxidable.....	46
1.12.2.1.2 Soldadura con Arco Protegido con Gas Inerte	47
1.12.2.1.3 Proceso de Soldadura con Arco Eléctrico	48
1.12.2.1.4 Soldadura con Electrodo Recubiertos	49
1.12.2.1.5 Propiedades Metalúrgicas De La Soldadura	50
1.13 TRANSMISORES DE POTENCIA MECÁNICA.....	50
1.13.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE TRANSMISIONES	50

1.13.1.1 Cadena De Rodillos	51
1.13.1.1.1 Ventajas del Uso de Cadenas de Rodillos	51
1.13.1.1.2 Desventajas del Uso de Cadenas de Rodillos.....	51
1.13.1.1.3 Partes Que Forman La Cadena De Rodillos	51
1.13.1.1.4 Funcionamiento de la Cadena de Rodillos	53
1.13.1.2 Catalina.....	53
1.14 RELÉS	54
1.15 CONTACTORES.....	55
1.15.1 COMPONENTES DE LOS CONTACTORES.....	55
1.15.2 SIMBOLOGÍA Y REFERENCIADO DE BORNES.....	57
1.15.3 TIPOS DE CONTACTORES SEGÚN SU UTILIZACIÓN	58
1.15.4 APLICACIONES DE LOS TIPOS DE CONTACTORES	58
1.15.5 PASOS PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR.....	59
1.16 PULSADORES	59
1.17 LUZ PILOTO	59
1.18 GUARDA MOTOR	60
1.19 FUSIBLES.....	61
1.20 DISYUNTORES	61
1.21 CONTROLADOR DE TEMPERATURA.....	62
1.22 TERMOCUPLA	63
1.23 RESISTENCIA CALENTADORA.....	63
1.24 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE O PLC.....	64
1.24.1 PARTES DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE:	65
1.24.1.1 Fuente de Alimentación	66
1.24.1.2 Unidad Central de Procesos (CPU)	66
1.24.1.3 Memoria.....	68
1.24.1.4 Interfaces De Entrada Y Salida.....	69

1.24.2 CAMPOS DE APLICACIÓN.....	69
1.24.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLC's.....	70
1.25 SENSORES OPTOELECTRÓNICOS.....	71
1.25.1 SENSORES OPTOELECTRÓNICOS DE PROXIMIDAD	71
1.25.2 SENSORES OPTOELECTRÓNICOS DE BARRERA DE LUZ.....	72
1.25.2.1 Mediante un Emisor y un Receptor Unidos por una Carcasa que los Soporta Mecánicamente.....	72
1.25.2.2 Mediante un Emisor y un Receptor Separados Físicamente.....	73
1.25.3 FOTOCÉLULAS DE REFLEXIÓN.....	73
1.25.3.1 Sensores de Reflexión Directa Difusa	73
1.25.3.2 Sensores de Reflexión Directa Definida	74
1.25.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE SENSOR OPTOELECTRÓNICO	74
1.25.4.1 Tipo de Material a ser Censado.....	74
1.25.4.2 El Alcance del Sensor.....	75
1.25.4.3 La Sensibilidad del Sensor	75
1.25.4.4 El Lugar en Donde va a Trabajar el Sensor.....	75
1.26 MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.....	75
1.27 MOTOR REDUCTOR.....	77
1.27.1 GUÍA PARA LA ELECCIÓN DEL TAMAÑO DE UN REDUCTOR O MOTOR-REDUCTOR	78
1.27.1.1 Características de Operación	78
1.27.1.2 Características del Trabajo a Realizar	78
1.27.1.3 Condiciones del Ambiente	78
1.27.1.4 Ejecución del Equipo	78
1.28 NEUMÁTICA.....	79
1.28.1 VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA	80
1.28.2 DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.....	81

1.28.3 APLICACIONES DE LA NEUMÁTICA	81
1.28.4 PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO	82
1.28.4.1 Abundante	82
1.28.4.2 Transporte	82
1.28.4.3 Almacenable	82
1.28.4.4 Temperatura	83
1.28.4.5 Antideflagrante.....	83
1.28.4.6 Limpio	83
1.28.4.7 Constitución de los Elementos.....	83
1.28.4.8 Velocidad	83
1.28.4.9 A Prueba de Sobrecargas.....	83
1.28.4.10 Preparación	84
1.28.4.11 Compresible.....	84
1.28.4.12 Fuerza.....	84
1.28.4.13 Escape.....	84
1.28.4.14 Costos.....	84
1.28.4.15 Resistencia al Entorno	84
1.28.4.16 Seguridad	85
1.28.5 ACUMULADOR DE AIRE COMPRIMIDO.....	85
1.28.6 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO	85
1.28.6.1 Dimensionado de las Tuberías	86
1.28.7 MATERIAL DE TUBERÍAS	86
1.28.7.1 Tuberías Principales	86
1.28.7.2 Derivaciones Hacia los Receptores	87
1.28.8 RENTABILIDAD DE LOS EQUIPOS NEUMÁTICOS.....	87
1.28.9 ELECTRONEUMÁTICA	88
1.28.10 COMPONENTES DEL CIRCUITO NEUMÁTICO	89

1.28.10.1 Unidades De Mantenimiento Neumático.....	89
1.28.10.1.1 Conservación de las Unidades de Mantenimiento.....	90
1.28.10.2 Cilindros Neumáticos.....	91
1.28.10.2.1 Calculo De Cilindros.....	91
1.28.10.3 Racores Y Mangueras Neumáticas.....	94
1.28.10.4 Válvula Reguladora De Caudal.....	95
1.28.10.5 Actuadores De Succión.....	95
1.28.10.5.1 Tobera De Succión.....	96
1.28.10.5.2 Ventosa.....	97
1.28.10.6 Válvulas Distribuidoras.....	97
1.28.10.7 Electroválvulas.....	98
1.28.10.7.1 Válvula Distribuidora 5/2 De Mando Electromagnético.....	98
1.28.10.7.2 Válvula Distribuidora 3/2 De Mando Electromagnético.....	99
1.29 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	100
1.29.1 MANUAL.....	100
1.29.1.1 Tiempo necesitado por parte de una persona para dosificar y sellar un envase.....	101
1.29.2 AUTOMÁTICO.....	103
1.29.2.1 Métodos de Control.....	103
1.29.2.1.1 Control Electromecánico.....	103
1.29.2.1.2 Control con PLC`s.....	104
1.29.2.1.2.1 Tiempo Aproximado Que se Demora una Máquina en Colocar, Dosificar y Sellar Envases con Yogurt.....	105
1.29.3 COMPARACIÓN ENTRE EL PROCESO MANUAL Y EL PROCESO AUTOMÁTICO.....	107

CAPITULO II

2. DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE DOSIFICADO Y SELLADO	109
2.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	109
2.2 COMPONENTES DE LA MÁQUINA	109
2.2.1 ESTRUCTURA.....	109
2.2.2 MECANISMO DE GIRO	111
2.2.2.1 Caja De Aluminio Fundido	113
2.2.2.2 Roseta	113
2.2.2.3 Base.....	114
2.2.2.4 Ejes de Transmisión	115
2.2.2.5 Media Luna	115
2.2.2.6 Rodamientos.....	116
2.2.2.7 Catalinas.....	116
2.2.2.8 Cadena de Transmisión.....	118
2.2.2.9 Motor Reductor	118
2.2.2.10 Plato.....	119
2.2.3 SISTEMA DISPENSADOR DE VASOS	121
2.2.3.1 Anillos	122
2.2.3.2 Varillas Largas y Cortas.....	122
2.2.3.3 Placa de Apoyo.....	122
2.2.3.4 Placa.....	122
2.2.3.5 Tijeras	122
2.2.3.5.1 Base	124
2.2.3.5.2 Rodamientos	124
2.2.3.5.3 Porta-Rodamientos.....	124

2.2.3.5.4 Resortes 1 y 2	124
2.2.3.5.5 Resorte Grande	125
2.2.3.5.6 Tijeras Largas.....	125
2.2.3.5.7 Tijeras Cortas	125
2.2.4 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN.....	125
2.2.4.1 Base.....	126
2.2.4.2 Boquilla	127
2.2.4.3 Tanque.....	127
2.2.5 MECANISMO DE MOVIMIENTO DE LA VENTOSA.....	127
2.2.5.1 Tapa.....	129
2.2.5.2 Tubo Base	129
2.2.5.3 Placa en L.....	130
2.2.5.4 Cremallera	130
2.2.5.5 Piñón.....	130
2.2.5.6 Eje Pistón.....	130
2.2.5.7 Eje Ventosa	130
2.2.5.8 Bocín Eje Pistón	130
2.2.5.9 Placa De Soporte De La Ventosa	131
2.2.5.10 Bocín Eje Ventosa	131
2.2.6 SISTEMA DE SELLADO	131
2.2.6.1 Eje.....	132
2.2.6.2 Bocín Regulador	133
2.2.6.3 Resorte	133
2.2.6.4 Bocín Guía y Base	133
2.2.6.5 Sellador.....	133
2.2.7 SISTEMA DE SALIDA DE VASOS	133
2.2.7.1 Placas Grandes	135

2.2.7.2 Base.....	135
2.2.7.3 Base o Placa Semicircular	135
2.2.7.4 Base en U	135
2.2.7.5 Placa De Salida De Vasos.....	135
2.1.2 PLANOS DE LA MÁQUINA PARA EL DOSIFICADO Y SELLADO DE ENVASES DE YOGURT SEMI-INDUSTRIAL.....	136

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE DOSIFICADO Y SELLADO	137
3.1 INTRODUCCIÓN	137
3.2 DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO	137
3.2.1 GENERACIÓN Y ALIMENTACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO.....	137
3.2.2 PRESIÓN EN EL PROCESO DE DOSIFICADO Y SELLADO.....	141
3.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS	141
3.2.3.1 Dimensionamiento de Cilindros Neumáticos	142
3.2.3.1.1 Longitud de Carrera.....	142
3.2.3.1.2 Velocidad del Émbolo.....	145
3.2.3.1.3 Consumo De Aire De La Máquina.....	146
3.2.3.2 Dimensionamiento De Las Tuberías.....	149
3.2.3.3 Capacidad Requerida de lo Compresores	152
3.2.3.4 Unidades De Mantenimiento.....	154
3.3 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL	157
3.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO	157
3.3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL SELLADOR.....	159

3.3.3 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL	162
3.3.4 LÓGICA DE CONTROL	163

CAPITULO IV

4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	166
4.1 PRUEBAS DE LOS COMPONENTES	166
4.1.1 PRUEBAS EN EL SISTEMA MECÁNICO.....	166
4.1.2 PRUEBAS EN EL SISTEMA NEUMÁTICO	167
4.1.3 PRUEBAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL.....	167
4.1.4 PRUEBAS DE DOSIFICADO.....	167
4.1.5 PRUEBAS DE SELLADO	168
4.1.5.1 Calentamiento En El Bronce.....	168
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	170
BIBLIOGRAFÍA	174
ANEXOS.....	176

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1.1: Sello De Una Sola Capa, frecuentemente utilizada en la industria alimenticia.....	2
Figura 1.2: Sello de 2 piezas unidas por cera, frecuentemente utilizado para aquellos productos volátiles o agresivos.....	2
Figura 1.3: Dosificador a Tornillo.....	4
Figura 1.4: Dosificador Isobárico.....	5
Figura 1.5: Dosificador a Pistón.....	5
Figura 1.6: Dosificador por Gravedad.....	6
Figura 1.7: Proceso del Dosificado.....	7
Figura 1.8: Dosificador a Tornillo y Balanza.....	8
Figura 1.9: Proceso de Ultrasonido.....	9
Figura 1.10: Sellador de Inducción.....	10
Figura 1.11: Sellador por Calor Manual.....	11
Figura 1.12: Presentación del Duralón.....	24
Figura 1.13: Partes de un Rodamiento.....	25
Figura 1.14: Rodamiento para Cargas Radiales.....	26
Figura 1.15: Rodamientos Axiales.....	27
Figura 1.16: Rodamientos para Cargas Mixtas.....	28
Figura 1.17: Posiciones de las Tolerancias para Ejes.....	32
Figura 1.18: Posiciones de las Tolerancias para Agujeros.....	33
Figura 1.19: Falta de Planitud.....	41
Figura 1.20: Superficie Ondulada.....	41
Figura 1.21: Asperezas.....	42
Figura 1.22: Rosca del Sistema Métrico (SI).....	45
Figura 1.23: Soldadura TIG.....	48
Figura 1.24: Soldadura Con Electrodo Recubierto.....	49
Figura 1.25: Eslabón de Cadena de Rodillos.....	52
Figura 1.26: Catalina.....	54

Figura 1.27: Relé	54
Figura 1.28: Contactor.....	55
Figura 1.29: Partes del Contactor.....	56
Figura 1.30: Pulsador Eléctrico.....	59
Figura 1.31: Luz Piloto.....	60
Figura 1.32: Guarda Motor	60
Figura 1.33: Porta Fusible y Fusible	61
Figura 1.34: Disyuntor Bipolar	62
Figura 1.35: Controlador De Temperatura.....	62
Figura 1.36: Termocupla	63
Figura 1.37: Partes de una Resistencia Calentadora Plana y Blanda	64
Figura 1.38: Resistencia Terminada.....	64
Figura 1.39: PLC SIEMENES	64
Figura 1.40: Diagrama de Bloques de la Arquitectura de un PLC	66
Figura 1.41: Sensor Optoelectrónico de Barrera de Luz	72
Figura 1.42: Focélula de Reflexión	73
Figura 1.43: Sensor de Reflexión Directa Definida.....	74
Figura 1.44: Motor Trifásico de Inducción.....	76
Figura 1.45: Motor-Reductor.....	77
Figura 1.46: Unidad de Mantenimiento.....	90
Figura 1.47: Cilindros Neumáticos.....	91
Figura 1.48: Racor y Manguera	94
Figura 1.49: Regulador de Caudal.....	95
Figura 1.50: Regulador de Caudal.....	96
Figura 1.51: Tobera De Succión O Generador De Vacío	97
Figura 1.52: Ventosa	97
Figura 1.53: Válvula Distribuidora 5/2 De Mando Electromagnético.....	99
Figura 1.54: Válvula Distribuidora 3/2 De Mando Electromagnético.....	100
Figura 1.55: Producción De Una Persona	102
Figura 1.56: Producción De Una Persona	107
Figura 1.57: Comparación de Producción Entre una Persona vs la Máquina dosificadora y selladora	108

CAPITULO II

Figura 2.1: Vista Frontal	110
Figura 2.2: Vista Posterior	110
Figura 2.3: Vista Exterior De La Caja Reductora.....	112
Figura 2.4: Elementos De La Caja Reductora	112
Figura 2.5: Vista De La Caja Reductora	113
Figura 2.6: Roseta	114
Figura 2.7: Base	114
Figura 2.8: Ejes	115
Figura 2.9: Media Luna.....	115
Figura 2.10: Catalinas	116
Figura 2.11: Cadena.....	118
Figura 2.12: Motor-reductor.....	119
Figura 2.13: Plato	119
Figura 2.14: Dispensador De Vasos.....	121
Figura 2.15: Tijeras.....	123
Figura 2.16: Sistema de Dosificación	126
Figura 2.17: Mecanismo de Movimiento de la Ventosa	129
Figura 2.18: Sistema de Sellado.....	132
Figura 2.19: Sistema de Salida de Vasos.....	134

CAPITULO III

Figura 3.1: Tubería	150
Figura 3.2: Cálculo De La Tubería.....	152
Figura 3.3: Ciclo de trabajo del compresor.....	153
Figura 3.4: Diagrama neumático.....	156
Figura 3.5: Parte Delantera del Controlador de Temperatura.....	161
Figura 3.6: Tomas Del Controlador Del Temperatura.....	161
Figura 3.7: Diagrama De Control Del PLC.....	165

ANEXOS

Tablas de especificaciones de los tipos de aceros inoxidable.....	Anexo N° 1
Tipos y aplicaciones de los rodamientos.....	Anexo N° 2
Tablas usadas para determinar el acople mediante el sistema ISO.....	Anexo N° 3
Normas USA.....	Anexo N° 4
Acabado superficial.....	Anexo N° 5
Rosca Métrica.....	Anexo N° 6
Logo Siemens Serie 12/24RC.....	Anexo N° 7
Sensores Optoelectrónicos.....	Anexo N° 8
Reductores Motovario.....	Anexo N° 9
Diagramas Eléctricos y Electroneumáticos.....	Anexo N° 10
Nomogramas y Tablas para el Cálculo de Tuberías Neumáticas.....	Anexo N° 11
Tabla de Cilindros Normalizados.....	Anexo N° 12

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo dimensionar y construir una máquina para el dosificado y sellado de envases de yogurt semi-industrial con una capacidad de 15 envases por minuto, cuya producción requiere que la manipulación sea mínima, su volumen sea el exacto, utilizando materiales existentes en el mercado nacional.

El accionamiento de una máquina dosificadora y selladora de envases de yogurt por lo general se realiza mediante sistemas mecánicos (constituidos por levas, ejes, etc.). Siendo la velocidad controlada mediante un motor a pasos de corriente continua (C.C). En el caso de nuestra máquina el accionamiento se lo dio por la incorporación de una caja reductora de velocidad (motor-reductor).

En el capítulo uno se realiza un estudio detallado de los diversos sistemas de dosificado y sistemas de sellado con la finalidad de conocer sus ventajas y desventajas para poder elegir los sistemas más adecuados que satisfagan las necesidades de la micro-empresa. Además se detalla acerca de los diversos métodos de control del proceso de dosificado y sellado. Finalmente contempla todos los fundamentos teóricos acerca de los materiales y equipos utilizados.

En el capítulo dos, una vez realizado los estudios de los sistemas de dosificado y sellado se procedió a dimensionar y determinar los parámetros para la máquina. Primero se establece la forma de la estructura de la máquina, luego los diversos sistemas que forman la máquina, después la forma de calentamiento del sellador para fijar la temperatura de servicio y a continuación a seguir con la construcción de los diferentes partes.

En el capítulo tres se realiza el diseño de los circuitos neumáticos y de control para el proceso de dosificado y sellado.

En el capítulo cuatro una vez construido las diversas partes de la máquina y ensambladas las mismas, se procede a realizar las pruebas de cada sistema, luego

las pruebas de todos los sistemas al mismo tiempo y finalmente las calibraciones necesarias para un adecuado funcionamiento.

En los anexos se incluyen tablas y figuras que reúnen aspectos importantes empleados en el diseño de la máquina.

PRESENTACIÓN

Las necesidades existentes en las microempresas que se dedican a la industria láctea hacen que futuros profesionales aporten soluciones tecnológicas a sus requerimientos. Tal es el caso de pequeñas industrias que se dedican al dosificado y sellado.

Los problemas en el dosificado y sellado de envases se deben en gran parte a que en las microempresas se realizan los procesos de dosificado y sellado en forma manual debido a que se encuentran recién en proceso de desarrollo.

Es importante iniciar el presente proyecto con un estudio de los diferentes tipos de dosificadores, selladores y materiales que se utiliza para realizar dichos procesos con el fin de establecer los sistemas y elementos a utilizar.

Conocidos los parámetros que intervienen en nuestra máquina procedemos al diseño de la misma tomando en cuenta el tamaño del envase a utilizar así como sus respectivas dimensiones para su tapa de aluminio (foil) la cual es sellada a una cierta temperatura que es controlada mediante un TIC.

Las ventajas de construir una máquina dosificadora y selladora son: conseguir un volumen exacto del yogurt, mejorar las condiciones de salubridad, aumentar la producción. Lo que no podría ser conseguido por una o dos personas debido a que las personas se cansan y se distraen.

Una vez realizado el dimensionamiento, la construcción y montaje de la máquina, se realizan pruebas de campo, si estas arrojan resultados satisfactorios, se concluye que todas las consideraciones realizadas son correctas.

CAPITULO I

SISTEMAS DE DOSIFICADO Y SELLADO

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 INTRODUCCIÓN

El dosificado de envases es una de las principales operaciones de envasado para productos líquidos y sólidos en la industria. ¹*El esquema del proceso y su complejidad, varían en función del tipo de producto a dosificar, capacidades técnicas, necesidades de personal, mantenimiento, nivel de servicio, fiabilidad, confiabilidad, espacio requerido, consumo de energía, calidad del dosificado, eficiencia, productividad, el tipo de envase y sellado. Algunos de estos requerimientos serán modificados o anulados, en función de las necesidades de la industria.*

La facilidad, hermeticidad, la rapidez y calidad del sellado depende del producto que elabora la industria, suele utilizarse para alimentos, bebidas, vitaminas y para productos que no requieren de un sellado complejo una tapa de aluminio de una sola capa para sellar el producto. (Ver Figura 1.1).

Si el producto contuviera algún ingrediente volátil o potencialmente agresivo, químicos, ácidos, solventes, de alto contenido en sodio, alcohol o vinagre puede ser necesario un sello con una capa o barrera protectora, (Ver Figura 1.2). La misma puede ser ubicada entre el film que se calienta para sellar y el foil a fin de prevenir la corrosión.

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Maquinaria_de_ensado



Fig. 1.1: Sello De Una Sola Capa, frecuentemente utilizada en la industria alimenticia

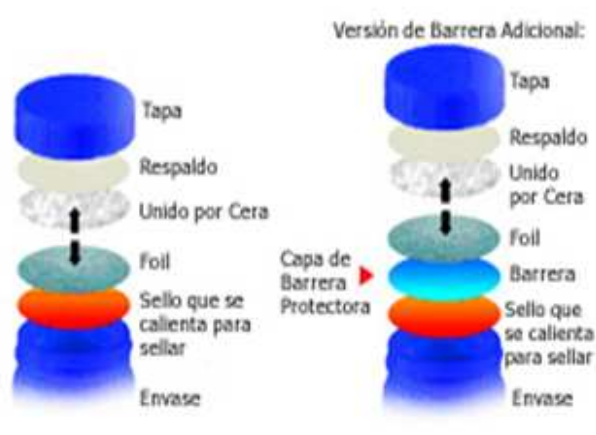


Fig. 1.2: Sello de 2 piezas unidas por cera, frecuentemente utilizado para aquellos productos volátiles o agresivos.

Fuente: <http://www.enerconind.com/es/sealing/library/achieve-a-perfect-seal.aspx>

1.2 SISTEMA DE DOSIFICADO

El dosificador es el equipo encargado de suministrar la dosis de producto justo en cada envase. Se selecciona de acuerdo a las características del producto a envasar, pueden funcionar acoplados a los equipos envasadores automáticos para alta producción, o en los equipos envasadores semiautomáticos de menor producción.

Aquí se describirán los dosificadores de uso más común, pero puede existir, el uso combinado de estos o alguno diseñado específicamente para un requerimiento en particular.

1.2.1 CARACTERÍSTICAS:

- **Precisión**

La precisión es una de las características más importantes de los dosificadores debido a que siempre se debe tener el volumen exacto del producto en el envase, la

falta de producto o el exceso del mismo pueden causar pérdidas de clientes o pérdidas para la empresa.

- **Velocidad**

Debido a los diversos diseños de los dosificadores pueden aumentar o disminuir dramáticamente la velocidad de producción.

- **Ahorros en Costos**

Debido a que las máquinas son tan precisas, la falta de producto o el exceso del mismo se mantienen a un nivel mínimo. Se traduce en enormes ahorros de costos debido a que ya no se está "regalando" el producto.

- **Versatilidad**

Hoy en día, muchas industrias producen una gran variedad de productos desde líquidos, semilíquidos y sólidos todos elaborados en la misma máquina. Ser capaz de envasar cualquier producto se convierte en un requerimiento que deben cumplir las máquinas en la actualidad.

A menudo son construidas en acero inoxidable que las hace fácil de lavar. Esto permite prepararlas rápidamente para el próximo producto y disminuir los tiempos de productividad.

1.2.2 TIPOS DE DOSIFICADORES

El dosificador es el encargado de suministrar la dosis de producto justo en cada envase que se realiza. Se selecciona de acuerdo a las características del producto a envasar. A continuación se detallan los más utilizados.

1.2.2.1 Dosificador Volumétrico

EL dosificador volumétrico manipula la medida del volumen controlando la cantidad de líquido que ingresa al envase. Proporciona flexibilidad en las capacidades y condiciones de trabajo en función del tipo de líquido a dosificar, permitiendo el llenado de productos con viscosidades variadas como agua, leche, zumos, detergentes, cosméticos y otros productos químicos.

1.2.2.2 Dosificador A Tornillo Sin Fin

Los dosificadores a tornillo (ver figura 1.3) sin fin poseen un removedor de giro independiente al Sin Fin para evitar aglomeración del producto y control digital de giro. Siendo estos equipos ideales para dosificar polvos de difícil deslizamiento como por ejemplo: pimienta, pimentón, colorantes, orégano, café, etc.

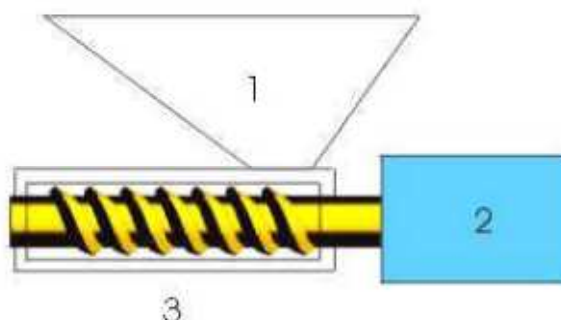


Fig. 1.3: Dosificador a Tornillo

Fuente: Repositorio.Espe.Edu.Ec/Bitstream/21000/4397/1/T-Espel-0735.Pdf

1) Tolva, 2) Motor, 3) Tornillo Sin Fin

El dosaje es por volumen según la cantidad de vueltas del sin fin, regulable desde el panel de control.

1.2.2.3 Dosificador Isobárico

El dosificador isobárico realiza su proceso en función del tiempo ya que posee un tanque de nivel constante y una válvula de apertura siendo contralada en el tiempo

para obtener así el volumen requerido. (Ver figura 1.4). El dosificador isobárico es apto para el envasado de líquidos como: agua, leche, yogurt, etc.



Fig. 1.4: Dosificador Isobárico

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

1.2.2.4 Dosificador A Pistón

La dosificación es por volumen según la carrera del pistón en función del tiempo que se encuentra accionado. Está compuesto de una tolva de alimentación, pistón dosificador y válvula direccionadora. Ver figura 1.5



Fig. 1.5: Dosificador a Pistón

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

Es ideal para productos líquidos, densos o viscosos como: shampoo, yogurt, grasa, tomate triturado, jaleas, dulce de membrillo, etc. También se puede utilizar para líquidos como agua, jugos, vinos, etc.

1.2.2.5 Dosificador Por Gravedad

La dosificación se realiza por gravedad (por caída). En la parte inferior posee una llave de paso que es controlada manual o automáticamente la cual permite el paso del líquido en el momento preciso.(Ver figura 1.6)

Consiste en un tanque donde se ubicará el líquido Se utiliza únicamente para productos líquidos como agua, jugos, vinos, etc.



Fig. 1.6: Dosificador por Gravedad

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

1.2.2.6 Dosificador Gravimétrico

La dosificación se efectúa por peso, cargando sobre la balanza a alta velocidad y ajustando el peso a baja velocidad. Apto para productos irregulares y no homogéneos. Está compuesto por un conjunto de transportadores por vibración electromagnética y varias tolvas de pesaje.

Se utiliza para envasar todo tipo de sólidos homogéneos y no homogéneos como legumbres en general, snacks, confites, caramelos, gomitas, tornillos y un largo etcétera.

La Balanza multicabezal y su forma de trabajo.- Está compuesta por múltiples cubos de pesado que poseen en su interior celdas de carga las cuales se utilizan para combinar el número de cubos necesarios para alcanzar el peso objetivo. La balanza recibe el producto a través de una tolva de alimentación y se distribuye uniformemente por canales vibratorios que envían el producto a contenedores que estarán listos para tirar el producto sobre los cubos. Una vez calculada la mejor combinación, se abrirán los cubos seleccionados que liberarán el producto para ser envasado. (Ver figura 1.7.)

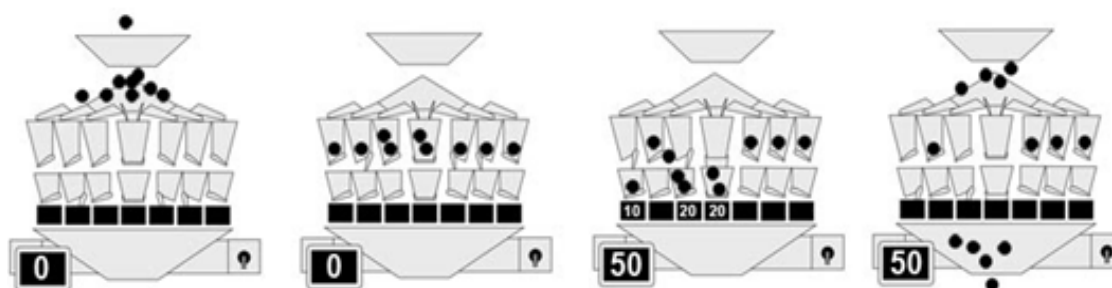


Fig. 1.7: Proceso del Dosificado

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

1.2.2.7 Dosificador A Tornillo Y Balanza

El método de funcionamiento es el siguiente: Cuando se quiere hacer el dosificado del producto se envía una señal de start al tornillo para que comience a girar y éste va depositando el producto sobre una celda de carga.

La celda se encarga de enviarle una señal PLC de la envasadora en aviso que se ha llegado al peso deseado, a continuación, se envía una señal de stop al tornillo para que éste deje de girar.

1.3.1 TIPOS DE SELLADORES

1.3.1.1 Sellado por Ultrasonidos

El sellado por ultrasonido es un método muy complejo y se fundamenta en la vibración que provoca el ultrasonido sobre las moléculas del material. Esta vibración genera movimiento de las moléculas, lo cual produce calor que finalmente fusiona al material.

1.3.1.1.1 El Proceso de Ultrasonido

Durante el proceso de soldado por ultrasonido, las oscilaciones mecánicas del ²sonotrodo son transferidas bajo una fuerza dentro de la pieza plástica. Una fricción por calor se desarrolla en la parte plástica, creando fricciones intermoleculares y de frontera a lo largo del área de unión. La fricción absorbida resulta en un incremento de calor, que derrite el plástico en el área de unión. (Ver figura 1.9)

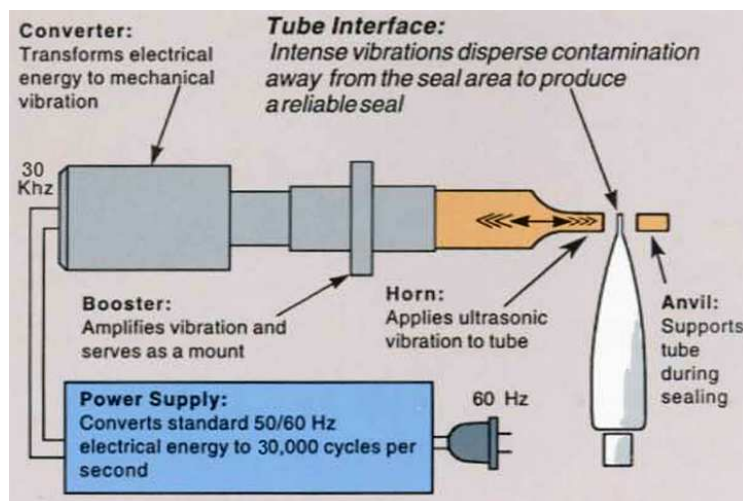


Fig.1.9: Proceso de Ultrasonido

Fuente: <http://www.bransoneurope.eu/producto/soldadura-por-ultrasonidos/automatizacion-y-el-oem/st-30>

²<http://www.frm.utn.edu.ar/cmateriales/Trab.%20Inves.%28alum%29/Soldadura%20por%20ultrasonido/desarrollo.htm>

Esto genera una unión molecular fuerte en el área de soldado. El proceso de soldado por ultrasonido es un método rápido, repetible y altamente económico para la unión de materiales termoplásticos, generando una verdadera unión molecular de alta resistencia en el área de soldado.

1.3.1.2 Selladoras por Inducción

El sellado por inducción es un proceso de calentamiento sin contacto que logra el sello hermético de un recipiente con una tapa que incluye lámina de aluminio.

El proceso de sellado tiene lugar después de llenar los envases. Las tapas se colocan y se aprietan convencionalmente en los envases ya llenos. Posteriormente los envases pasan debajo del cabezal de sellado. Se induce una corriente electromagnética en la lámina de aluminio, creando un efecto de calentamiento a modo de resistencia.

Esto produce dos efectos; por un lado, el calor funde la capa de cera utilizado en el proceso de fabricación para unir la capa de aluminio con la del cartón, de esta manera separando las dos. Por otro lado, el calor funde el polímero, soldando el aluminio herméticamente con el borde del envase. (Ver figura 1.10)



Fig. 1.10: Sellador de Inducción

Fuente:http://www.tecnoembalaje.com/newsite/index.php?option=com_k2&view=itemlist&task=category&id=51:selladoras-de-induccion&Itemid=148

1.3.1.3 Selladoras De Calor

Es el método más común en el medio industrial por su facilidad de implementación y manejo. El sellado se consigue por la acción combinada de tres factores esenciales como son: presión, temperatura y tiempo; factores que se pueden controlar mediante equipos específicos para cada factor.

El proceso se realiza mediante el accionamiento manual o automático de un cilindro neumático el cual desplaza la placa móvil y el sellador, los elementos mecánicos deben ser diseñados adecuadamente para soportar la fuerza que proporcione el cilindro, el cilindro debe ser seleccionado para ser capaz de realizar el proceso de sellado adecuadamente. (Ver figura 1.11).

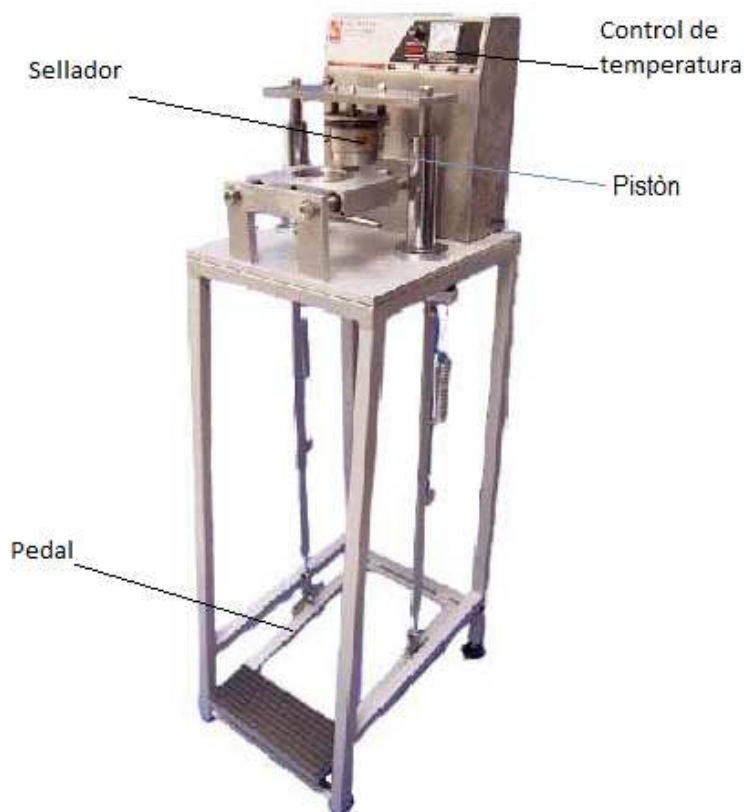


Fig. 1.11: Sellador por Calor Manual

Fuente: Propia del autor

1.4 PROCESO DE DOSIFICADO Y SELLADO

Para realizar los procesos de dosificado y sellado se tiene muchos métodos, los cuales se los puede agrupar en:

- MANUAL
- AUTOMÁTICO

1.4.1 MANUAL

El proceso manual como su nombre lo indica es el que se realiza de forma manual. El proceso es similar en todos los casos, dependiendo únicamente del tamaño de envase que se esté usando.

El dosificado se realiza en el respectivos envases mediante un recipiente con una medida ya establecida para cada tipo de envase, luego se toma el envase y se centra la tapa de aluminio (foil) en la posición en la que se desea que esté para luego mediante presión hecha con las manos con una niquelina caliente a 180 °C aproximadamente unos dos o tres segundos, se fija la tapa de foil en el envase y el producto estado terminado.

El proceso manual conlleva mucho tiempo en realizarlo además el volumen no va a ser el más exacto, las condiciones de salubridad no serían las más apropiadas y además afectarían otros factores.

1.4.2 AUTOMÁTICO

El proceso automático es el que se realiza de forma autónoma y continua sin la necesidad de la intervención del ser humano es decir es realizado por una máquina. Dentro del control automático hay métodos para realizar el control de un proceso industrial de dosificado y sellado de envases de yogurt, son muy variados y diversos.

Dentro de los sistemas más utilizados se tienen:

- Control con PLC's
- Control Electromecánico

1.4.2.1 Control con PLC's

Un PLC (controlador lógico programable) es un dispositivo electrónico capaz de realizar operaciones de mando para circuitos eléctricos gracias a un programa pre diseñado y grabado en la memoria interna del autómeta.

Ventajas del control con PLC's:

- Economizan el espacio en los gabinetes de control debido a que únicamente se conectan entradas y salidas.
- Son de fácil montaje.
- Facilitan operaciones de chequeo y mantenimiento.
- Pueden controlar circuitos muy complejos.

Desventajas del control con PLC's:

- Son costosos
- En algunos casos es necesario conectar un contactor a la salida para no dañar el PLC.
- Las salidas no soportan mucha corriente.
- Necesitan de técnicos más especializados.

1.4.2.2 Control Electromecánico

El control electromecánico, como su nombre lo indica se lo realiza con elementos mecánicos y eléctricos, tal es el caso de los relés y de los contactores, en el control electromecánico, generalmente no se usa dispositivos electrónicos a excepción de los sensores que son de vital importancia en todo método de control.

Ventajas del control electromecánico:

- Fácil de armar.
- Económico.
- Preciso.

Desventajas de control electromecánico:

- Ocupa gran espacio en los gabinetes de control.
- Consume más energía de la necesaria.
- Ruidoso.

El control electromecánico es muy usado cuando se tiene pocos sistemas que controlar como por ejemplo: arranque y parada de motores, válvulas, etc.

1.5 HIGIENE EN LA MANIPULACIÓN DE LÍQUIDOS DE CONSUMO HUMANO

1.5.1 REQUERIMIENTO SANITARIO PARA LA MANIPULACIÓN DE BEBIDAS DESTINADAS AL CONSUMO HUMANO.

Los requerimientos necesarios para la producción de bebidas líquidas son muy variados siendo exigidos altos estándares de calidad tanto en el manejo de la materia prima como el procesamiento de esta.

La FAO (Food and Agricultural Organization), Organización de las Naciones Unidas encargada de todo lo relacionado a la industria alimenticia nos proporciona una serie de estándares y obligaciones que se deben cumplir. Entre estas podemos mencionar:

1.5.1.1 Etiqueta de Producto.

Todo producto debe ser etiquetado con los siguientes datos.

- Una declaración de identidad y una verdadera descripción del producto.
- Una declaración de volúmenes del precio neto (peso o número de pedazos).

- El nombre y dirección del fabricante, empaquetador, distribuidor o consignatario.
- Una lista de ingredientes (en orden descendente de volumen o peso).
- Se puede requerir también entre otras cosas el país de origen, fecha de fabricación, fecha de vencimiento, cualidades nutritivas.

1.5.1.2 Personal.

- Cualquier persona que tiene una enfermedad, heridas infectadas, lesiones abiertas, o cualquier otra fuente anormal de contaminación microbiana en contacto con su preparación no debe trabajar bajo ningún motivo.
- Se debe utilizar la vestimenta adecuada, purificar utensillos, mantener bien limpias sus manos.
- Se deberá designar a una persona que se responsabilice de que todo el personal cumplan con los requisitos de higiene.

1.5.1.3 Infraestructura.

- Debe existir un espacio limpio y adecuado tanto para equipos, arreglos sanitarios de manera que garanticen obtener productos higiénicamente adecuados para el consumo.

1.5.1.4 Equipos y Utensilios.

- Deben limpiarse los utensilios y superficies de equipos que estén en contacto con el líquido tan a menudo como sea necesario para prevenir la contaminación.
- Deben diseñarse los equipos y utensilios para que ellos puedan ser adecuadamente limpiados y no alteren el producto con los lubricantes, combustibles, restos de metal fragmentados por fricción, etc.

1.5.1.5 Materia Prima.

- La materia prima que va a utilizarse debe ser inspeccionada y clasificada para asegurar que ella esté limpia, en buen estado y adecuada para su posterior procesamiento. Esta debe guardarse bajo condiciones que la protegerán contra la contaminación y minimizarán su deterioración.
- El agua que se utilice para lavar equipos como para elaborar ciertas bebidas debe ser de calidad sanitaria.

1.5.2 ELABORACIÓN Y PROCESO

1. La maquinaria empleada deberá tener una excelente condición sanitaria a través de la limpieza frecuente y cuando necesario saneándose. Si es necesario deberán desmontarse los equipos para una limpieza completa.
2. Es necesario que los procesos de enfundado y almacenamiento se hagan bajo condiciones que minimicen el potencial de crecimiento microbiológico indeseable, formación de toxinas, deterioración o contaminación. Lograr esto puede requerir la supervisión cuidadosa de factores tales como tiempo, temperatura, humedad, presión proporción de flujo, etc.

1.5.3 MATERIALES EMPLEADOS EN EL MANEJO DE BEBIDAS DESTINADAS PARA EL CONSUMO HUMANO

La selección del tipo de material a ser usado en la construcción de piezas mecánicas es de vital importancia a la hora de garantizar el correcto funcionamiento de un equipo.

Es decir son los materiales que se utilizan de manera muy específica, creados prácticamente para cumplir una determinada función, un requerimiento tecnológico especializado para su fabricación o su procesamiento.

Entre los materiales que tienen características no corrosivas al contacto con líquidos y tampoco producen reacciones tóxicas o que alteren las características de los líquidos podemos resaltar las siguientes:

1.5.3.1 El Hierro³

El hierro es obtenido a partir del mineral de hierro presente en los óxidos y sulfuros, es el elemento metálico de mayor uso en la ingeniería.

Es un metal ALOTRÓPICO, que asume más de una estructura cristalina en el intervalo de temperaturas ambiente-fusión que permite con el carbono tener transformaciones controladas para sus propiedades mecánicas.

Durante los primeros años del siglo XX se usaba mucho el hierro forjado en lugar del acero debido a que las escorias o impurezas que presenta en su estructura debido al forjamiento le otorgan una buena resistencia a la corrosión aunque las propiedades mecánicas no son las mejores, es por eso que la industria ferrocarrilera era su principal cliente.

1.5.3.2 Aluminio

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica, tales como su baja densidad ($2,700 \text{ kg/m}^3$) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Por todo ello es el metal que más se utiliza después del acero.

El aluminio comercialmente puro, aleación 1100 (99 % de aluminio). Es adecuado para aplicaciones en las que se requiere buena formabilidad o gran resistencia a la corrosión o ambas y en las que no se necesita alta resistencia.

Se ha utilizado ampliamente en utensilios de cocina varios componentes arquitectónicos, equipos de manejo y almacenamiento de alimentos y agentes químicos así como en ensamblajes soldados.

³ Fundamentos para la selección de materiales de uso en ingeniería, germánico rosero

Características Físicas:

Entre las características físicas del aluminio, destacan las siguientes:

- Es un metal ligero, cuya densidad o peso específico es de 2700 kg/m^3 (2,7 veces la densidad del agua).
- Tiene un punto de fusión bajo: 660°C (933 K).
- El peso atómico del aluminio es de 26,9815.
- Es de color blanco brillante.
- Buen conductor del calor y de la electricidad
- Resistente a la corrosión, gracias a la capa de Al_2O_3 formada.
- Abundante en la naturaleza.
- Material fácil y barato de reciclar.

Características Mecánicas

Entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:

- De fácil mecanizado.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
- Material blando límite de resistencia en tracción: $160\text{-}200 \text{ N/mm}^2$ [160-200 MPa] en estado puro, en estado aleado el rango es de $1400\text{-}6000 \text{ N/mm}^2$. El duraluminio es una aleación particularmente resistente.
- Material que forma aleaciones con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable.
- Con CO_2 absorbe el doble del impacto.

1.5.3.3 Aceros⁴

1.5.3.3.1 Aceros Inoxidables

De la variedad de aceros existentes en el mercado, los aceros inoxidables poseen una elevada resistencia a la corrosión siendo aptos para el manejo y conservación de alimentos de consumo humano.

El acero inoxidable también es un tipo de acero resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Los aceros inoxidables se utilizan principalmente en cuatro tipos de mercados:

Electrodomésticos: grandes electrodomésticos y pequeños aparatos para el hogar: sartenes y baterías de cocina, hornos y barbacoas, equipamiento de jardín y mobiliario.

Automoción: especialmente tubos de escape.

Construcción: edificios y mobiliario urbano (fachadas).

Industria: alimentación, productos químicos y petróleo.

Su resistencia a la corrosión, sus propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria alimenticia se debe resaltar que este metal en la industria de los alimentos no requiere de pintarse lo cual evita contaminaciones de los líquidos debido a los componentes de las pinturas.

Se clasifican en:

⁴ Catálogos de Materiales IVAN BOHMAN C.A, pág. 36-43

- Martensíticos.
- Ferríticos.
- Austeníticos.

Aceros Inoxidables Martensíticos

Presentan entre el 11.5% y el 18% de Cr, y níquel, el carbono está presente entre 0.6% al 1.2%.

Características:

- Alta templabilidad.
- Endurecimiento secundario a 600°C en la temperatura de REVENIDO.
- Los aceros 440(0.6-1.25) se usan en herramientas quirúrgicas, cojinetes, válvulas, etc.

Aceros Inoxidables Ferríticos

Su único elemento aleante es el cromo que está presente del 14% al 27%; dentro de este grupo se encuentra los 405, 430,446. La cantidad de carbono se mantiene por debajo del 0.2%

Características:

- No son tratables térmicamente.
- Endurecen poco por deformación en frío.
- Su resistencia mecánica es aproximadamente un 50% más alta que la de los aceros al carbono.
- Se fabrican utensilios para la industria alimenticia y química.

Aceros Inoxidables Austeníticos al Cromo Níquel (2xx y 3xx)

El cromo está presente entre el 16% y 26% el níquel entre el 6% y 19 % el carbón de 0,03% hasta 0,25 % como máximo, pero sumados por lo menos deben ser el 23%, los de la serie 2xx tienen entre el 2% y 7% de manganeso. Los más conocidos son el 301(17Cr – 7 Ni) y el 302 (18Cr – 8Ni) los que son usados en la industria alimenticia y de decoración.

Características:

- Son a magnéticos.
- No endurecen por tratamiento térmico.
- Si endurecen por deformación en frío.
- Su resistencia a la corrosión es mejor que la de los ferríticos y martensíticos, en alta temperatura.

Como se muestra en la tabla 1.1 los aceros inoxidables son designados por el sistema de clasificación por 3 números establecidos por la **American Iron and Steel Institute (AISI)**, las especificaciones AISI son las más aceptadas en todo el continente americano.

DESIGNACIÓN NUMÉRICA "AISI" DE ACEROS INOXIDABLES		
Numero	MAYORES ELEMENTOS ALEADOS	CARACTERÍSTICAS
2xx	Cromo níquel manganeso	Austenítico. no se endurece
3xx	Cromo níquel	Austenítico. no se endurece
4xx	Cromo	Martensítico. Sise endurece Ferrítico. No se endurece
5xx	Cromo (4 a 6 %)	Martensítico. Se endurece al aire

Tabla 1.1

**Fuente: Fundamentos para la selección de materiales de uso en ingeniería,
Germánico Rosero**

Como se puede observar en la tabla 1.1, el primer número indica los elementos aleantes del material, El segundo y tercer dígito identifican el tipo específico de aleación.

1.5.3.3.2 Criterios De Selección De El Acero Inoxidable

- Resistencia a la corrosión y durabilidad general.
- Alta resistencia mecánica a alta temperatura y buena resistencia y ductilidad a baja temperatura. Excelente resistencia, ductilidad y tenacidad sobre un amplio rango de temperaturas, desde criogénicas hasta mayores a 1000 °C, dependiendo del tipo de acero inoxidable.
- Atractiva apariencia: el acero inoxidable es un material moderno, que mantiene su apariencia a lo largo del tiempo, lo cual es uno de sus principales características.
- Fácil de trabajar: El acero inoxidable puede ser fácilmente conformable, mediante diferentes técnicas como embutición, doblado, rolado, soldadura, etc.
- El acero inoxidable no altera el sabor de los productos alimenticios: esta es una importante propiedad para alimentos e industria de bebidas.
- El acero inoxidable es fácil de limpiar, desinfectar o esterilizar y tiene perfecta resistencia a los agentes usados para esos propósitos como por ejemplo: vapor a alta presión para esterilización.
- Bajos costos: cuando se calcula el precio de inversión inicial más los bajos costos de mantenimiento el acero inoxidable resulta un material barato.
- Reciclable: el acero inoxidable es 100% reciclable.

1.5.3.4 Bronce

El bronce es una aleación de cobre y estaño, aunque ya se incorporan varios metales en los diversos tipos de bronce que existen en la actualidad. Los tipos de bronce más conocidos son:

- Bronce Fucustán
- Bronce Fosforoso

- Bronces De Campana.

Dependiendo de los porcentajes del estaño, se obtienen bronce de distintas propiedades. Con un bronce de 5%-10% de estaño se genera un producto de máxima dureza (usado en el pasado para la fabricación de espadas y cañones). El bronce que contiene entre 17%-20% de estaño tiene alta calidad de sonido, ideal para la elaboración de campanas, y sobre un 27%, una óptima propiedad de pulido y reflexión (utilizado en la Antigüedad para la fabricación de espejos).

En la actualidad, las aleaciones de bronce se usan en la fabricación de bujes, cojinetes y descansos, entre otras piezas de maquinaria pesada, y como resortes en aplicaciones eléctricas.

1.5.3.5 Teflón⁵

Capaz de reunir cualidades como: temperatura hasta 260° C, soporta casi todos los productos químicos, bajo coeficiente de rozamiento. Se debe cuidar de su baja resistencia a la compresión.

Características:

- Es el plástico más resistente a la fricción.
- El de mayor resistencia química.
- Aislamiento eléctrico.
- Apto para contacto con alimentos.

1.5.3.6 Duralón

Es un Teconopolímero (Nylon de alto peso molecular) producido con moderna tecnología denominada POLIMERIZACIÓN EN BLOQUE (MONOMER CASTING) está disponible en forma de barras de diferentes medidas y diámetros , así como en planchas de varios espesores y tubos tal y como la muestra la figura 1.12.

⁵ Catálogos de Materiales IVAN BOHMAN C.A, pág. 53

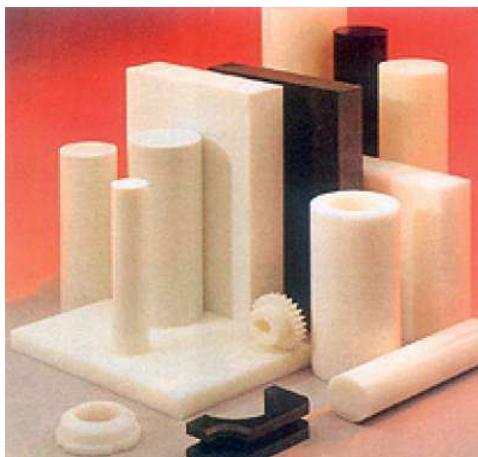


Fig. 1.12: Presentación del Duralón

Fuente:<http://www.guimun.com/ecuador/catalogo/2578/acerosindustrialeshgb/3087/duralón>

Con duralón se hacen partes y piezas para un sin número de industrias, tales como: industrias alimenticias, industria del calzado, electrotécnica, química, mecánica automotriz, minera, de la construcción, agrícola, etc.

Una de las ventajas del uso del duralón es que al tratarse de un tipo de plástico, es muy suave y liviano además cuando se le da un acabado superficial bastante lizo se consigue superficies con un rozamiento mínimo lo que ayuda a la hora de construir piezas en las que deben girar o deslizarse sobre otros elementos como por ejemplo el rollo de cinta con etiquetas

1.5.3.7 Rodamientos⁶

Un rodamiento como el de la figura 1.13 es un conjunto de piezas situado entre dos órganos móviles el uno con respecto al otro, denominados anillo interior y exterior, y destinados a facilitar un movimiento de rotación.

⁶ <http://www.monografias.com/trabajos10/roda/roda.shtml>



Fig. 1.13: Partes de un Rodamiento

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/roda/roda.shtml>

Los rodamientos se denominan también cojinetes de rodadura. Teóricamente, estos cojinetes no necesitan lubricación, ya que las bolas o rodillos ruedan sin deslizamiento dentro de una pista. Sin embargo, como la velocidad de giro del eje no es nunca exactamente constante, las pequeñas aceleraciones producidas por las fluctuaciones de velocidad producen una fricción entre bola y pista. Esta fricción genera calor. Para disminuir esta fricción se lubrica el rodamiento creando una película de lubricante entre las bolas y la pista de rodadura.

1.5.3.7.1 Tipos De Rodamientos

Según la forma de construcción de los rodamientos y sus aplicaciones se los puede clasificar en:

- Rodamientos rígidos de bolas.
- Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular.
- Rodamientos de agujas.
- Rodamientos de rodillos cónicos.
- Rodamientos de rodillos cilíndricos de empuje.
- Rodamientos axiales de rodillos a rótula.
- Rodamientos de bolas a rótula.
- Rodamientos de rodillos a rótula.

- Rodamientos axiales de bolas de simple efecto.
- Rodamientos de aguja de empuje.

1.5.3.7.2 Clasificación Según El Funcionamiento

Desde el punto de vista de su función cinemática, pueden dividirse en tres categorías:

1.5.3.7.2.1 Rodamientos Para Cargas Radiales

Están contruidos para soportar perfectamente cargas dirigidas en sentido perpendicular al eje de rotación. La carga radial origina reacciones de los apoyos en sentido también radial, como se ve en la figura 1.14.

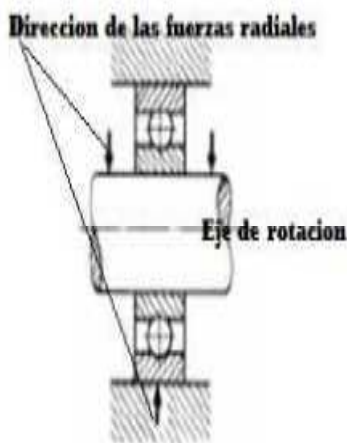


Fig. 1.14: Rodamiento para Cargas Radiales

Fuente: El Dibujo Técnico Mecánico. Ing.S.I. Straneo y Prof.r. Consorti

La carga se descompone sobre los dos soportes, originando dos reacciones en dirección radial, por lo tanto no hay componentes axiales de la carga.

1.5.3.7.2.2 Rodamientos para Cargas Axiales

Los rodamientos para cargas axiales de la figura 1.15, pueden soportar únicamente cargas que actúen según el eje de rotación.

La carga produce reacciones en la dirección y sentido que demuestra la figura. Para cargas axiales sólo se utilizan cojinetes de bolas. La carga no tiene componente radial.

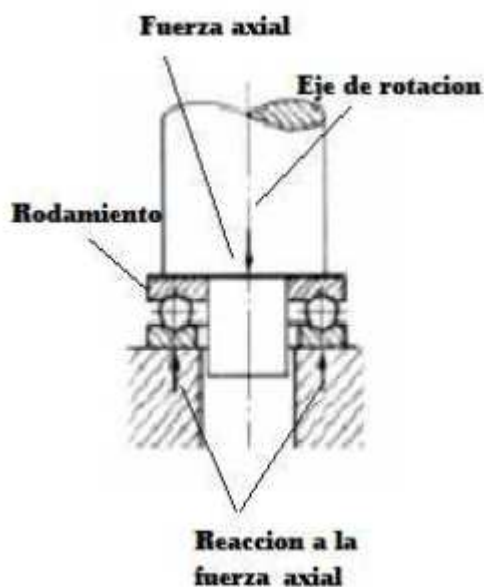


Fig. 1.15: Rodamientos Axiales

Fuente: El Dibujo Técnico Mecánico. Ing.S.I. Straneo y Prof.r. Consorti

1.5.3.7.2.3 Rodamientos para Cargas Mixtas

En los rodamientos para cargas mixtas existen dos componentes de fuerzas que actúan sobre el rodamiento (figura 1.16), una según el eje de rotación y otra perpendicular al mismo.

Como se ve en la figura, uno de los dos cojines ha de soportar el empuje axial, mientras que los dos soportan la componente radial, dando cada uno su propia reacción. La carga tiene componente radial y axial del mismo orden de magnitud. Por lo tanto se producen reacciones radiales R_r y reacciones axiales R_a .

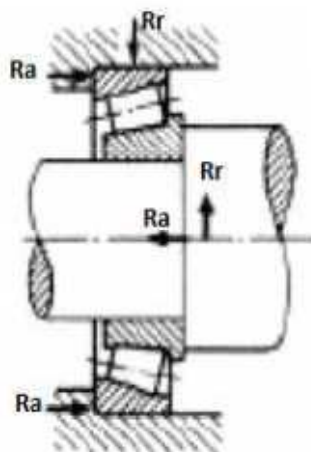


Fig. 1.16: Rodamientos para Cargas Mixtas

Fuente: El Dibujo Técnico Mecánico. Ing.S.I. Straneo y Prof.r. Consorti

1.5.3.7.3 Condiciones De Funcionamiento De Los Rodamientos

Las condiciones en que puede funcionar un cojinete pueden reducirse a las que se indican a continuación:

1.5.3.7.3.1 Árbol Que Gira en un Soporte Fijo

Es el caso más general. El aro interior del cojinete sufre un esfuerzo radial sobre el árbol con una presión que depende de que tan elevada sea la carga que soporta el rodamiento, y gira con el árbol respecto al aro exterior y al soporte en que está montado. La posición en que actúa la fuerza es constante en el espacio, por lo que en cada vuelta todos los puntos de la superficie de rodamiento del aro interior están sucesivamente sometidos a la carga.

El aro exterior debe montarse con ajuste libre de empuje en su alojamiento para permitir un ligero corrimiento del árbol al variar su longitud cuando por ejemplo, varía su temperatura. Más, para los cojinetes montados a poca distancia unos de otros y para los cojinetes de rodillos (abiertos o semicerrados), los cojinetes de agujas y los cojinetes de rodillos cónicos se entran generalmente a presión.

1.5.3.7.3.2 Eje Fijo-Alojamiento Giratorio

Se presenta este caso en las poleas locas, ruedas libres de automóvil, etc.

El aro interior soporta la carga siempre en el mismo punto de superficie, mientras que la superficie de rodamiento del aro exterior, giratorio, está sometida a la carga sucesivamente en todos sus puntos. El aro giratorio está apretado en sentido radial contra su propio asiento.

1.5.3.7.3.3 Condiciones de Funcionamiento Indeterminado

En las que hay una fuerza dinámica que puede modificar las condiciones estáticas de la carga.

Tanto si el aro interior ha de estar calado rígidamente sobre el árbol como si el aro exterior ha de estar montado con ajuste fuerte sobre el soporte giratorio, dichos aros están siempre apoyados contra un adecuado resalto.

1.5.3.7.4 Algunas Normas Para La Aplicación De Los Rodamientos

Para lograr una aplicación completamente racional de los rodamientos o cojinetes es necesario que, al estudiar las diferentes partes de la máquina o dispositivo a que hayan de aplicarse los rodamientos, se tengan en cuenta las exigencias de los mismos, desde el principio del proyecto.

Sólo así estarán éstos en condiciones de poder cumplir la función para la que han sido construidas, si, por el contrario, se aplican los cojinetes al plano o dibujo acabado, es muy probable que su aplicación pueda presentar algún defecto, a veces de mucha gravedad.

Lo que más interesa es la correcta aplicación de los tipos más adecuados. Para lo cual se ha de considerar, en cada caso, las condiciones cinemáticas y dinámicas en que deberán trabajar los cojinetes, seleccionar los más convenientes, basándose en las sencillas indicaciones resumidas en el anexo 2, o bien, para las aplicaciones de

gran importancia, en las publicaciones de las diferentes empresas constructoras, las cuales, en estos casos, ponen además a disposición de los interesados sus servicios técnicos. Se emplean también fórmulas que ayudan a seleccionar los tamaños de los rodamientos, en las que interviene; la duración que de los mismos se exige, medida en millones de revoluciones o bien en horas de funcionamiento efectivo a velocidad constante y en las más variadas condiciones de empleo.

Más información de los tipos de rodamientos en el ANEXO 2.

1.6 TOLERANCIAS Y AJUSTES⁷

Se entiende como tolerancia al máximo valor admisible para las dimensiones de una determinada pieza mecánica, sin que se vea afectado el normal funcionamiento de la pieza y por ende el normal funcionamiento del sistema del que la pieza es parte.

1.6.1 TOLERANCIAS ISO

Las tolerancias ISO (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN) se definen mediante la calidad y posición.

1.6.1.1 Calidad

Se define como calidad a la diferencia entre el valor máximo de la cota admisible (d_s) y el mínimo valor de la cota admisible (d_i), expresado en micras de metro (μm).

$$\mathbf{IT = d_s - d_i}$$

Existen 18 diferentes calidades de fabricación, expuestas en la tabla 1 del anexo 4, indicadas con los símbolos IT1, IT2, IT3, etc., que corresponden escalonadamente desde las calidades más finas hasta las más bastas. De lo expuesto anteriormente resulta que la fabricación es tanto más exacta cuanto más pequeña es la tolerancia

⁷ El Dibujo Técnico Mecánico. Ing.S.I. Straneo y Prof.r. Consorti

relativa y es por eso que se recomienda usar las calidades de fabricación de la siguiente manera:

- **1 al 4.-** Se reservan para fabricaciones especiales de altísima precisión.
- **5 al 11.-** Se usan para la fabricación mecánica de piezas acopladas.
- **12 al 16.-** Se usan sólo para fabricación basta de piezas sueltas.

1.6.1.2 Posiciones de las Tolerancias

Es la situación de la tolerancia respecto a la línea de cero o medida nominal de la pieza, en el sistema ISO la posición se designa por letras minúsculas para ejes y mayúsculas para agujeros.

La posición de la tolerancia es de gran importancia a la hora de determinar si un acople es juego o apriete ya que si la tolerancia del agujero está enteramente sobre la línea de cero y la del eje debajo de dicha línea, se tiene forzosamente un ajuste fácil o juego.

Si la tolerancia del agujero está enteramente debajo de la línea de cero y la del eje encima de dicha línea, se tiene un ajuste prensado o fijo.

En el caso intermedio se tiene el ajuste indeterminado. En la figura 1.17 se presentan las posiciones para la tolerancia en los ejes y como se puede observar los ejes desde la posición a hasta la posición g tienen diferencias negativas y los ejes con posiciones desde la p hasta la zc tienen diferencias positivas.

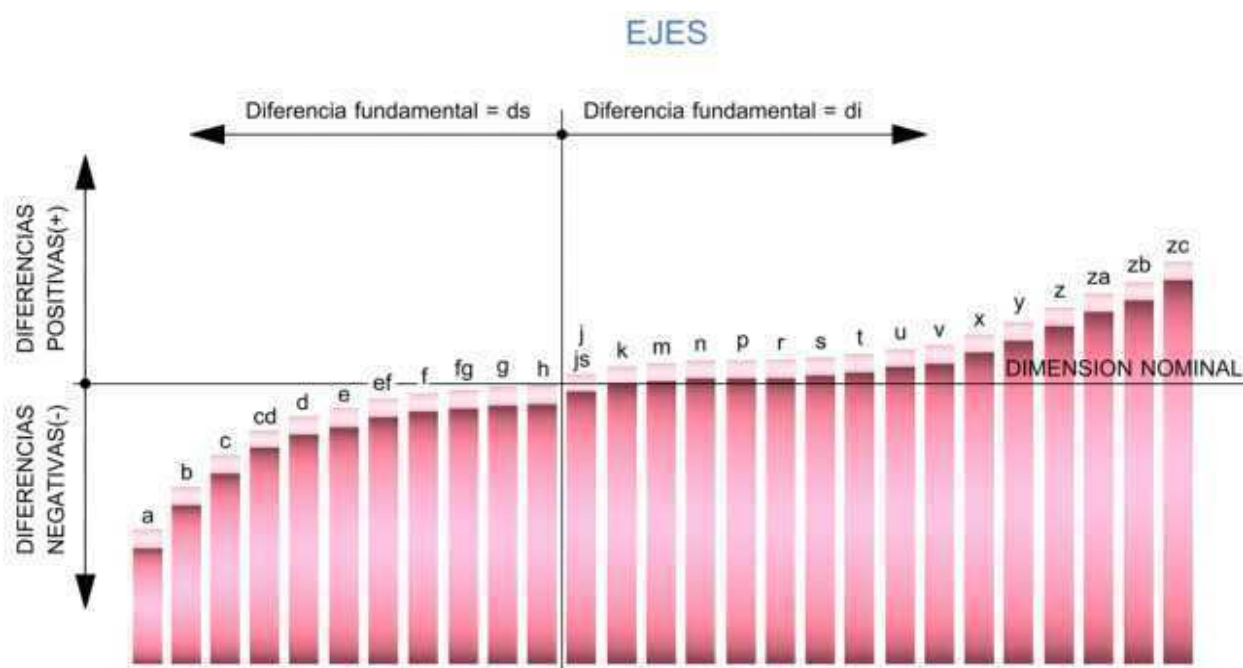


Fig. 1.17: Posiciones de las Tolerancias para Ejes

Fuente: http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas_di2/dimensionales/posicion_de_la_tolerancia.html

En la figura 1.18 se presentan las posiciones de tolerancia para los agujeros, en este caso los agujeros con posición desde la A hasta la G se tiene diferencias positivas y en las posiciones desde la P hasta la ZC se tiene diferencias negativas.

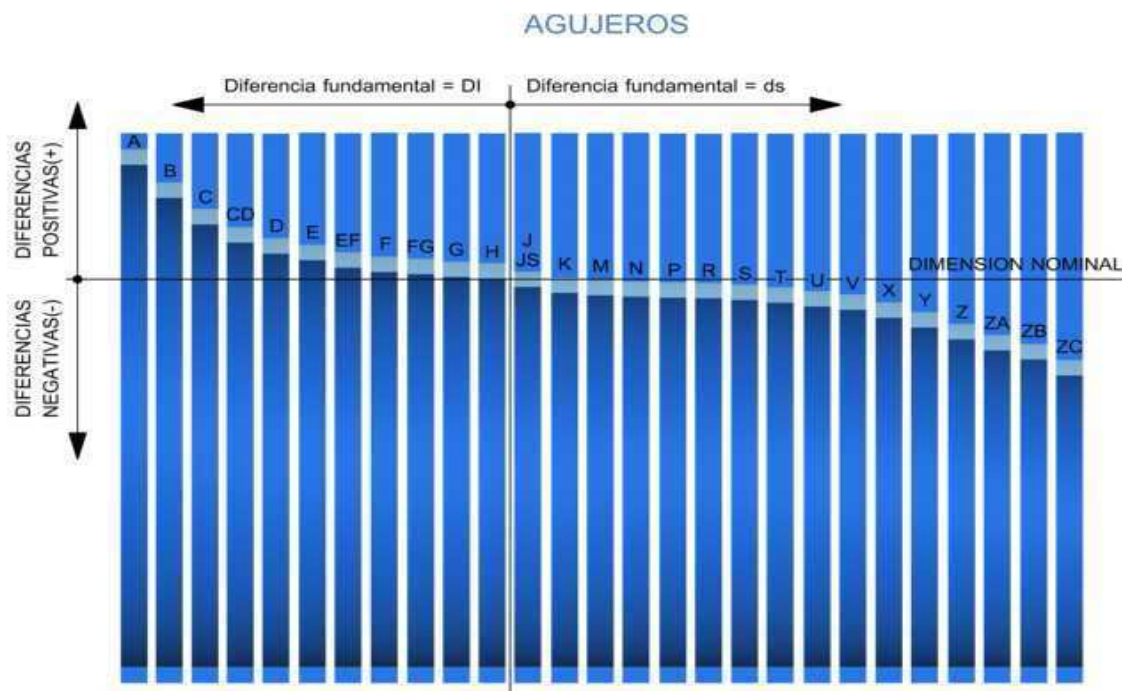


Fig. 1.18: Posiciones de las Tolerancias para Agujeros

Fuente: http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas_di2/dimensionales/posicion_de_la_tolerancia.html

1.6.1.3 Escritura Normalizada de la Tolerancia ISO

Según la norma ISO las cotas se escriben de la siguiente manera:

Primero se escribe la medida nominal, luego se escribe la letra de posición y por último se escribe el número de la calidad por ejemplo.

10J7 la misma que equivale a: $10^{+0.008}_{-0.007}$

En otros casos también se puede expresar a la tolerancia de la siguiente manera:

$$10^{+0,022}_{-0,013}$$

Diferencia superior
Diferencia inferior

Cualquiera de los dos métodos para expresar la tolerancia es aceptado en la norma ISO

1.6.2 AJUSTE

Se entiende como ajuste, a la relación que hay entre dos piezas que van montadas, una dentro de la otra. Según las dimensiones que tengan, pueden darse dos casos:

- A. Que el eje sea menor que el agujero, con lo cual entrará con más o con menos facilidad. (Juego).
- B. Que el eje, sea mayor que el agujero, por cuya razón no entrará (Interferencia), a menos que realicemos alguna operación como calentar la pieza que contiene al agujero, o aplicar una gran presión para efectuar este acople.

1.6.2.1 Tipos de Ajustes

Según el tipo de acoplamiento se puede tener tres tipos de ajustes los mismos que son:

1.6.2.1.1 Juego

En líneas generales, cuando la medida real de un agujero es mayor que la medida real del eje correspondiente, se dice que entre el eje y el agujero hay un juego, originado por la diferencia de los diámetros del agujero y del eje es así que se tiene:

- **Juego máximo**

Cuando el agujero tiene el diámetro máximo y el eje el diámetro mínimo y se determina con la siguiente fórmula:

$$J_{\text{máx.}} = D_{\text{máx. Agujero}} - D_{\text{min eje}}$$

- **Juego mínimo**

Cuando el agujero tiene el diámetro mínimo y el eje el diámetro máximo y se determina con la siguiente fórmula:

$$J_{\min} = D_{\min \text{ agujero}} - D_{\max. \text{ Eje}}$$

En este caso, en el que cualquiera que sea la combinación de un eje y un agujero, siempre hay un juego, el ajuste resulta siempre móvil.

1.6.2.1.2 Apriete

El diámetro del agujero, antes de efectuar el ajuste, es menor que el del eje. Se dice entonces que hay un apriete y está determinado por:

$$A = D_{\text{ eje}} - D_{\text{ agujero}}$$

El apriete oscila entre un valor máximo y un valor mínimo como se indica a continuación:

$$A_{\max.} = D_{\max. \text{ Eje}} - D_{\min \text{ agujero}}$$

$$A_{\min} = D_{\min \text{ eje}} - D_{\max. \text{ Agujero}}$$

1.6.2.1.3 Ajustes Indeterminados

Son aquellos que, según sean los valores de las medidas reales del eje y del agujero resultante de la combinación casual de los elementos del ajuste, pueden resultar móviles o fijos.

Mientras que en los ajustes fijos hay siempre un apriete y en los móviles un juego, en los ajustes indeterminados se puede tener juegos o aprietos, según sean las medidas reales de las piezas ajustadas.

El apriete máximo se tendrá cuando el eje tenga el máximo diámetro y el agujero el mínimo admisibles: en cambio se tendrá el juego máximo cuando el agujero tenga el máximo diámetro y el eje el mínimo. Del apriete se puede pasar al juego si no hay un valor mínimo ni para el apriete ni para el juego.

1.6.2.2 Designación de Ajustes

Para la designación de un eje o de un agujero, se usa la letra correspondiente a su posición, seguida del número que indica su calidad; por ejemplo: h7, g9, F5, H9.

Para designar un ajuste se nombra primero la abreviatura del agujero y luego la del eje; por ejemplo, H7 / g6, H8 / j7, etc.

1.6.2.3 Sistemas De Fabricación

Se entiende como sistema de fabricación cuando se elige el método más conveniente para la fabricación de una determinada pieza y estos son:

- Eje único
- Agujero único

1.6.2.3.1 Eje Único

Se toma como base para la construcción al eje manteniendo la tolerancia del eje en posición h, para luego escoger cada vez la posición del agujero, de modo que se cumplan las condiciones de ajuste.

En este caso la abreviatura del ajuste contempla siempre la posición h como por ejemplo:

G8 / h7, N8 / h6, R8 / h7

1.6.2.3.2 Agujero Único

Se toma como base para la construcción al agujero, manteniendo la tolerancia del agujero en posición H para cualquier condición de ajuste y luego se escoge la posición del eje, de modo que cumpla la condición de ajuste exigida como por ejemplo:

H7 / g6, H8 / m7. H8 / t7

1.6.2.4 Cálculo y Selección de Ajustes

Para seleccionar el ajuste de una pieza se puede seguir dos caminos, el primero calculándolo con la ayuda de las normas ISO y la otra es seleccionándolo con los criterio de las normas USA.

1.6.2.4.1 Normas ISO

Para determinar el ajuste entre dos piezas basándonos en el sistema ISO se elige el sistema de fabricación más conveniente, esto es eje único o agujero único.

1.6.2.4.1.1 Elección del Sistema de Fabricación

La elección del sistema depende de muchos factores entre los que se puede destacar:

- Cuando se tiene elementos normalizados como rodamientos, chavetas, chumacera etc.
- Cuando se tiene la opción de construir el agujero y el eje interviene la disposición de la maquinaria, es decir que pieza es más fácil de construir-
- El factor económico también influye en la selección del ajuste ya que se escoge la forma más barata de construcción.

1.6.2.4.1.2 Cálculo del Ajuste

Cuando ya se tiene elegido el sistema de fabricación, por ejemplo agujero único, se elige la calidad de fabricación, por ejemplo un agujero con calidad IT8.

Para mayor facilidad en la elección de la calidad se toma en cuenta el grado de precisión requerido, para lo cual se usa la tabla 1.2 y de este modo se obtienen todos los datos del agujero o del eje dependiendo del sistema de fabricación elegido.

Elemento	Grado de precisión requerido			
	Muy preciso	Preciso	Medio	Basto
Agujero único	H6	H7	H8	H11
Eje único	h5	h6,h7	h8,h9	h11

Tabla 1.2 Calidades recomendadas según el grado de precisión requerido

Fuente: Folleto de Metrología, Ing. Vicente Toapanta

Con la calidad de fabricación y la medida nominal de la pieza a construir se busca el valor de la tolerancia en la tabla 1.2 del anexo 3.

Luego se calcula la diferencia superior e inferior y se encuentra la posición y la calidad del elemento con el cual se va a unir con la ayuda de las tablas 2 y 4 del anexo 3.

1.6.2.4.2 Normas USA

Para determinar el acoplamiento de piezas con las normas USA se tiene en cuenta el funcionamiento de las piezas, estas normas trabajan con presiones y velocidades producidas entre las piezas, también toman en cuenta el material de las piezas.

Características:

- Consideran las variaciones de temperatura.
- Estas normas trabajan solo con sistema agujero único y en micras de pulgada.
- Son solo para piezas cilíndricas.
- Con todos los parámetros se llega a una equivalencia con el sistema ISO expresadas en la tabla 2 del anexo 5.

Las normas USA expresan el tipo de acople y la clase a través de letras y números las mismas que son:

1.6.2.4.2.1 RC: Ajuste De Localización Y Rotación

- **RC1** Ajuste de deslizamiento estrecho.
- **RC2** Ajuste de deslizamiento.
- **RC3** Ajuste de rotación de presión.
- **RC4** Ajuste de rotación estrecho.
- **RC5 y RC6** Ajustes de rotación medianos.
- **RC7** Ajuste de rotación libre.
- **RC8 y RC9** Ajustes de rotación flojos.

1.6.2.4.2.2 L Ajuste De Localización

- **LC** Ajuste de localización con holguras.
- **LT** Ajuste de localización de transición.
- **LN** Ajuste de localización con interferencia.

1.6.2.4.2.3 FN Ajuste Por Forzamiento O Por Contracción

- **FN1** Ajuste de impulsión ligero.
- **FN2** Ajuste de impulsión mediano.
- **FN3** Ajuste de impulsión fuerte.
- **FN4 y FN5** Ajustes muy forzados.

La aplicación de cada una de estas siglas de las normas USA se expresa en el anexo 4.

1.6.2.4.2.4 Ejemplo De Cálculo De Un Ajuste Aplicando Normas Usa

Para el rodamiento 6202 (15-35-11)

Un eje de 15 mm de diámetro tiene que ser construido para que se ajuste en el anillo interior de 15mm que tiene el rodamiento, para lo cual se elige el sistema agujero único.

De acuerdo con el funcionamiento de la máquina la velocidad de trabajo a la que estará sometido el rodamiento es despreciable.

De la misma manera que la velocidad la variación de temperatura también es despreciable debido a que se trata de acero inoxidable del tipo AISI 304 el mismo que como ya se dijo antes tiene una buena resistencia a las variaciones de temperatura, además se asume que la máquina siempre trabajara a temperatura ambiente.

Debido a que la función de los rodamientos es permitir el giro del eje de la caja reductora. Los mismos que tampoco sufren esfuerzos de tensión considerables debido a que únicamente arrastran el plato giratorio, también se puede despreciar las presiones de trabajo.

Datos:

- Velocidad (**V**) = despreciable
- Variación de temperatura (**ΔT**) = despreciable
- Material (**M**) = acero
- Presión (**P**) = despreciable

Considerando lo expuesto en el anexo 5 y los datos que nos entrega el tipo de funcionamiento se elige un acople FN2.

Se determina usar este acople debido a que las normas usa lo recomiendan para acoples de piezas hechas de acero.

Mediante la tabla del anexo 5 que corresponda a los ajustes del tipo FN se determina que el ajuste FN2 equivale a tener un ajuste H7/ s6 en normas ISO.

1.7 RUGOSIDAD

El tiempo de duración de una pieza depende de la forma y la superficie que tenga una pieza, debido a que nunca se puede obtener superficies totalmente lisas y uniformes debidos en gran parte al tipo de máquina herramienta.

Es por eso que se aceptan tolerancias de forma, de ondulaciones y asperezas.

1.8 FORMA

Se refiere por ejemplo a la imposibilidad de construir piezas totalmente cilíndricas como por ejemplo un orificio taladrado no puede ser de forma ideal cilíndrico sino que puede ser cónico, redondo o abombado, de igual forma tampoco se puede obtener superficies totalmente planas como se muestra en la figura 1.19.

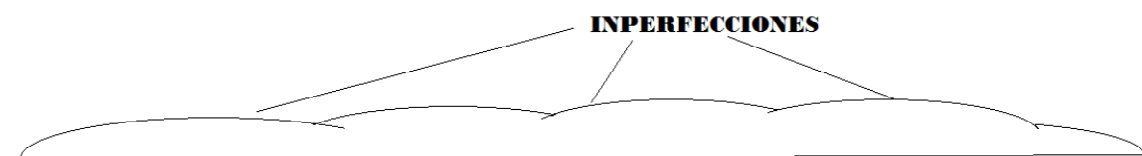


Fig. 1.19: Falta de Planitud

Fuente: Propia del autor

1.9 ONDULACIÓN

Esta se puede producir por una marcha de la máquina herramienta que no sea redonda como por ejemplo en una fresa así como también por vibraciones de la máquina herramienta; una superficie ondulada se presenta en la figura 1.20.

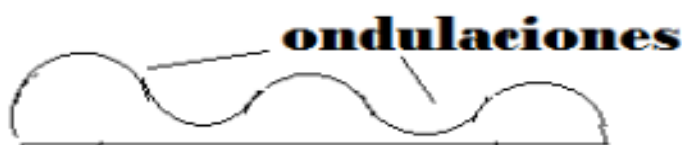


Fig. 1.20: Superficie Ondulada

Fuente: Propia del autor

1.10 ASPEREZA

La aspereza es una cualidad de todo tipo de superficie, pero en esta ocasión centraremos nuestro estudio en las piezas mecánicas producidas mediante el arranque de viruta.

Como se presenta en la figura 1.21 las asperezas pueden ser surcos, escamas, abombamientos, bultos etc.

El tipo de aspereza depende en su gran mayoría de la herramienta usada y más concretamente del filo de la herramienta.



Fig. 1.21: Asperezas
Fuente: Propia del autor

Cuando en un ajuste de juego la superficie de ajuste posee una aspereza constituida por ejemplo por puntas o por otro tipo de aspereza provoca que esta aspereza desgaste con mayor rapidez las piezas en contacto, por otro lado cuando se trata de un apriete se puede tener un apriete más flojo debido a que el material se puede correr por los huecos dados por las asperezas.

En las tablas del anexo 5 se presentan los distintos acabados obtenidos en los procesos de fabricación obtenidos con las distintas máquinas y herramientas que fueron usadas en este proyecto.

La aspereza de una superficie no siempre es un problema en algunos casos como por ejemplo cuando se necesita tener una tracción y un agarre considerable de una pieza con otra, es conveniente tener una aspereza bastante grande, en el caso de este proyecto se necesita tener tracción en los rodillos que arrastran a la etiqueta y los que arrastran a la banda de giro de envases, es por eso que se exige un acabado de moleteado

1.11 MOLETEADO

Es la operación con la cual se obtienen superficies ásperas o rugosas regulares: paralelas rectas, oblicuas o cruzadas sobre piezas cilíndricas exteriores, sin separación de viruta.

1.12 UNIONES Y ACOPLÉS

En términos generales se puede decir que existen muchos métodos para unir un grupo de piezas dentro de un sistema mecánico entre las que destacan:

- Unión con pernos y tuercas.
- Unión soldada.
- Acople con lengüeta.
- Uniones remachadas.

1.12.1 UNIONES CON PERNOS Y TUERCAS

Las uniones con perno y con tornillo son uniones semipermanentes debido a que los tornillos son desmontables, gracias a que la unión de las piezas es mediante roscas.

Se puede tener la rosca construida en los elementos a unir o bien tener agujeros pasantes y colocar una tuerca a la salida del perno, todo depende de la comodidad, área y la aplicación.

1.12.1.1 Nociones Sobre Roscas⁸

La unión tornillo-tuerca es de aplicación muy frecuente en todas las construcciones mecánicas, sea como medio de sujeción de dos piezas, como órgano de transmisión de movimiento, cuando, por ejemplo, el tornillo va montado en la parte fija y la tuerca está montada sobre la parte móvil, que forzosamente se ve obligada a trasladarse en la dirección del eje del tornillo, cuando este tiene un movimiento de rotación.

1.12.1.2 Rosca Derecha o Izquierda

El modo de engendrar el filete es derecho cuando un observador situado a lo largo del eje de la hélice y que siga con la mirada el filete, lo vea elevarse cuando gire sobre sí mismo en sentido contrario a las agujas del reloj; y por el contrario, es izquierdo, cuando vea elevarse el filete, girando en sentido de dichas agujas.

En consecuencia, se tienen las roscas derechas e izquierdas. Las roscas usadas normalmente son las derechas.

1.12.1.3 Roscas del Sistema Métrico S.I

El vértice de la rosca del tornillo y el fondo de la rosca de la tuerca están truncados con arista viva a una distancia del vértice del triángulo generador igual a $h/8$, mientras que la base de la rosca del tornillo y el vértice de la rosca de la tuerca están redondeados con un radio r igual también a $h/8$. Las proposiciones, para todos los tornillos del sistema SI, (figura 1.22) son las siguientes:

$$\alpha = 60 \quad \alpha_1 = \alpha_2 = 30 \quad h = 0.8660p \quad r =$$

$$F = f = 0.6495p \quad d = D \quad d_m = D_m = d - f$$

$$D_n = D_n = d - 2f$$

⁸ El Dibujo Técnico Mecánico. Ing.S.I. Straneo y Prof.r. Consorti

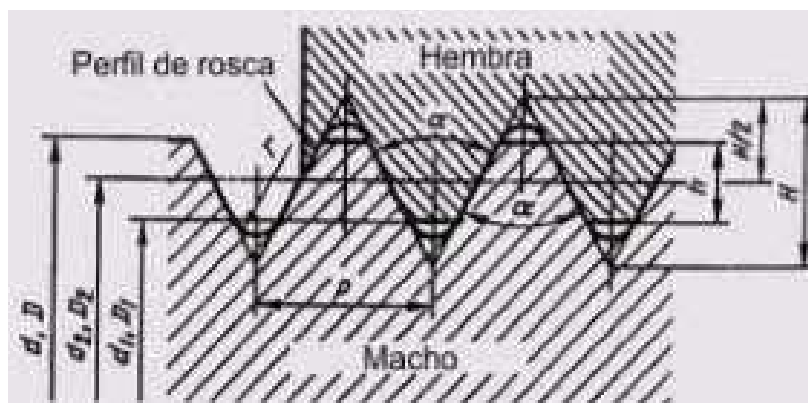


Fig. 1.22: Rosca del Sistema Métrico (SI)

Fuente: Propia del autor

Para las necesidades de la industria se han unificado 5 series, designadas respectivamente; MA; MB; MC; MD; ME. La serie MA es la de la tornillería normal; a ella se refiere la tabla UNI 2706. La serie MB (UNI 2702) es para tornillería de rosca fina. Las otras series están reservadas para órganos mecánicos.

En el anexo 6 se expresa las características de las rocas del sistema métrico.

A igualdad de diámetro de los tornillos, el paso va disminuyendo desde la serie MA a las siguientes, puesto que la profundidad de la rosca es función de paso, se sigue que en la serie MB resulta un aumento progresivo del núcleo, que a igualdad de diámetro de los tornillos, es cada vez mayor por otra parte, la menor inclinación del filete (respecto a la sección perpendicular al eje del tornillo) resulta al pasar de la serie MA a las siguientes.

1.12.2 UNIONES SOLDADAS

Las uniones soldadas son del tipo permanentes debido a que los elementos a unirse son fundidos entre sí, gracias al calor producido por la suelta.

Debido a que la máquina está construida en acero inoxidable nos concentraremos en los métodos para soldar acero inoxidable.

1.12.2.1 Soldadura De Acero Inoxidable⁹

Para soldar acero inoxidable se ha visto la soldadura de acero aleado al alto cromo con electrodo recubierto; operación manual mediante el proceso de arco protegido; otros procesos en la unión de aceros inoxidables incluyen:

- Oxiacetilénico.
- El de arco con gas inerte con electrodo consumible o no consumible.
- El de resistencia.
- Plata latón.

En cuanto al proceso oxiacetilénico tiene poca aplicación por ser demasiado lento para este tipo de acero, habiendo la necesidad de ajustar la llama cuidadosamente, con un ligero exceso de acetileno para evitar la absorción de carbono del material base. En otros términos y debido a:

- La lenta transmisión de calor en el acero inoxidable de la pieza de trabajo.
- La lentitud del calentamiento, que es característica de este proceso.
- Sobrecalentamiento de gran intensidad en el material base, antes que ocurra la fusión.
- El sobrecalentamiento del material produce:
 - Distorsión.
 - Crecimiento de granos.
 - Precipitación del carburo
- Si se trata de acero del tipo austenítico aleado se forma el óxido de cromo.

1.12.2.1.1 Método Para Soldar Acero Inoxidable

El proceso de soldadura con gas inerte es el preferido para soldar acero inoxidable. El proceso de gas inerte protegido con electrodo de tungsteno, (proceso Tungsten Iner Gas) es especialmente propio para soldar placas delgadas de acero inoxidable.

⁹ SOLDADURA Y METALURGIA, Guillermo Fernández Flores

1.12.2.1.2 Soldadura con Arco Protegido con Gas Inerte

Es sumamente importante, en el cual el arco es protegido del aire por el gas químico llamado "gas inerte", como el argón o helio. Este proceso tiene la frecuente denominación de "soldadura con gas inerte" y tiene dos subdivisiones conocidas como "Tig" y "Mig".

En la tabla 1.3 se expresa el tipo de gas recomendado para soldar los distintos tipos de materiales.

<i>Metal a soldar</i>	<i>Gas</i>
Aluminio y sus aleaciones	Argón
Latón y sus aleaciones	Helio o Argón
Cobre y sus aleaciones (menor de 3 mm)	Argón
Cobre y sus aleaciones (mayor de 3 mm)	Helio
Acero al carbono	Argón
Acero Inoxidable	Argón

Tabla 1.3 gas recomendado para cada material

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/11520143/Manual-de-Soldadura-Electrica-Migy-Tig>.

El método TIG de soldadura con gas inerte, que se presenta en la figura 1.23 , obtiene el calor necesario mediante un arco de alta concentración de calor, establecido entre el electrodo de tungsteno, que virtualmente no se consume, y el metal base, de allí toma el nombre de tungsteno-inner gas" o sea "Tig" . Este método se aplica indistintamente en soldadura por fusión o de relleno, requiriéndose en el segundo caso, relleno de metal y usar material de aporte para alimentar el interior del arco.

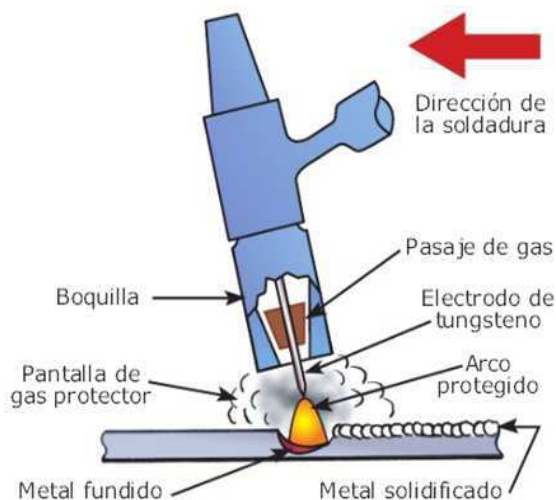


Fig. 1.23: Soldadura TIG

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/11520143/Manual-de-Soldadura-Electrica-Migy-Tig>

En el segundo caso de soldadura con gas inerte, un electrodo que si se consume sustituye al que no se consume, el cual es alimentado dentro del arco mecánicamente, de donde toma el nombre de "metal inner gas", o sea soldadura "Mig".

Ambos sistemas han sido adoptados para procesos automático y semiautomático, teniendo su mayor aplicación en los metales no ferrosos, con material de aporte del mismo material base, o cuando menos de metal que no sea ferroso, obteniéndose ventajosos resultados, sobre otros sistemas, en magnesio, cobre, acero inoxidable y hierro colado.

1.12.2.1.3 Proceso de Soldadura con Arco Eléctrico

Este proceso es el más conocido y más extendido y por ende el de mayor uso. El arco eléctrico es el que proporciona el calor que se necesita para fundir el material base y de relleno con la finalidad de que ambos se unan.

El arco se produce por efecto de una corriente eléctrica de bajo voltaje y alto amperaje que pasa a través de un espacio de aire existente entre el electrodo metálico o de carbón y el material base que está siendo soldado.

El arco puede alcanzar temperaturas de hasta 3500 °C aunque normalmente no se llega a usar esta temperatura, la alta temperatura se concentra en un punto lo que provoca que el metal se funda, en unión del material de relleno, que puede ser electrodo o varilla metálica.

1.12.2.1.4 Soldadura con Electrodo Recubiertos

La soldadura con electrodo recubierto (figura 1.24) funcionan con el principio de electrodo consumible, la mayoría de los usados en la actualidad son de tipo recubierto, por las siguientes razones:

- Los electrodos propiamente recubiertos, producen un arco más estable.
- Dan mayor velocidad a la operación de soldar.
- Se hacen cordones de soldadura más uniformes y tersos.
- Mejoran las propiedades metalúrgicas de la soldadura.

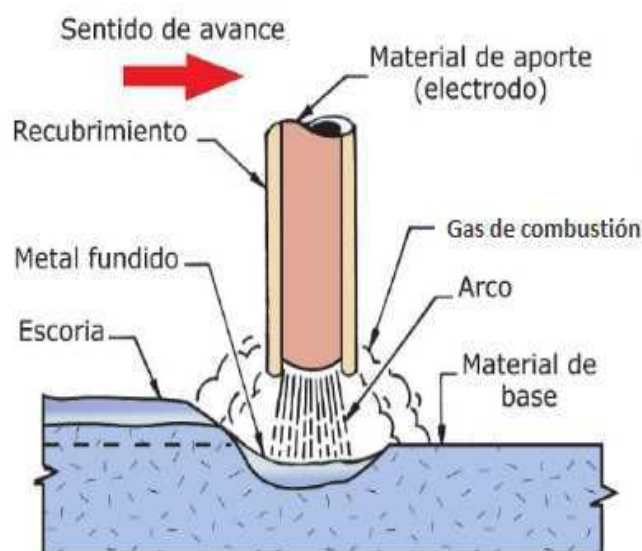


Fig. 1.24: Soldadura Con Electrodo Recubierto

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/11520143/Manual-de-Soldadura-Electrica-Migy-Tig>

1.12.2.1.5 Propiedades Metalúrgicas De La Soldadura

Al tratarse de un metal debe tener casi las mismas propiedades de los metales, las mismas que son:

- Solidez a la temperatura ambiente.
- Opacidad.
- Buen conductor del calor y la electricidad.
- Reflejo brillante cuando se le pule.
- Que parezca hecho de pequeños cristales, visto con microscopio.
- Que sufra dilatación cuando se caliente y contracción cuando se enfríe.

1.13 TRANSMISORES DE POTENCIA MECÁNICA

La potencia mecánica entregada por el motor eléctrico de la máquina debe ser transmitida hacia el mecanismo diseñado para la caja reductora para que la máquina funcione. Es así que se tiene transmisiones por bandas, engranes, cadenas, bandas dentadas, etc.

1.13.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE TRANSMISIONES

En la tabla 1.3 se presentan los tipos de transmisores de potencia mecánica más comunes en la industria con sus respectivas características de operación.

TIPO	CADENA	BANDA	ENGRANE	B. DENTADA
EFICIENCIA	EXCELENTE	BAJA	EXCELENTE	EXCELENTE
SINCRONIZACIÓN	EXCELENTE	BAJA	EXCELENTE	EXCELENTE
CHOQUES	BAJA	EXCELENTE	MUY BAJA	BUENO
RUIDO	BAJA	EXCELENTE	MUY BAJO	EXCELENTE
LUBRICACIÓN	SI	NO	SI	NO
VELOCIDAD	Hasta 1000 RPM	Velocidades de 1000 a 3600 RPM	Para bajas velocidades	Altas y Bajas velocidades

TABLA 1.3: Características de los tipos de transmisores de potencia mecánica

Fuente; <http://www.cacsa.com.mx/transmision/cadenasr.htm>

1.13.1.1 Cadena De Rodillos

La Cadena de Rodillos, es un dispositivo mecánico que a través de partes mecánicas ensambladas entre sí, sirve para dar movimiento a dos ejes y poder transmitir la potencia mecánica.

1.13.1.1.1 Ventajas del Uso de Cadenas de Rodillos

- Pueden aumentar ó disminuir la velocidad.
- Pueden unir ejes hasta de 4 mts.
- Son fáciles de cortar y conectar.
- No hay deslizamiento entre el eje motriz y el conducido.
- El estiramiento es prácticamente nulo.
- La vida de operación es larga.
- Son especiales para trabajar en ambientes hostiles.
- Es fácil su mantenimiento.

1.13.1.1.2 Desventajas del Uso de Cadenas de Rodillos

- Elongación provocada por el desgaste de sus componentes.
- Flexibilidad limitada a un solo plano.
- Velocidades también limitadas.
- Se requiere cambiar catarinas junto con la cadena.

1.13.1.1.3 Partes Que Forman La Cadena De Rodillos

En la figura 1.25 se presenta un despiece total de un eslabón que compone una cadena y cuyas partes son descritas a continuación:

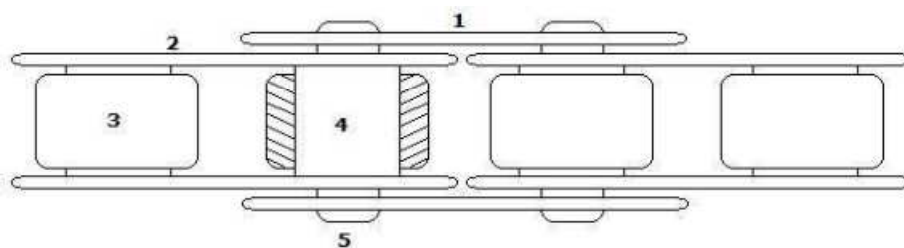


Fig. 1.25: Eslabón de Cadena de Rodillos

Fuente: <http://www.cacsa.com.mx/transmision/cadenasr.htm>

1) Placa exterior 2) placa interior 3) rodillo 4) casquillo 5) pasador

Placas

Son los componentes que reciben la tensión, algunas veces acompañada por cargas de impacto. Deben tener resistencia a los requerimientos ambientales como la corrosión y la abrasión.

Rodillos

Están sujetos a cargas de impacto durante el enganche con la catalina. También reciben cargas de compresión. Tienen una acción tipo rodamientos junto con los bujes y deben tener resistencia al desgaste, la fatiga y choques.

Casquillo

Están sujetos a esfuerzos de corte y a la flexión. Absorben las cargas cuando la cadena se engancha con la catarina. Deben tener gran resistencia al corte, los impactos y al desgaste.

Pasador

El pasador está sujeto a fuerzas de corte y flexión transmitidas por las placas, por lo que necesita tener alta resistencia a la tensión y al corte, así como a la flexión. Debe ser endurecido contra choques y desgaste.

Candados

Sirven para unir la cadena. Consiste en dos placas y dos pernos que entran libremente en la cadena y quedan sujetos de un clip. Tienen un 20% menos capacidad que la cadena, aunque existen candados que si tienen la misma capacidad que la cadena.

Medio Candado

Es utilizado para unir cadena con número de eslabones impares, cuando se tiene que retazar la cadena por el desgaste. Tiene un 35% de menor capacidad que la cadena, aunque existen medios candados dobles, que tienen la misma capacidad que la cadena.

1.13.1.1.4 Funcionamiento de la Cadena de Rodillos

La finalidad es transmitir potencia desde una catalina motriz a otra catalina impulsada, utilizando para ello, un tramo de cadena. Durante cada ciclo, cada eslabón está sometido a diferentes cargas cuando interactúan con la catalina.

Dos factores debemos tomar en cuenta para determinar la calidad de una cadena de rodillos, la resistencia al desgaste y la resistencia a la fatiga. En el tramo de trabajo de la cadena, está sometida a una tensión completa. En el tramo flojo, la tensión de la cadena es mínima.

1.13.1.2 Catalina

Una catalina (fig. 1.26) es una rueda dentada que se la utiliza para la transmisión de potencia mecánica y trabaja juntos con la cadena de rodillos, el número de dientes y el diámetro determinan la velocidad a la que puede trabajar la Catarina.

Una de las principales ventajas de este tipo de transmisión de potencia es que nunca se presentan patinajes de la cadena y por ende se puede transmitir una potencia constante.

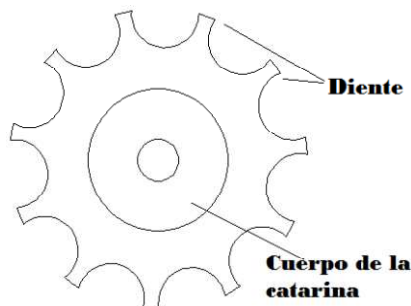


Fig. 1.26: Catalina

Fuente: Propia del autor

1.14 RELÉS

Un relé (fig. 1.27) es un dispositivo electromecánico que abre y cierra contactos según se excite o no su bobina, en la figura se presenta un relé de 110 v de AC, el mismo que fue usado en el presente proyecto y que tiene una capacidad de 10 amperios entre contactos. La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. El Relé es activado con poca corriente, sin embargo puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente.

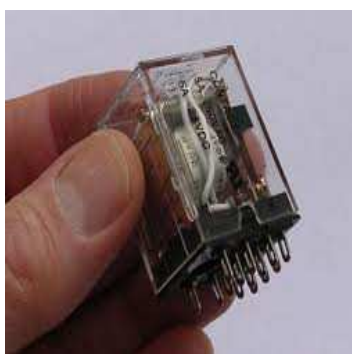


Fig. 1.27: Relé

Fuente: Propia del autor

1.15 CONTACTORES

Un contactor como el presentado en la figura 1.28 es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de una instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento

Una posición estable o de reposo (apagado), cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra de activo o encendido cuando recibe una acción por parte del circuito de mando.



Fig. 1.28: Contactor
Fuente: Propia del autor

1.15.1 COMPONENTES DE LOS CONTACTORES

El contactor está compuesto por varios componentes mecánicos y eléctricos los mismos que permiten el funcionamiento del contactor, éstos se detallan a continuación en la figura 1.29:

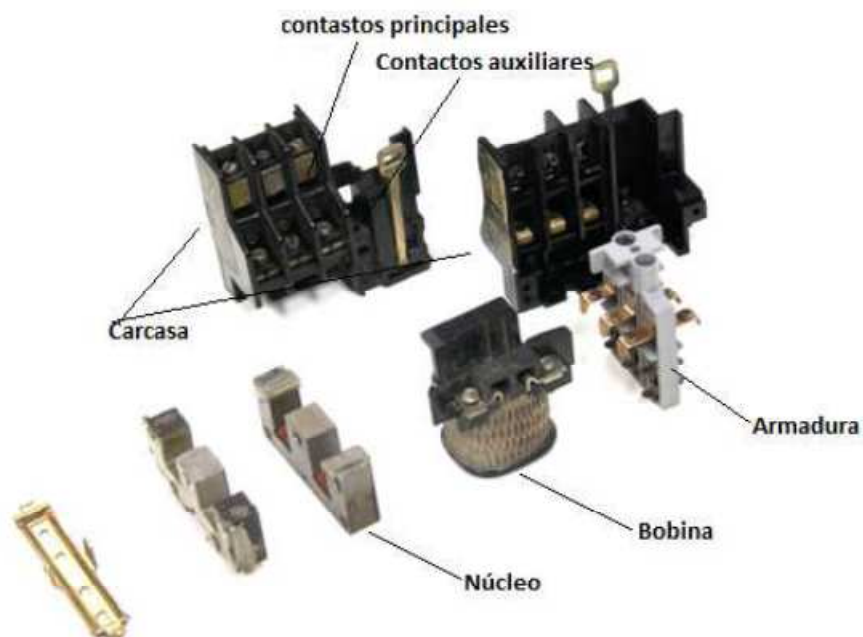


Fig. 1.29: Partes del Contactador

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/partes-del-contador.html>

- a) Carcasa b) Contactos Principales c) Contactos Auxiliares d) Armadura e) Núcleo
f) Bobina

a) Contactos Principales

Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están normalmente abiertos (NA) cuando el contactador está apagado.

b) Contactos Auxiliares

Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.

Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactador y aseguran las auto alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

c) Bobina

Elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220V de corriente alterna, siendo la de 220V la más usual.

d) Armadura

Parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina.

e) Núcleo

Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.

1.15.2 SIMBOLOGÍA Y REFERENCIADO DE BORNES

Los bornes de conexión de los contactores se nombran mediante cifras o códigos de cifras y letras que permiten identificarlos, facilitando la realización de esquemas y las labores de cableado.

Los contactos principales se referencian con una sola cifra, del 1 al 16. Los contactos auxiliares están referenciados con dos cifras. Las cifras de unidades o cifras de función indican la función del contacto: 1 y 2, contacto normalmente cerrados (NC). 3 y 4, contacto normalmente abiertos (NA). 5 y 6, contacto de apertura temporizada. 7 y 8, contacto de cierre temporizado.

La cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece. Las bobinas de un contactor se referencian con las letras A1 y A2. En su parte inferior se indica a qué contactor pertenece. El contactor se denomina con las letras KM seguidas de un número de orden.

1.15.3 TIPOS DE CONTACTORES SEGÚN SU UTILIZACIÓN

Según su utilización los contactores pueden ser divididos en tres grupos principales y un cuarto grupo que es prácticamente igual al tercer grupo, con una diferencia en sus corrientes tal y como se muestra en la tabla 1.4 Como se puede observar en la tabla 1.4 cada tipo de contactor está identificado por las siglas AC acompañadas por un número, el mismo que identifica el tipo de contactor, mientras que las letras indican el tipo de corriente con la que se excita la bobina.

Categoría de servicio	Ic / Ie	Factor de potencia
AC1	1	0,95
AC2	2,5	0,65
AC3	1	0,35
AC4	6	0,35

Tabla 1.4 Tipos de Contactores

Fuente: <http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tabla.htm>

1.15.4 APLICACIONES DE LOS TIPOS DE CONTACTORES

Las aplicaciones de los contactores, en función de la categoría de servicio, se especifican en la tabla 1.5 y son:

Categoría de servicio	Aplicaciones
AC1	Cargas puramente resistivas para calefacción Eléctrica,...
AC2	Motores asíncronos para mezcladoras, centrífugas,...
AC3	Motores asíncronos para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores,...
AC4	Motores asíncronos para grúas, ascensores,...

Tabla 1.5 aplicaciones de los tipos de contactores

Fuente: <http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tabla.htm>

1.15.5 PASOS PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR

Los pasos a seguir para la elección de un contactor son los siguientes:

1. Obtener la corriente de servicio (I_e) que consume el receptor.
2. A partir del tipo de receptor, obtener la categoría de servicio.
3. A partir de la categoría de servicio elegida, obtener la corriente cortada (I_c) con la que se obtendrá el calibre del contador.

1.16 PULSADORES

Los pulsadores son aparatos de maniobra clasificados como interruptores, que tienen retroceso que son accionados manualmente y se emplean para el mando de diferentes potencias ver figura 1.30.



Fig. 1.30: Pulsador Eléctrico

Fuente: <http://www.7735.com/es/sale/pulsadores-el%C3%A9ctricos-dd3144>

Los pulsadores son los elementos de mando más utilizados en la operación de contactores y fundamentalmente, en el mando de motores eléctricos. Combinaciones de ellos se utilizan para abrir o cerrar circuitos auxiliares, para señalización, para el mando de relés, etc.

1.17 LUZ PILOTO

La luz piloto (fig. 1.31) es una luz que indica cual número o condiciones normales de un sistema o dispositivo existe. Una luz piloto es también conocida como una luz monitor o de monitoreo.



Fig. 1.31: Luz Piloto

Fuente: <http://www.codelec.cl/?p=2411>

1.18 GUARDA MOTOR

Un guarda motor como el que se presenta a continuación (ver figura 1.32) es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores.

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



Fig. 1.32: Guarda Motor

Fuente: <http://www.7735.com/es/sale/guardamotores-el%C3%A9ctricos-dd3144>

1.19 FUSIBLES

Son aparatos de maniobra destinados a desconectar automáticamente un circuito eléctrico, al rebasarse una determinada intensidad de corriente, lográndose esta acción por fusión del elemento.

A continuación en la figura 1.33 se puede observar el fusible y su respectivo porta fusible que se utilizó en nuestro proyecto.



Fig, 1.33: Porta Fusible y Fusible
Fuente: Propia del Autor

1.20 DISYUNTORES¹⁰

Un disyuntor, interruptor automático, breaker o pastilla como el que se ve en la figura 1.34 es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

¹⁰es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor



Fig. 1.34: Disyuntor Bipolar

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor

1.21 CONTROLADOR DE TEMPERATURA¹¹

El controlador de temperatura es un dispositivo con el cual se establece la temperatura que se desea de un medio ambiente, con este dispositivo se monitorea la temperatura, y se produce una orden de cambio de esta misma que se hace mediante los botones para regular que posee en su panel frontal como se observa en la figura 1.35.



Fig. 1.35: Controlador De Temperatura

Fuente: <http://www.csrimport.com/catalog/index.php>

¹¹ proton.ucting.udg.mx/expodec/julio2001/proyectos/pdf/lce41.PDF

1.22 TERMOCUPLA

Un termopar o termocupla como se observa en la figura 1.36 es un *transductor*¹² formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje, que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.



Fig. 1.36: Termocupla

Fuente:http://www.promelsa.com.pe/productos_list.asp?id_linea=008&id_sublinea=5&id_familia=04&saldos=&pm_list=L

1.23 RESISTENCIA CALENTADORA

La resistencia calentadora (ver figura 1.38) cumple el papel de aumentar la temperatura del bronce para sellar el foil, es decir las resistencias calentadoras convierten energía eléctrica en calor. Procedimiento descubierto por James Prescott Joule cuando en 1841 al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor se liberó calor por encontrar resistencia.

En la actualidad las resistencias calentadoras se utilizan para infinidad de aplicaciones. La gran mayoría de ellas son fabricadas con un alambre de una aleación de níquel (80%) y cromo (20%). Esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000° C), es resistivo (condición necesaria para generar calor), es muy resistente a los impactos y es inoxidable.

¹² <http://es.wikipedia.org/wiki/Transductor>

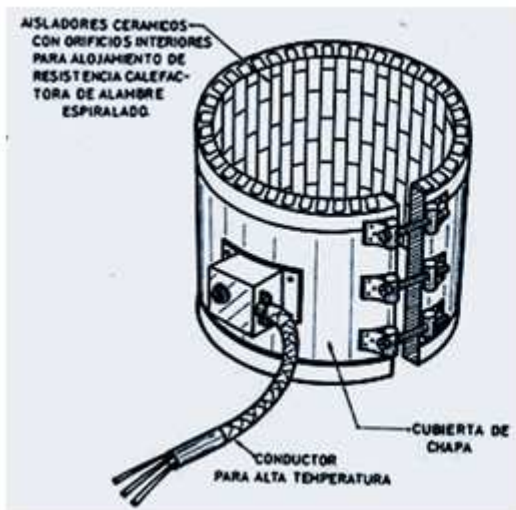


Fig. 1.37: Partes de una Resistencia Calentadora Plana y Blanda



Fig. 1.38: Resistencia Terminada

Fuente: Propia Del Autor

En la figura 1.37 se indican las principales partes que conforman la resistencia calentadora utilizada en nuestro proyecto así mismo se puede ver su estructura.

1.24 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE O PLC

Es un aparato electrónico digital (fig. 1.39) que utiliza una memoria programable donde almacena instrucciones para implementar funciones específicas tales como lógicas, secuencias, temporizaciones, conteos y operaciones aritméticas para controlar máquinas y procesos.



Fig. 1.39: PLC SIEMENES

Fuente: <http://www.ferroroggi.com.ar/novedades.html>

Una aplicación corriendo en un PLC puede ser interpretada como un tablero electromecánico convencional con una cantidad de relés, temporizadores y contadores en su interior, solo que ahora estos elementos serán simulados electrónicamente y entonces comienzan a aparecer las primeras ventajas.

- El conexionado de estos elementos no se hará con cables sino en su gran mayoría mediante el programa, con la consecuente disminución de la mano de obra y tiempo de cableado.
- La cantidad de contactos normales cerrados o normales abiertos por cada elemento simulado, o por cada elemento real conectado al equipo (por ejemplo llaves, límites de carrera, sensores, etc.), tienen una sola limitación que es la capacidad del controlador elegido, lo que en general es inmensamente superior al de los aparatos de maniobra eléctricos reales.
- En los contactos programados, realizados por la lógica del PLC no hay posibilidad de contactos sucios o bornes flojos, lo que lleva al mantenimiento una mínima expresión.
- Al no tratarse de un equipo dedicado exclusivamente a una aplicación, es posible adecuarlo a cualquier tipo de maquina o proceso con solo desarrollar el programa adecuado.
- Soportan sin problemas ruidos eléctricos, magnetismo, vibraciones y no necesitan de un ambiente especialmente acondicionado para funcionar.

1.24.1 PARTES DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE:

En la figura 1.40 se puede observar las diferentes partes de un controlador lógico programable y a continuación se detalla cada una de ellas:

- Fuente de alimentación.
- Unidad central de procesos (CPU).
- Memoria.
- Interfaces de entrada.
- Interfaces de salida.
- Unidad de programación.

Componentes de un PLC

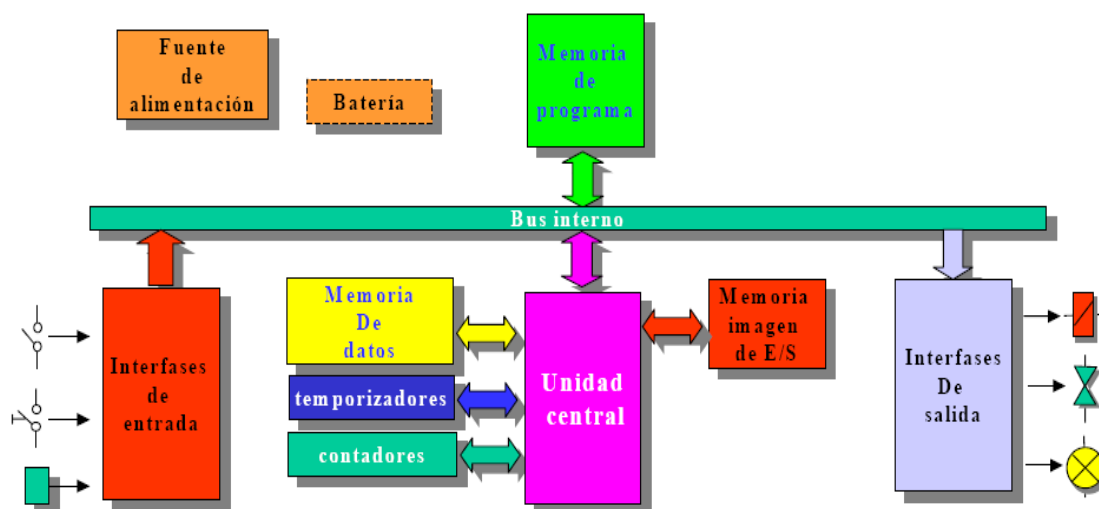


Fig. 1.40: Diagrama de Bloques de la Arquitectura de un PLC

Fuente: www.festo-didactic.com/.../componentes-siemens.../trainer-package

Al aumentar la complejidad de los equipos, podrán tener además interfaces de comunicación con otros programadores y con computadoras, y módulos de funciones especiales.

1.24.1.1 Fuente de Alimentación

Es la encargada de tomar la energía eléctrica de las líneas, transformarla, rectificarla filtrarla y regularla para entregar la tensión requerida para el correcto funcionamiento del controlador.

1.24.1.2 Unidad Central de Procesos (CPU)

Esta ejecuta todas las operaciones lógicas y/o aritméticas que requiere el controlador. Estas operaciones son realizadas por microprocesadores.

Es fundamental aclarar que el aprovechamiento de la capacidad de un microprocesador está dado por un programa llamado sistema operativo, que es un componente básico del controlador programable. Dos fabricantes de PLC's pueden usar el mismo microprocesador con diferentes sistemas operativos, lo que determinará distintas características para cada equipo.

Una CPU con microprocesador es capaz de realizar cuatro tipos básicos de operaciones:

1. Aritméticas y lógicas tales como suma, resta, AND, OR, etc.
2. Operaciones de saltos que hacen posible pasar de una posición a otra de un programa.
3. Operaciones de lectura y modificación de contenidos de memoria.
4. Operaciones de entradas / salidas que hacen que el sistema pueda comunicarse con el mundo exterior.

La "potencia" del microprocesador puede ser valorada en términos del número y de la variedad de instrucciones a las que puede responder. Hay un límite basada en el tamaño de los registros del microprocesador en los que se almacenan instrucciones. Por ejemplo, un registro de 8 bits puede sostener solo 256 combinaciones, comparado con las 65536 que puede sostener uno de 16 bits.

Esta diferencia influye también en la velocidad con que se realizan las operaciones lógicas y matemáticas.

Son muy comunes ambos procesadores, los de 8 bits se utilizan en sistemas pequeños; actualmente están comenzando a surgir los controladores con microprocesadores de 32 bits.

Es necesario hacer una distinción entre las instrucciones usadas para comandar al microprocesador (programa ejecutivo y sistema operativo) y las instrucciones utilizadas por el programador para tratar un problema específico de control (Programa de aplicación del usuario).

El programa ejecutivo o sistema operativo es diseñado por el fabricante y normalmente no es accesible para el programador de la aplicación. El sistema operativo aprovecha la capacidad general de computación del microprocesador convirtiéndolo en una aplicación especializada de un controlador lógico programable.

El sistema operativo es responsable además, de otras tareas dentro de un PLC, una de las más importantes para el usuario es el procedimiento de diagnósticos. Existen diagnósticos de ejecución automática y otros que se ejecutan cuando el usuario lo solicita.

Los diagnósticos de ejecución automática revisan, por lo general, la memoria utilizada por el sistema operativo; Cuando los resultados de estas verificaciones sean satisfactorios, se encenderá una lámpara indicadora de "funcionamiento correcto". Cuando se detecte alguna falla, se dispondrá, según el equipo, de distintas acciones o señales de alarma.

1.24.1.3 Memoria

El PLC dispone de una memoria de programa, donde se almacenan los códigos encargados de ejecutar las funciones programadas para controlar el proceso; las instrucciones serán almacenadas en bytes y la cantidad que pueden ser almacenadas, depende de la cantidad de memoria que la CPU puede direccionar la cual se emplea para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí introduciremos el programa que el PLC va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.)
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que motoriza el sistema (programa del sistema). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador dividido micro controlador que posea el PLC.

- Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos.

Algunos tipos de memoria que utilizan son: RAM, CMOS, EPROM, EEPROM y otras. En la memoria tipo ROM esta contenido el sistema operativo y software de aplicación, y en la memoria tipo RAM se carga, por el usuario, el programa de aplicación de control.

1.24.1.4 Interfaces De Entrada Y Salida

Los interfaces de entrada/salida conectan el controlador con el proceso, se denominan también módulos o adaptadores I/O, aseguran el ajuste de las señales en términos de corriente o tensión de los diferentes circuitos. Provee además aislación galvánica entre el control y el campo así como el filtrado de las perturbación es eléctricas.

Las señales una vez interpretadas y/o procesadas se registran habitualmente en un área de la memoria del sistema denominada **registro-imagen de entrada/salida**.

1.24.2 CAMPOS DE APLICACIÓN

Un autómata programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

Tal y como dijimos anteriormente, esto se refiere a los autómatas programables industriales, dejando de lado los pequeños autómatas para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de un cochera o las luces de la casa).

1.24.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLC's

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómata queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Y entre los inconvenientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

Hoy en día los inconvenientes se han hecho nulos, ya que todas las carreras de ingeniería y tecnologías incluyen la automatización como una de sus asignaturas. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay autómatas para todas las necesidades y a precios ajustados.

1.25 SENSORES OPTOELECTRÓNICOS¹³

Los sensores optoelectrónicos basan su funcionamiento en la emisión de un haz de luz que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar. Tiene muchas aplicaciones en el ámbito industrial y son ampliamente utilizados.

En la tabla 1.6 se presentan los tipos de sensores optoelectrónicos más comunes en la industria.

Sensores optoelectrónicos	De proximidad		
	Barrera de luz		
	Réflex	Reflexión sobre espejo	
		Reflexión sobre objeto	Reflexión difusa
		Reflexión definida	

Tabla 1.6 sensores optoelectrónicos más comunes

Fuente: Autómatas programables y sistemas de automatización, Enroque Mendosa, Jorge Acevedo, Celso Silva, Ignacio Quiroga

1.25.1 SENSORES OPTOELECTRÓNICOS DE PROXIMIDAD

Los sensores optoelectrónicos de proximidad detectan la presencia de un objeto mediante fenómenos relacionados con la luz. Suelen recibir diferentes nombres, entre los que cabe citar los de fotocélulas (photoelectric switch or photocells), detectores optoelectrónicos (optoelectronic detectors), sensores de proximidad ópticos (optical proximity sensors) y detectores de proximidad fotoeléctricos (proximity photoelectric detectors). Se componen, en general, de un emisor y un receptor. El emisor genera un rayo de luz dentro del espectro visible, infrarrojo o cercano al laser. El receptor recibe o no el rayo emitido por el emisor, o lo recibe con algún cambio específico de sus características, según que en su trayectoria encuentre o no el objeto a detectar.

¹³ Autómatas programables y sistemas de automatización, Enroque Mendosa, Jorge Acevedo, Celso Silva, Ignacio Quiroga

Existen numerosas formas de realizar los sensores optoelectrónicos de proximidad, lo que da lugar a un gran número de variantes.

1.25.2 SENSORES OPTOELECTRÓNICOS DE BARRERA DE LUZ

Este tipo de sensores está constituido por un emisor y receptor dispuestos físicamente de tal forma que, en ausencia de un objeto, los rayos de luz generados por el emisor alcanzan el receptor y constituyen una barrera de luz.

Reciben por ello el nombre de sensores de barrera de luz (Through-beam optical sensors) o fotocélulas de barrera de luz (Through-beam photocells) y detectan el objeto cuando se sitúa entre el emisor y el receptor, de tal forma que interrumpe el haz de luz. Los sensores de barrera de luz poseen una elevada sensibilidad y se implementan de dos formas principales:

1.25.2.1 Mediante un Emisor y un Receptor Unidos por una Carcasa que los Soporta Mecánicamente.

Constituyen un dispositivo con forma de herradura (Grooved head) tal y como se muestra en la figura 1.41 en la que se representa un diagrama esquemático del sensor (a) y un fotografía del sensor usado en la construcción de la máquina (b).

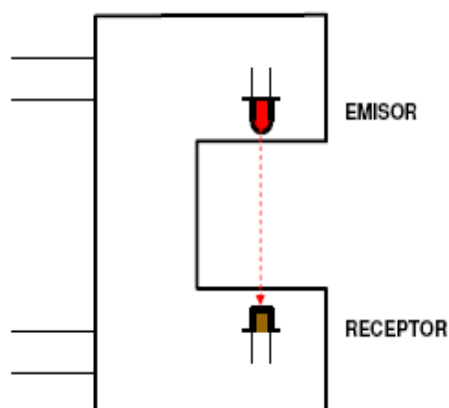


Fig. 1.41: Sensor Optoelectrónico de Barrera de Luz

Fuente: Propia del auto

1.25.2.2 Mediante un Emisor y un Receptor Separados Físicamente.

La instalación es más difícil en este caso por tener que colocar dos elementos separados cuyos ejes ópticos deben estar alineados, pero presenta la ventaja de que la luz solo tiene que atravesar el espacio de trabajo una vez, lo que permite el funcionamiento a distancias elevadas. Son apropiadas para condiciones ambientales poco favorables, como suciedad, humedad, o utilización a la intemperie, pero no son aptas para detectar materiales transparentes.

1.25.3 FOTOCÉLULAS DE REFLEXIÓN

En ellas el emisor y el receptor están colocados en la misma carcasa y el rayo de luz sale del emisor, se refleja y vuelve al receptor (figura 1.42). La luz se puede reflejar en un espejo (reflexión sobre espejo), o en el propio objeto) reflexión sobre objeto o reflexión directa) en este último caso y según la construcción de la fotocélula la reflexión sobre el objeto puede ser definida o difusa.

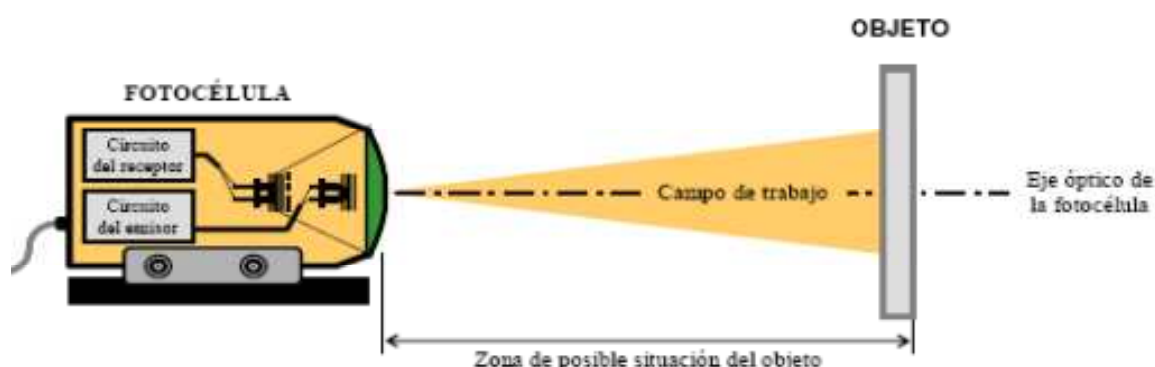


Fig. 1.42: Fotocélula de Reflexión

Fuente: <http://www.marcombo.com/Descargas/9788426715753/SENSORES/TEMAS/SA%20Tema%2005%20Sensores%20optoelectronicos%20%281%29.pdf>

1.25.3.1 Sensores de Reflexión Directa Difusa

Son sensores cuyo ángulo de emisión es muy grande y los rayos de luz se reflejan en múltiples direcciones. Por ello sólo una parte de los rayos que salen del emisor alcanzan el receptor después de reflejarse en el objeto a detectar.

1.25.3.2 Sensores de Reflexión Directa Definida

Su principio de funcionamiento es similar al de los de reflexión difusa, con la diferencia de que los rayos procedentes del emisor convergen en un punto fijo que coincide con la posición en la que debe situarse el objeto a detectar para que se reflejen en él y sean remitidos al receptor tal y como se representa en la figura 1.43.

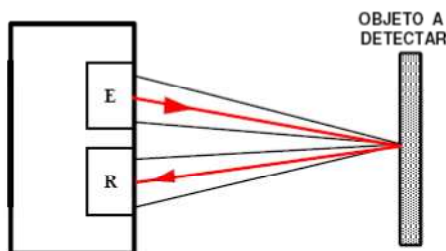


Fig. 1.43: Sensor de Reflexión Directa Definida

Fuente: Propia del autor

1.25.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE SENSOR OPTOELECTRÓNICO

Para la elección del sensor optoelectrónico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Tipo de material a ser censado.
- El alcance del sensor.
- La sensibilidad del sensor.
- El lugar en donde va a funcionar el sensor ente otros.

1.25.4.1 Tipo de Material a ser Censado

Es muy importante saber qué tipo de material se va a censar para poder elegir el sensor más ideal para la aplicación que se desea, por ejemplo un sensor diseñado para censar plástico no puede ser usado para censar metal y viceversa.

Por otro lado los sensores optoelectrónicos censan casi todo tipo de material sin importar su composición ya que su función se basa en la emisión y recepción de un

haz de luz el mismo que choca con el material a ser censado, es en este momento que el receptor del haz de luz envía una señal eléctrica al sistema de control.

1.25.4.2 El Alcance del Sensor

El alcance del sensor se refiere a la distancia máxima a la que el sensor puede detectar un objeto y enviar la respectiva señal al sistema de control.

Los sensores optoelectrónicos tienen la ventaja de tener un alcance bastante grande debido a que su señal depende de un haz de luz enviado por un transmisor y por lo tanto se puede colocar el receptor a la distancia que se desee.

1.25.4.3 La Sensibilidad del Sensor

La sensibilidad del sensor se refiere a la cantidad de luz que se necesita para que el sensor se active o se desactive según sea el caso, la sensibilidad es muy importante debido a que un sensor muy sensible podría activarse con señales externas como por ejemplo la luz de una lámpara o la misma luz del día y por el contrario un sensor poco sensible podría fallar a la hora de censar elementos con un grado de transparencia.

1.25.4.4 El Lugar en Donde va a Trabajar el Sensor

Esto es si el sensor va a trabajar en ambiente contaminado, en ambientes húmedos, en lugares muy oscuros o muy iluminados.

Más información de los sensores optoelectrónicos en el ANEXO 8.

1.26 MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN

El motor de inducción tipo jaula de ardilla de la figura 1.44 puede ser considerado como de excitación sencilla, porque solo se aplica corriente alterna polifásica a su estator, sin embargo esta no es la única corriente presente en el motor ya que

cuando el motor gira induce una corriente de frecuencia variable en su rotor. Por lo tanto se puede decir que el motor de inducción es un motor de doble excitación ya que tiene aplicado en el estator un voltaje de frecuencia y valor prácticamente constante, y además se induce en el rotor un voltaje de valor y frecuencia variables dependientes de la velocidad del motor. El funcionamiento del motor trifásico de inducción de jaula de ardilla se detalla a continuación:

Cuando se aplica la tensión trifásica en los bornes del bobinado del estator se crea un campo magnético giratorio debido a que las tres fases (RST) están desfasada 120° entre sí, este campo magnético giratorio induce un voltaje en las barras de la jaula de ardilla, y como las barras de la jaula están cortocircuitadas se induce una corriente y por ende un campo magnético.

La interacción de estos dos campos magnéticos, el campo giratorio del estator con el campo del rotor provocan que el rotor gire a una velocidad determinada.

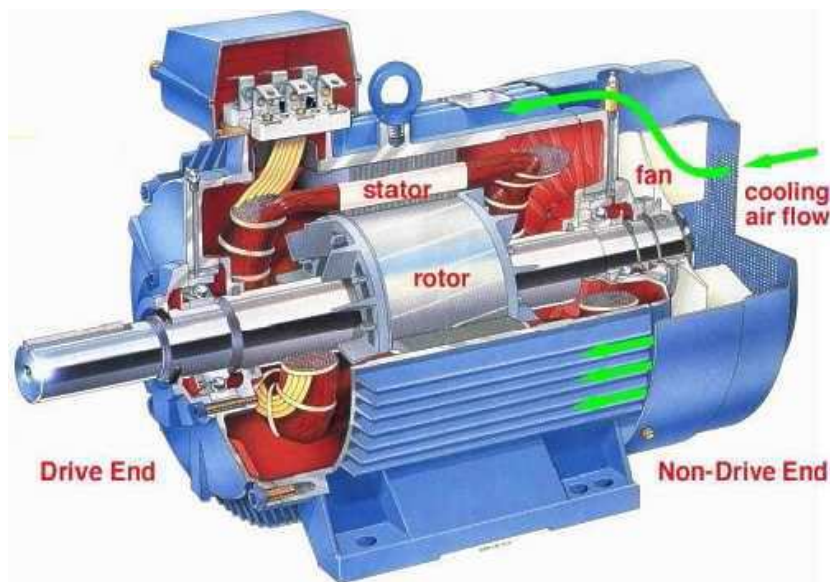


Fig. 1.44: Motor Trifásico de Inducción

Fuente: Propia

1.27 MOTOR REDUCTOR¹⁴

Los Reductores o Motor reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente. Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Al emplear reductores o motor reductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motor reductores se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, tal y como se muestra en la figura 1.45, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.



Fig. 1.45: Motor-Reductor

Fuente: Propia del autor

¹⁴ <http://html.rincondelvago.com/reductores-de-velocidad-o-motorreductores.html>

1.27.1 GUÍA PARA LA ELECCIÓN DEL TAMAÑO DE UN REDUCTOR O MOTOR-REDUCTOR

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

En el anexo 9 se encuentran las características de los reductores de la serie Motovario.

1.27.1.1 Características de Operación

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida).
- Velocidad (RPM de entrada como de salida).
- Torque (par) máximo a la salida en kg-m.
- Relación de reducción (I).

1.27.1.2 Características del Trabajo a Realizar

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.).
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

1.27.1.3 Condiciones del Ambiente

- Humedad.
- Temperatura.

1.27.1.4 Ejecución del Equipo

- Ejes a 180°, ó, 90°.

- Eje de salida horizontal, vertical, etc.

1.28 NEUMÁTICA

La neumática constituye una herramienta muy importante dentro del control automático en la industria, enumeramos aquí los conceptos más importantes destinados a operarios y encargados de mantenimiento. La evolución en la técnica del aire comprimido es una de las formas más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos. El descubrimiento consciente del aire comprimido como medio – materia terrestre se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos consciente con dicho medio.

El primero del que sabemos con seguridad es que se ocupó de la neumática, es de decir de la utilización de aire comprimido como elemento de trabajo, fue el griego KTESIBIOS. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros acerca del empleo del aire comprimido como energía procede del siglo I de nuestra era, y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente.

De los antiguos griegos procede la expresión “pneuma” se obtuvo, entre otras cosas el concepto NEUMATICA QUE TRATA LOS MOVIMIENTOS Y PROCESOS DEL AIRE.

Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Solo desde aproximadamente 1950 podemos hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación.

Es cierto que con anterioridad ya existían algunas aplicaciones y ramos de explotación como por ejemplo en la minería, en la industria de la construcción y en los ferrocarriles (frenos de aire comprimido).

La irrupción verdadera y generalizada de la neumática en la industria no se inició, sin embargo, hasta que llegó a hacerse más acuciante la exigencia de una automatización y racionalización en los procesos de trabajo.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido en la mayoría de los casos a falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de aplicación.

A continuación se ven algunos sucesos importantes en el avance del uso del aire comprimido pueden verse en la tabla:

1500 A.C.	Fuelle de mano y pie
1688	Máquina de émbolos
1762	Cilindro soplante
1776	Prototipo compresor
1857	Perforación túnel Mont Cenis
1869	Freno de aire para FFCC
1888	Red de distribución de aire en París

Tabla 1.7: Sucesos Importantes En La Neumática
Fuente: Folleto de Neumática, Ing. Fernando Jácome

En nuestros días el campo de las aplicaciones de la neumática es muy amplio; ya que dicha técnica presenta características interesantes en el manejo de robots, manipulación de autómatas programables y otras aplicaciones en la que es posible realizar elevados ciclos de trabajo con una vida larga de estos componentes.

Además hoy en día, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos.

1.28.1 VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.

- El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas.
- Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables.
- El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete.
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
- Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa.
- Energía limpia.
- Cambios instantáneos de sentido.

1.28.2 DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas.
- Altos niveles de ruidos generados por la descarga del aire hacia la atmósfera.

1.28.3 APLICACIONES DE LA NEUMÁTICA

El aire comprimido presenta muchas aplicaciones, que van desde muy finas y precisas, tal como el aire a baja presión para comprobar la presión del fluido en el ojo humano, la multiplicidad de movimientos lineales y rotativos en máquinas con procesos robóticos, hasta ejercer enormes fuerzas necesarias en prensas neumáticas y martillos neumáticos. A continuación se muestra una breve lista de la versatilidad y variedad del control neumático en la industria.

- Accionamiento de válvulas para aire o agua.
- Accionamiento de puertas pesadas o calientes.

- Elevación y movimiento en máquinas de moldeo.
- Sujeción para soldadura fuerte y normal.
- Accionamiento de cuchillas de guillotina.
- Transportadores de componentes y materiales.
- Manipuladores neumáticos.
- Tornos de dentista.

1.28.4 PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO

Causará asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

Propiedades del aire comprimido que han contribuido a su popularidad:

1.28.4.1 Abundante

Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.

1.28.4.2 Transporte

El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.

1.28.4.3 Almacenable

No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).

1.28.4.4 Temperatura

El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.

1.28.4.5 Antideflagrante

No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones antideflagrantes, que son caras.

1.28.4.6 Limpio

El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.

1.28.4.7 Constitución de los Elementos

La concepción de los elementos de trabajo es simple si, por tanto, precio económico.

1.28.4.8 Velocidad

Es un medio de trabajo muy rápido y, por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas. (La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones).

1.28.4.9 A Prueba de Sobrecargas

Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden hasta su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas. Para delimitar el campo de utilización de la neumática es preciso conocer también las propiedades adversas.

1.28.4.10 Preparación

El aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes)

1.28.4.11 Compresible

Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.

1.28.4.12 Fuerza

El aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 kPa (7 bares), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20.000 a 30.000 N (2000 a 3000 kp).

1.28.4.13 Escape

El escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes.

1.28.4.14 Costos

El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento (cadencias elevadas).

1.28.4.15 Resistencia al Entorno

A los sistemas neumáticos no le afectan factores externos como temperatura, polvo o atmósferas corrosivas.

1.28.4.16 Seguridad

No presenta peligro de incendio y el sistema no se ve afectado por la sobrecarga ya que los actuadores pueden detenerse o soltarse, además de que éstos no producen calor.

Debido a estas características y ventajas que presenta el aire comprimido en el desarrollo de la tecnología neumática y mediante el uso de la electrónica como mando, se ofrecen diferentes soluciones y aplicaciones inmejorables a muchos problemas de automatización industrial.

1.28.5 ACUMULADOR DE AIRE COMPRIMIDO

El acumulador o depósito sirve para estabilizar el suministro de aire comprimido. Compensa las oscilaciones de presión en la red de tuberías a medida que se consume aire comprimido. Gracias a la gran superficie del acumulador, el aire se refrigera adicionalmente. Por este motivo, en el acumulador se desprende directamente una parte de la humedad del aire en forma de agua

El tamaño de un acumulador de aire comprimido depende:

- Del caudal de suministro del compresor.
- Del consumo de aire.
- De la red de tuberías (volumen suplementario).
- Del tipo de regulación.
- De la diferencia de presión admisible en el interior de la red.
- Determinación del acumulador cuando el compresor funciona Intermitentemente.

1.28.6 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Como resultado de la racionalización y automatización de los dispositivos de fabricación, las empresas precisan continuamente una mayor cantidad de aire. Cada

máquina y mecanismo necesita una determinada cantidad de aire, siendo abastecido por un compresor, a través de una red de tuberías.

El diámetro de las tuberías debe elegirse de manera que si el consumo aumenta, la pérdida de presión entre el depósito y el consumidor no sobrepase 10kPa (0,1 Bar). Si la caída de presión excede de este valor, la rentabilidad del sistema estará amenazada y el rendimiento disminuirá considerablemente. En la planificación de instalaciones nuevas debe preverse una futura ampliación de la demanda de aire por cuyo motivo deberán dimensionarse generosamente las tuberías. El montaje posterior de una red más importante supone costos dignos de mención.

1.28.6.1 Dimensionado de las Tuberías

El diámetro de las tuberías no debería elegirse conforme a otros tubos existentes ni de acuerdo con cualquier regla empírica, sino en conformidad con:

- El caudal.
- La longitud de las tuberías.
- La pérdida de presión admisible.
- La presión de servicio.
- La cantidad de estrangulamiento en la red.

En la práctica se utilizan los valores reunidos con la experiencia. Un nomograma (ver anexo 11) ayuda a encontrar el diámetro de la tubería de una forma rápida y sencilla.

1.28.7 MATERIAL DE TUBERÍAS

1.28.7.1 Tuberías Principales

Para la elección de los materiales brutos, tenemos diversas posibilidades:

- Cobre
- Latón
- Acero fino
- Tubo de acero negro

- Tubo de acero galvanizado
- Plástico

Las tuberías deben poderse desarmar fácilmente, ser resistentes a la corrosión y de precio módico. Las tuberías que se instalen de modo permanente se montan preferentemente con uniones soldadas. Estas tuberías así unidas son estancas y además de precio económico. El inconveniente de estas uniones consiste en que al soldar se producen cascarillas que deben retirarse de las tuberías. De la costura de soldadura se desprenden también fragmentos de oxidación por eso conviene y es necesario incorporar una unidad de mantenimiento.

En las tuberías de acero galvanizado, los empalmes de rosca no siempre son totalmente herméticos. La resistencia a la corrosión de estas tuberías de acero no es mejor que la del tubo negro. Los lugares desnudos (roscas) también se oxidan, por lo que también en este caso es importante emplear unidades de mantenimiento. Para casos especiales se montan tuberías de cobre o plástico.

1.28.7.2 Derivaciones Hacia los Receptores

Los tubos flexibles de goma solamente han de emplearse en aquellos en que se exija una flexibilidad en la tubería y no sea posible instalar tuberías de plástico por los esfuerzos mecánicos existentes son más caros y no son tan manipulables como las tuberías de plástico.

Las tuberías de polietileno y poliamida se utilizan cada vez más en la actualidad para unir equipos de maquinaria. Con racores rápidos se pueden tender de forma rápida, sencilla y económica.

1.28.8 RENTABILIDAD DE LOS EQUIPOS NEUMÁTICOS

Como consecuencia de la automatización y racionalización, la fuerza de trabajo manual ha sido reemplazada por otras formas de energía; una de éstas es muchas

veces el aire comprimido Ejemplo: Traslado de paquetes, accionamiento de palancas, transporte de piezas etc.

El aire comprimido es una fuente cara de energía, pero, sin duda, ofrece indudables ventajas. La producción y acumulación del aire comprimido, así como su distribución a las máquinas y dispositivos suponen gastos elevados. Pudiera pensarse que el uso de aparatos neumáticos está relacionado con costos especialmente elevados.

Esto no es exacto, pues en el cálculo de la rentabilidad es necesario tener en cuenta, no sólo el costo de energía, sino también los costos que se producen en total. En un análisis detallado, resulta que el costo energético es despreciable junto a los salarios, costos de adquisición y costos de mantenimiento.

1.28.9 ELECTRONEUMÁTICA

La neumática tiene la capacidad de combinarse con otras áreas dando como resultado una nueva forma de controlar dispositivos y actuadores. Para este trabajo, nos es de particular importancia, por ejemplo, la capacidad de combinar la electricidad con actuadores neumáticos, a este tipo de tecnología se le conoce como electroneumática.

Los dispositivos más comúnmente utilizados con esta combinación son las electroválvulas, las cuales pueden ser consideradas convertidores electroneumáticos.

Constan de una válvula neumática como medio de generar una señal de salida y de un accionamiento eléctrico denominado solenoide. Al aplicarse una corriente eléctrica al solenoide, éste genera una fuerza electromagnética que mueve la armadura conectada a la leva de la válvula permitiendo el paso del aire en un sentido determinado.

1.28.10 COMPONENTES DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

En esta sección se describe cada uno de los componentes que forman la etapa neumática: el cilindro, las válvulas reguladoras de caudal, la válvula distribuidora, la unidad de mantenimiento y la fuente de alimentación.

1.28.10.1 Unidades De Mantenimiento Neumático

Las unidades de mantenimiento (fig.1.46) son una combinación de los elementos que se describen a continuación:

- Filtro de aire comprimido.
- Regulador de presión.
- Lubricador de aire comprimido.

Pero para esto se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- El caudal total de aire en m³/h es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante.
- La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad.
- La temperatura no deberá ser tampoco superior a 50 °C (valores máximos para recipiente de plástico).

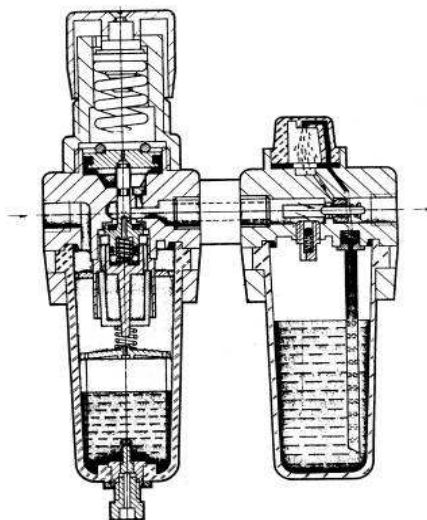


Fig. 1.46: Unidad de Mantenimiento

Fuente:http://www.taringa.net/posts/apuntesymonografias/5426137/Unidades-de-mantenimiento-neumatico-_FRL_.html

1.28.10.1.1 Conservación de las Unidades de Mantenimiento

Es necesario efectuar en intervalos regulares los trabajos siguientes de conservación:

- Filtro de aire comprimido: debe examinarse periódicamente el nivel del agua condensada porque no debe sobrepasar la altura indicada en la mirilla de control. De lo contrario el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Así mismo debe limpiarse el cartucho filtrante.
- Regulador de presión: cuando está precedido de un filtro no requiere ningún mantenimiento.
- Lubricador de aire comprimido: verificar el nivel de aceite en la mirilla y si es necesario suplirlo hasta el nivel permitido. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con tricloroetileno. Para los lubricadores utilizar únicamente aceites minerales.

1.28.10.2 Cilindros Neumáticos

Los cilindros neumáticos son los elementos que realizan el trabajo (ver figura 1.47). Su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido un vástago que, saliendo a través de una o ambas tapas, permite utilizar fuerza desarrollada por el cilindro en virtud de la presión del fluido actuar sobre las superficies del émbolo.



Fig. 1.47: Cilindros Neumáticos

Fuente: www.metalwork.es/sommario_cilindri.html

1.28.10.2.1 Calculo De Cilindros

Se analiza los principales aspectos a tener en cuenta a la hora de calcular un cilindro. No obstante lo más recomendable es acudir siempre a los datos aportados por el fabricante donde se nos mostraran tablas para los esfuerzos desarrollados, máximas longitudes de flexión y pandeo, etc.

Fuerza del Embolo:

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende principalmente de la presión del aire, del diámetro del cilindro y del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica del embolo se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_{\text{teórica}} = P \cdot A$$

Dónde:

Ft: fuerza teórica del vástago en Kgf

P: Presión relativa en Kg/cm²

A: Superficie del embolo en cm³

En la práctica, es necesario conocer la fuerza real que ejercen los actuadores. Para determinarla también hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa. / 4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada.

Longitud de Carrera:

La longitud de carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000 mm. Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por el elevado consumo de aire y precio de los actuadores.

Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía, es demasiado grande. Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son ande, deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal. Además, al prolongar la carrera, la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello mejora la guía del vástago. Otra solución la aportan los cilindros de vástago guiado, mucho más resistentes a los esfuerzos mecánicos.

Velocidad del Embolo:

La velocidad del embolo, en un cilindro neumático depende de la fuerza antagonista, de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación de final de carrera. Cuando el embolo

abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antiretorno y de estrangulación y produce un aumento de la velocidad.

La velocidad media del embolo, en cilindros estándar está comprendida entre 0.1 y 1,5 m/s. con cilindros especiales (cilindros de impacto) e alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.

La velocidad del embolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, las antiretorno y de estrangulación, y las de escape rápido, proporcionan velocidades mayores o menores, dependiendo de su regulación.

Consumo de Aire:

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación, calculo que comenzara por los actuadores (potencia). Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolos determinados, el consumo de aire se calcula como sigue:

La fórmula de cálculo por embolada resulta:

$$Q = 2 (S * n * q)$$

Con ayuda de tablas, se puede establecer los datos del consumo de aire de una manera más sencilla y rápida. Los valores están expresados por cm de carrera para los diámetros más corrientes de cilindros y para presiones de 100 a 1500 kPa (1-15 bar).

Dónde:

Q	Caudal nominal (NI / min)	S	Carrera en cm.
n	Carreras por minuto	q	Consumo por carrera.

∅ Cilindro	5	7	9	11	13	15
Consumo de aire en litros por cm. de carrera del cilindro						
6	0,0016	0,0022	0,0027	0,0033	0,0038	0,0044
12	0,007	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018
16	0,011	0,016	0,020	0,024	0,028	0,032
25	0,029	0,038	0,048	0,057	0,067	0,076
35	0,056	0,075	0,093	0,112	0,131	0,149
40	0,073	0,097	0,122	0,146	0,171	0,195
50	0,115	0,153	0,191	0,229	0,267	0,305
70	0,225	0,299	0,374	0,448	0,523	0,597
100	0,459	0,610	0,736	0,915	1,067	1,219
140	0,899	1,197	1,495	1,793	2,091	2,389
200	1,835	2,443	3,052	3,660	4,268	4,876
250	2,867	3,817	4,768	5,718	6,668	7,619

Tabla 1.8: Tabla Para El Cálculo De Caudales

Fuente: Propia del autor

1.28.10.3 Racores Y Mangueras Neumáticas

Los racores (Ver figura 1.48) son elementos de conexión instantánea y segura a prueba de fugas. Estos elementos presentan considerables ventajas, debido a que se fabrican en diversos materiales; sus aplicaciones típicas son los sistemas de control neumático.

Las mangueras son accesorios utilizados para conducir el aire comprimido de los sistemas neumáticos, en líneas de señal y trabajo de instrumentación y control, en donde se requiere un medio de conducción seguro, ligero, resistente y flexible, de aire comprimido.



Fig. 1.48: Racor y Manguera

Fuente: [www.neumaticarotonda.com/.../tips_racores y mangueras](http://www.neumaticarotonda.com/.../tips_racores_y_mangueras)

Tanto los racores como las mangueras neumáticas reducen los tiempos de ensamble y mantenimiento, en las líneas de aire comprimido.

1.28.10.4 Válvula Reguladora De Caudal

Este tipo de válvulas, permite inyectar mayor o menor cantidad de aire a algún componente de un circuito neumático. Esto se logra mediante una estrangulación variable (fig. 1.49) en un alojamiento; por este circula el aire comprimido que se desea regular. Es decir, es una válvula bidireccional en la que se regula el aire en un solo sentido.



Fig. 1.49: Regulador de Caudal

Fuente: www.directindustry.es. Regulador neumático

La válvula que se utilizó en nuestro proyecto (ver figura 1.48) es regulable por medio de un pequeño tornillo que varía la estrangulación de la cámara. Dicha válvula tiene un tamaño pequeño y se encuentra montada sobre el cilindro ya sea en su parte trasera o parte delantera.

1.28.10.5 Actuadores De Succión

Los actuadores de succión-neumática es un sistema que consiste en una tobera y una ventosa, la tobera es la que produce la succión del aire, es decir al ingresar la presión de aire esta invierte y envés de desfogar la presión produce un vacío de aire que la convierte en succión esa presión y chupa el aire que se encuentra en la ventosa.

1.28.10.5.1 Tobera De Succión

Esta tobera se emplea junto con la ventosa como elemento de transporte. Con ella se pueden transportar las más diversas piezas.

Su funcionamiento se basa en el principio de Venturi (Ver Figura 1.50) también conocido tubo de Venturi consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en este segundo conducto.

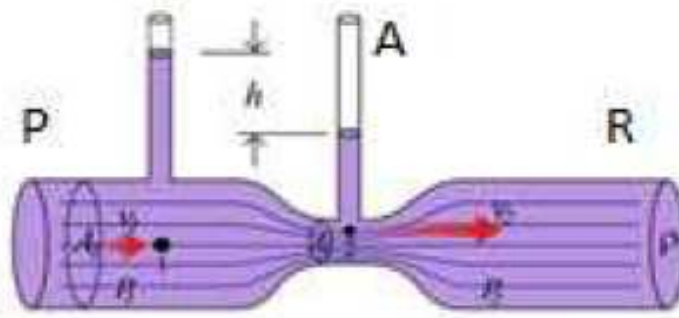


Fig. 1.50: Regulador de Caudal

Fuente: Propia del Autor

La aplicación de alimentación se aplica a la entrada P, por el estrechamiento de la sección, la velocidad del aire hacia R aumenta y en el empalme A como se lo puede ver en la figura 1.51 ó sea en la ventosa, se produce una depresión (efecto succión).

Con este efecto se adhieren piezas y pueden transportarse. La superficie debe estar muy limpia, al objeto de alcanzar un buen efecto de succión.



Fig. 1.51: Tobera De Succión O Generador De Vacío

Fuente: Folleto Neumática, ing. Fernando Jácome

1.28.10.5.2 Ventosa

La ventosa neumática (ver figura 1.52) es la encargada en conjunto con la válvula de succión o generador de vacío de succionar la tapa de aluminio (foil) y agarrarla para desplazarla hacia el punto de sellado.



Fig. 1.52: Ventosa

Fuente: Propia Del Autor

1.28.10.6 Válvulas Distribuidoras

Una válvula distribuidora, controla el flujo del aire en una dirección determinada por distintas vías. Si entendemos como vías a diferentes caminos que puede seguir el aire, una de estas válvulas cuenta con varios de ellos en su interior. Las vías son seleccionadas de acuerdo a que camino se desea siga el aire; es decir dónde proviene y a donde continuara.

Existen innumerables tipos de válvulas distribuidoras, clasificadas de acuerdo a varias características entre las cuales podemos citar: número de vías, tipo de accionamiento (neumático, eléctrico, etc.), funcionamiento entre otras.

1.28.10.7 Electroválvulas

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mando con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro de luz pequeño, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

1.28.10.7.1 Válvula Distribuidora 5/2 De Mando Electromagnético

La válvula utilizada es una electroválvula de 5 posiciones 2 vías (ver figura 1.53) biestable. Esto quiere decir que los elementos internos de la válvula pueden tener 5 posiciones posibles y seguir dos vías por donde conducir el aire. El que sea biestable quiere decir que la electroválvula tiene memoria, es decir, que al recibir un pulso en una de sus bobinas mantiene esa posición hasta el momento en que la otra bobina recibe un pulso y provoca que las posiciones dentro de la válvula cambien. Los impulsos en las bobinas deben ser de 110v o 24 v dependiendo de las necesidades que tenga el proyecto.

Además en la figura a continuación se detallan las principales partes de una electroválvula 5 de vías 2 posiciones.

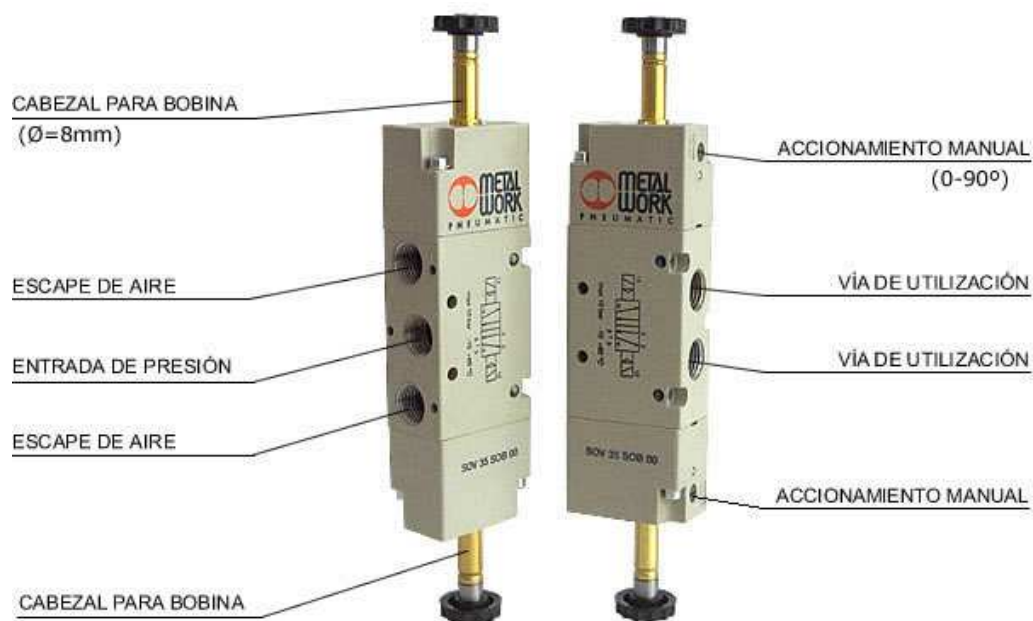


Fig. 1.53: Válvula Distribuidora 5/2 De Mando Electromagnético

Fuente:<http://www.neumaticar.com/colombia/cursodeelectrovalvulasneumaticas.php>

1.28.10.7.2 Válvula Distribuidora 3/2 De Mando Electromagnético

La válvula utilizada es una electroválvula de 3 posiciones 2 vías (ver figura 1.54) monoestable. Esto quiere decir que los elementos internos de la válvula pueden tener 3 posiciones posibles y seguir dos vías por donde conducir el aire. El que sea monoestable quiere decir que la electroválvula no tiene memoria, es decir, que al recibir un pulso en una de su única bobina cambia de posición hasta el momento que termina el pulso y provoca que las posiciones dentro de la válvula cambien gracias a un retorno automático por muelle. El impulso en la bobina debe ser de 110v o 24v dependiendo de las necesidades que tenga el proyecto.

Además en la figura a continuación se detallan las principales partes de una electroválvula de 3 vías 2 posiciones.



Fig. 1.54: Válvula Distribuidora 3/2 De Mando Electromagnético

Fuente:<http://www.neumaticar.com/colombia/cursodeelectrovalvulasneumaticas.php>

1.29 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para realizar el proceso de dosificado y sellado en envases se tiene muchos métodos los cuales se los puede agrupar en:

- Manual
- Automático

1.29.1 MANUAL

El proceso manual como su nombre lo indica es el que se realiza de forma manual. El proceso es similar en todos los casos, dependiendo únicamente del tipo de envase que se esté usando.

Se dosifica el yogurt en el respectivo envase mediante un recipiente con una medida ya establecida para cada tipo de envase, luego se toma el envase y se centra la tapa de aluminio (foil) en la posición en la que se desea que esté, para luego mediante

presión hecha con las manos con una niquelina que está ubicada dentro de una plancha debidamente construida para dicha aplicación, la niquelina se calienta a 180°C aproximadamente unos 5 o 6 segundos, se fija la tapa de foil en el envase y el producto estado terminado.

El proceso manual conlleva mucho tiempo en realizarlo además el volumen no va a ser el más exacto, las condiciones de salubridad no serían las más apropiadas y además afectarían otros factores.

1.29.1.1 Tiempo necesitado por parte de una persona para dosificar y sellar un envase.

La cantidad de tiempo que una persona demora en realizar cada paso del proceso de dosificado se expresa en la tabla siguiente:

Operación	Tiempo
Tomar el envase	1 s
Dosificado	5 s
Tomar y centrar el foil en el envase	4 s
Sellado del envase	5 s
Total de tiempo	15 s

Tabla 1.8: Tiempos de los distintos pasos para dosificar y sellar

Fuente: Propia del autor

Si tomamos el tiempo aproximado que toma en dosificar y sellar un envase y cuantificamos, en un minuto, una hora y esto en un día de trabajo se tiene:

En un minuto:

$$\frac{60 \text{ s}}{15 \text{ s}} = 4 \text{ unidades}$$

En una hora:

En un día de trabajo de 8 horas:

En la figura se muestra un gráfico de barras que representa la producción aproximada que tiene una persona en un minuto, en una hora, y en un día.

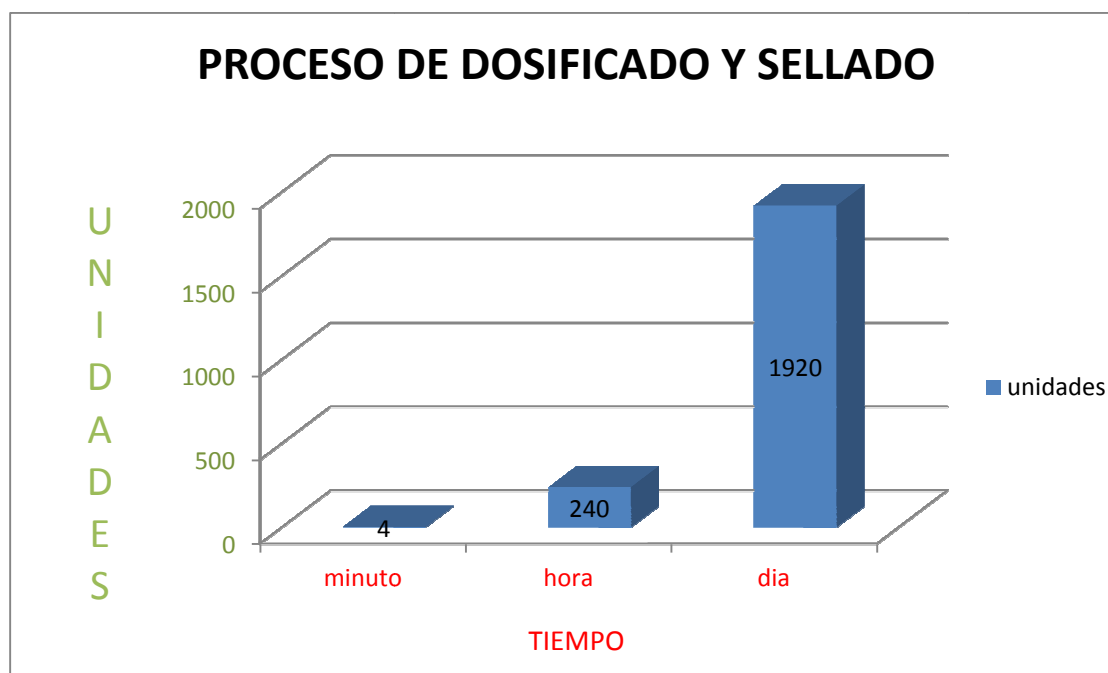


Fig. 1.55: Producción De Una Persona

Fuente: Propia Del Autor

En conclusión entre 2 personas totalmente adiestradas y expertas en el envasado y dosificado de los envases podría llegar a producir un estimado de 1920 unidades por día.

Nota: No se toma en cuenta pérdidas de tiempo en errores del envasado y sellado que pueden ser por un exceso del yogurt o la falta del mismo, también en el foil puede haber arrugas o dobleces los cuales provocan pérdidas de tiempo.

Ni tampoco se toma en cuenta descansos de la persona quien esté poniendo el aluminio. Por estos y otros motivos la producción sería aún menor que la estimada.

1.29.2 AUTOMÁTICO

El proceso automático es el que se realiza de forma autónoma y continua sin la necesidad de la intervención del ser humano es decir realizado por una máquina.

En la actualidad existen muchos tipos y modelos de máquinas dosificadoras y selladoras diseñadas para el envasado de yogurt.

1.29.2.1 Métodos de Control

Los métodos para realizar el control de un proceso industrial como el proceso de dosificado y sellado, son muy variados y diversos.

Dentro de los sistemas más utilizados se tienen:

- Control electromecánico
- Control con PLC`s

1.29.2.1.1 Control Electromecánico

El control electromecánico, como su mismo nombre lo indica se lo realiza con elementos mecánicos y eléctricos, tal es el caso de los relés y de los contactores, en el control electromecánico, generalmente no se usa dispositivos electrónicos a excepción de los sensores que son de vital importancia en todo método de control.

Ventajas del control electromecánico.

- Fácil de amar.
- Económico.
- Preciso.

Desventajas del control electromecánico

- Ocupa gran espacio en los gabinetes de control.
- Consume más energía de la necesaria.
- Ruidoso.

El control electromecánico es muy usado cuando se tiene pocos sistemas que controlar como por ejemplo arranque y parada de motores, válvulas, etc.

1.29.2.1.2 Control con PLC`s

Un PLC (controlador lógico programable) es un dispositivo electrónico capaz de realizar operaciones de mando para circuitos eléctricos gracias a un programa prediseñado y grabado en la memoria interna automática.

Ventajas del control con PLC`s:

- Economizan el espacio en los gabinetes de control debido a que únicamente se conectan entradas y salidas.
- Son de fácil montaje.
- Facilitan operaciones de chequeo y mantenimiento.
- Pueden controlar circuitos muy complejos.

Desventajas del control con PLC`s:

- Son costosos.
- En algunos casos es necesario conectar un contactor a la salida para no dañar al PLC.

- Las salidas no soportan mucha corriente.
- Necesitan de técnicos más especializados.

1.29.2.1.2.1 Tiempo Aproximado Que se Demora una Máquina en Colocar, Dosificar y Sellar Envases con Yogurt

La máquina puesta ya en funcionamiento se demora 18 segundos en sacar el primer vaso, y de ahí en adelante se demoran aproximadamente 3s en salir los siguientes vasos.

Debido a que todos los procesos se realizan simultáneamente, la maquina por consiguiente realiza un proceso continuo hasta que el operador decida parar la producción.

Si tomamos el tiempo aproximado que toma en dosificar y sellar un envase y cuantificamos, en un minuto, una hora y esto en un día de trabajo se tiene:

En un minuto:

$$\frac{60\text{ s} - 18\text{ s}}{4\text{ s}} = 10\text{ unidades} \qquad 10 + 1 = 11\text{ unidades/minuto}$$

Dónde: 1 es el primer en envase que salió al cabo de 18 s en el primer minuto.

A partir del siguiente minuto el proceso ya se encuentra en forma continua entonces tenemos:

$$\frac{60\text{ s}}{4\text{ s}} = 15\text{ unidades/minuto}$$

En una hora:

Para los 59 minutos

$$15 \text{ unidades} * 59 \text{ minutos} = 885 \text{ unidades/hora}$$

A esta cantidad se le suma las unidades del primer minuto y obtenemos la cantidad total en una hora.

$$885 \text{ unidades} + 11 \text{ unidades} = 896 \text{ unidades/hora}$$

En la siguiente hora tenemos:

$$15 \text{ unidades} * 60 \text{ minutos} = 900 \text{ unidades/hora}$$

En un día de trabajo de 8 horas:

$$900 \text{ unidades/hora} * 7 \text{ horas} = 6300 \text{ unidades}$$

Finalmente en la jornada tenemos:

$$6300 + 896 = 7196 \text{ unidades/día}$$

En la figura 1.56 se muestra un gráfico de barras que representa la producción aproximada que tiene una persona en un minuto, en una hora, y en un día.

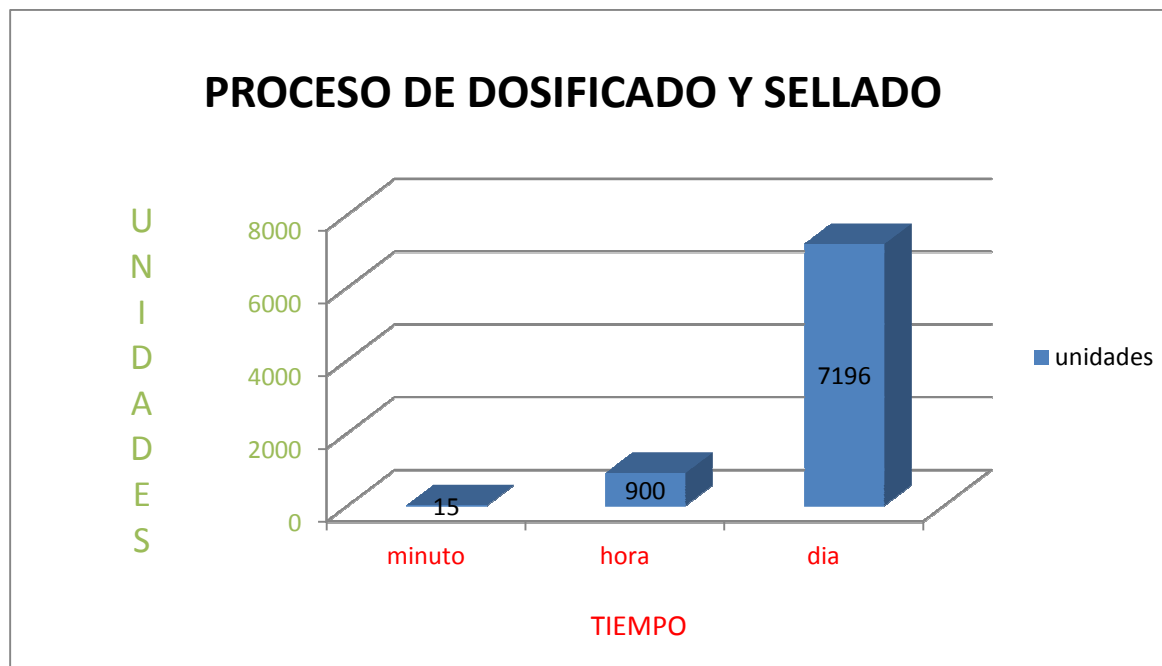


Fig. 1.56: Producción De Una Persona

Fuente: Propia Del Autor

1.29.3 COMPARACIÓN ENTRE EL PROCESO MANUAL Y EL PROCESO AUTOMÁTICO

Como se puede observar en la figura 1.57, la máquina dosificadora y selladora produce más unidades que una persona, sin contar que la exactitud en el dosificado y sellado es mucho mejor debido a que la maquina realiza esta operación ininterrumpidamente, mientras que una persona puede distraerse y no llenar el volumen exacto y colocar mal el foil, también hay que tomar en cuenta que las personas se cansan con facilidad.

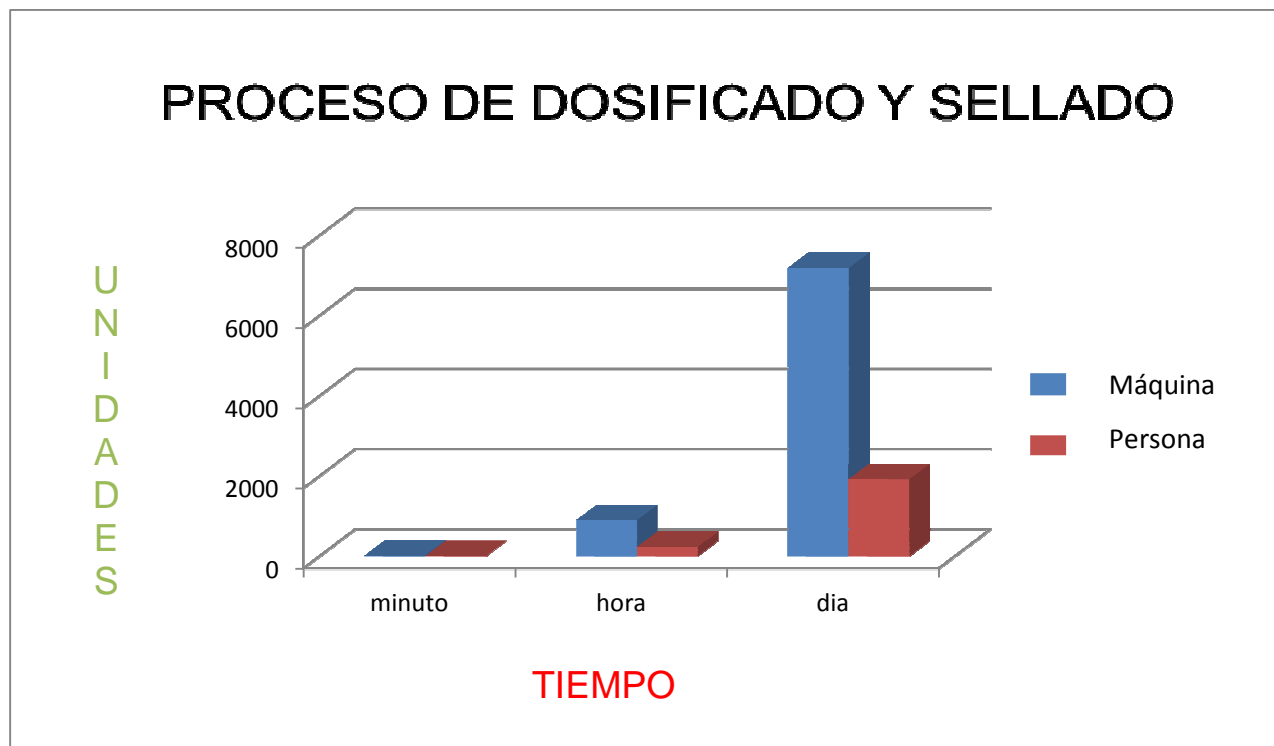


Fig. 1.57: Comparación de Producción Entre una Persona vs la Máquina dosificadora y selladora

Fuente: Propia Del Autor

Nota: Al comparar las producciones, tanto de una persona como de la maquina dosificadora y selladora se observa que la maquina es superior a la de una persona, pero cabe mencionar que la maquina puede ser mejorada para aumentar su velocidad de producción.

CAPITULO II

2. DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCION DE LA MÁQUINA DE DOSIFICADO Y SELLADO

2.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

La máquina dosificadora y selladora está construida casi en su totalidad en acero inoxidable AISI 304, que es del tipo austenítico, el cual es recomendable para en la industria alimenticia además de las características que ya fueron indicadas anteriormente.

Se usa acero inoxidable debido a las propiedades que tiene este material para evitar la oxidación ya que en la mayoría de industrias se suelen limpiar las maquinas con agua o cualquier líquido que pueda dañar el acabado superficial de la máquina.

2.2 COMPONENTES DE LA MÁQUINA

- Estructura.
- Mecanismo de Giro.
- Sistema Dispensador de vasos.
- Sistema de Dosificado.
- Mecanismo de Movimiento de la Ventosa.
- Mecanismo de Sellado.
- Sistema de Salida de Vasos.

2.2.1 ESTRUCTURA

La estructura es la encargada de soportar todos los diferentes componentes de la máquina. Es por eso que debe tener firmeza y rigidez, para evitar que en el tiempo que se encuentre trabajando esta empiece a vibrar o a moverse.

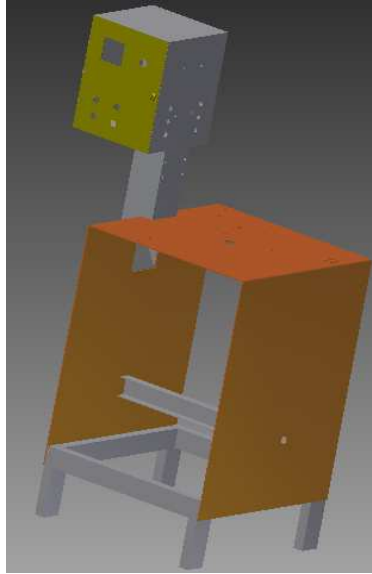


Fig. 2.1: Vista Frontal
Fuente. Propia del autor

Como se mencionó anteriormente la estructura será construida en su totalidad de acero inoxidable de tipo AISI 304, una vez elegido y adquirido el material se procede a realizar los diferentes trazos y cortes respectivos de la plancha de acero para darle su forma correcta.

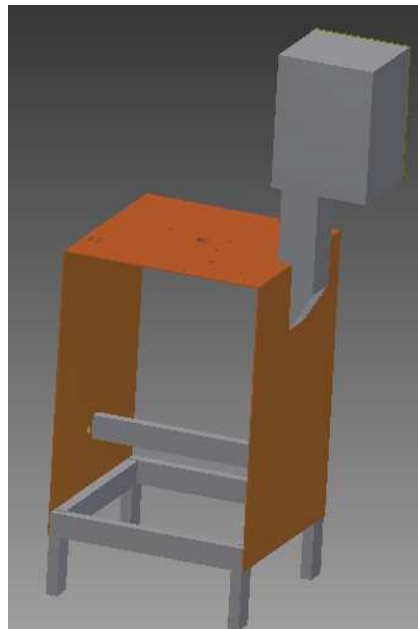


Fig. 2.2: Vista Posterior
Fuente. Propia del autor

Para la base de la estructura tomamos en cuenta los parámetros ya definidos anteriormente, por lo que seleccionamos un tubo cuadrado de 60 x 30 mm, una plancha de acero inoxidable de 122 mm x 305 mm x 3mm. A continuación se procede a construir las respectivas partes que conforman la estructura. Ver plano CDM-DS 002.

Los elementos que conforman la estructura son debidamente construidos de acuerdo a los planos indicados. Ver Planos CDM-DS 200.1 – CDM-200.10.

2.2.2 MECANISMO DE GIRO

El mecanismo de giro es el encargado de girar el plato en el cual se van alojando los vasos para realizar el proceso de dosificado y sellado (ver figura 2.3 y figura 2.4). La caja reductora es el elemento más importante de la máquina ya que aquí se alojan todos los elementos necesarios para permitir el giro, el mismo que se realiza por medio de un moto-reductor, debido a que las catalinas de la caja y del moto-reductor están unidos por medio de una cadena que transmite el giro al eje de la media luna, la cual transmite el movimiento al eje donde está ensamblado el plato,

En el plano CDM.DS 003 se muestran los componentes que conforman este mecanismo.

Los elementos que conforman este mecanismo se construyen de acuerdo a los planos de taller. (Ver Planos CDM-DS 300.1 – CDM-DS 300.18).

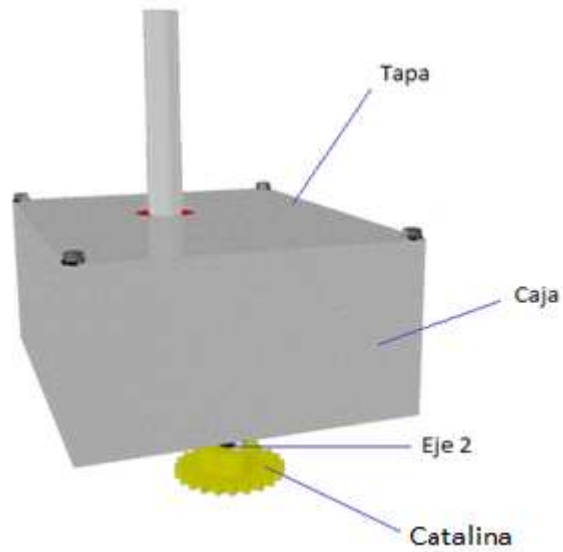


Fig. 2.3: Vista Exterior De La Caja Reductora
Fuente. Propia del autor

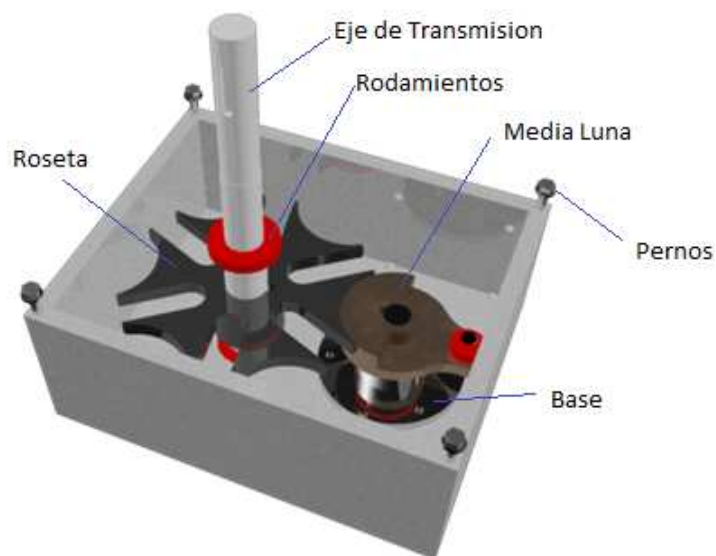


Fig. 2.4: Elementos De La Caja Reductora
Fuente. Propia del autor

- Caja de Aluminio Fundido
- Roseta
- Base
- Ejes de Transmisión
- Media Luna

- Rodamientos
- Catalinas
- Cadena de Transmisión
- Motor reductor
- Plato

2.2.2.1 Caja De Aluminio Fundido

La caja de aluminio fundido está construida de forma rectangular (Ver figura 2.5) debido a los elementos que lleva en su interior y además tiene algunas perforaciones adecuadas para el ensamble correcto de los elementos, para la construcción del mismo nos guiamos con su respectivo plano de taller. (Ver Planos CDM-DS 300.2 – CDM-DS 300.3).

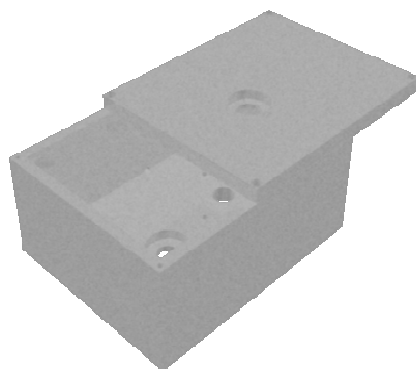


Fig. 2.5: Vista De La Caja Reductora
Fuente. Propia del autor

2.2.2.2 Roseta

Este elemento está construido de hierro fundido (ver figura 2.6), debido a que estará sometido a un trabajo de arrastre de carga constantemente, se procedió a darle un *tratamiento térmico*¹⁵ con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, especialmente la dureza, la resistencia y la elasticidad. Ver Plano CDM-DS 300.12.

¹⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_t%C3%A9rmico

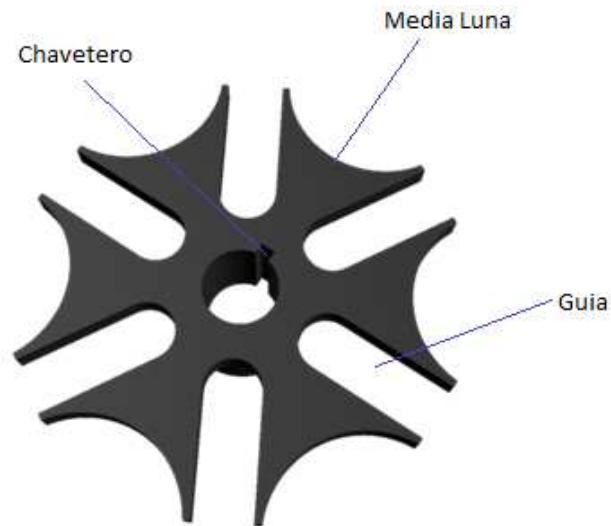


Fig. 2.6: Roseta

Fuente. Propia del autor

2.2.2.3 Base

La base está construida para acoplar la media luna la cual está conectada con un eje (ver figura 2.7), el mismo que está dentro de un rodamiento alojado en el interior de la base para facilitar el giro. Ver Plano CDM-DS 300.11.

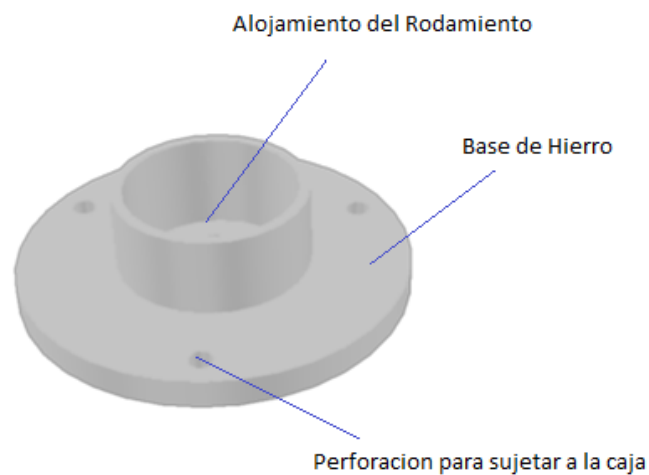


Fig. 2.7: Base

Fuente. Propia del autor

2.2.2.4 Ejes de Transmisión

Los ejes de transmisión (ver figura 2.8) son los encargados de transmitir el movimiento, el eje 1 produce el movimiento al plato es decir arrastra la carga mientras que el eje 2 está alojado en la base y esta acoplado a la media luna. Ver Planos CDM-DS 300.1; CDM-DS 300.4; CDM-DS 300.6.

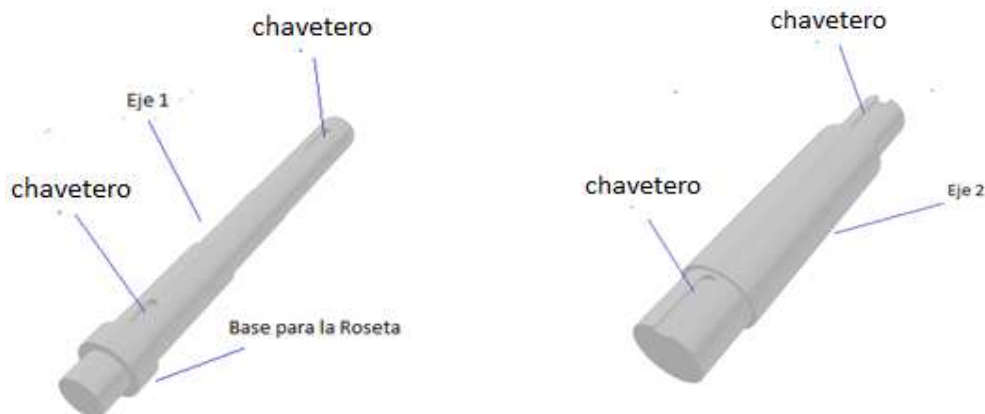


Fig. 2.8: Ejes

Fuente. Propia del autor

2.2.2.5 Media Luna

Este elemento está construido de bronce fosfórico (Ver Figura 2.9) debido a que siempre va a estar trabajando por lo tanto va a estar sometido a un desgaste constante, razón por la cual fue elegido este tipo de material. Ver Plano CDM-DS 300.10.



Fig. 2.9: Media Luna

Fuente. Propia del autor

2.2.2.6 Rodamientos

Es el conjunto de esferas, bolas, rodillos que se encuentran unidas por un anillo interior y uno exterior, el rodamiento produce movimiento al objeto que se coloque sobre este y se mueve sobre el cual se apoya.

Los rodamientos utilizados en el respectivo proyecto fueron adquiridos de acuerdo a nuestra necesidad siendo estos de la serie SKF.

Rodamiento media luna: Serie 627

Rodamiento superior eje-plato: Serie 6005

Rodamiento inferior eje-plato: Serie 63005

Rodamiento base: Serie 61905

2.2.2.7 Catalinas

Las catalinas que se utilizaron son de paso 35 (Ver Figura 2.10) ya que este es un paso estándar que se encuentra en el mercado,

La catalina conductora (27 dientes) transmite el movimiento a la catalina conducida (33 dientes) que va montada en el eje de la media luna, la velocidad del motor-reductor de 27 RPM se reduce mediante la catalina conducida debido a que esta tiene un número de dientes mayor a la catalina conductora, reduciendo la velocidad a 22 RPM, siendo esta velocidad la adecuada para que funcione la máquina. Ver Planos CDM-DS 300.16 – CDM-DS 300.17.



Fig. 2.10: Catalinas

Fuente: Propia del autor

Para determinar el piñón para obtener las 22RPM requeridas se procedió a calcular de la siguiente forma:

$$V_P * N_P = V_S * N_S$$

Dónde:

V_P: Velocidad Primaria O Velocidad del Moto Reductor

N_P: Numero De Dientes Del Piñón Primario O Piñón Del Motoreductor

V_S: Velocidad Secundaria O Velocidad Requerida

N_S: Número De Dientes Del Piñón Secundario

Aplicando la formula descrita tenemos:

Datos:

V_P: 27 RPM

N_P: 27 RPM

V_S: 22 RPM

N_S:????

$$V_P * N_P = V_S * N_S$$

$$N_S = \frac{V_P * N_P}{V_S}$$

$$N_S = \frac{27 * 27}{22}$$

$$N_S = 33.136$$

Nota: Se eligió la catalina de 33 dientes ya que ese el más aproximado en nuestro cálculo.

2.2.2.8 Cadena de Transmisión

La cadena de transmisión (ver figura 2.11) que se utiliza para este sistema es de paso 35 ya que las catalinas son de un paso de 35



Fig. 2.11: Cadena

Fuente: Propia del autor

2.2.2.9 Motor Reductor

El motor reductor (ver figura 2.12) que se utilizó fue de 1/2 HP monofásico con una salida de 27 RPM la más cercana a la velocidad requerida.

Características del motor reductor:

Potencia. 1/2 HP

Voltaje: 110 V

Velocidad de salida: 27RPM

Carga: Constante

Ambiente de Trabajo. Húmedo

Salida del Reductor: 90°

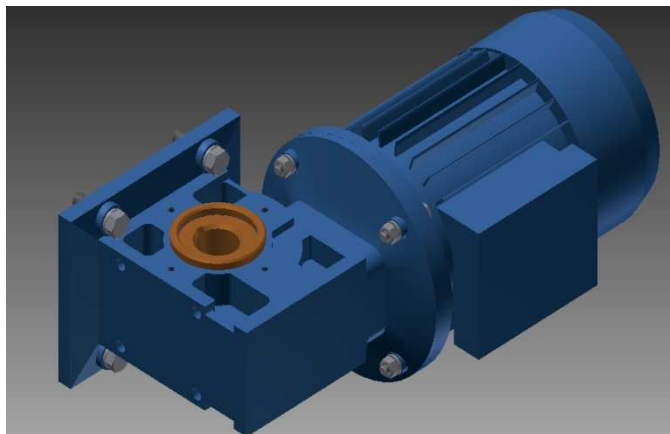


Fig. 2.12: Motor-reductor

Fuente: Propia del autor

2.2.2.10 Plato

El plato es también un elemento importante, debido a que en este se aloja los vasos y van pasando por lo diversas etapas que tiene el proceso de dosificado y sellado (Ver Figura 2.13), construido de aluminio fundido, el cual tiene 6 agujeros los cuales se los realizo mediante el plato divisor en la fresadora.

Para el cálculo de los agujeros se debe tener en cuenta el disco de división de orificios estándar (plato divisor). Ver Planos CDM-DS 300.15.

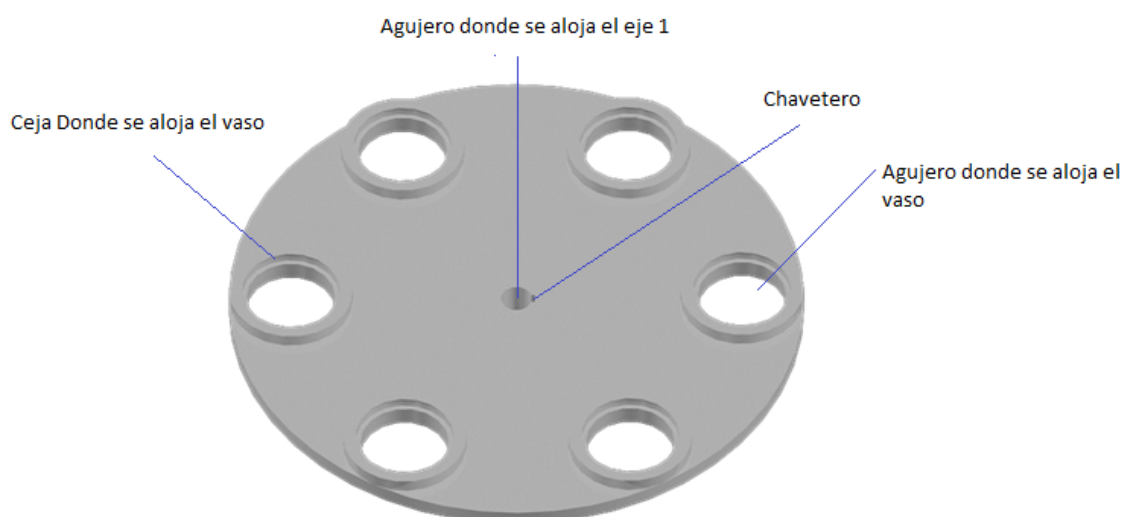


Fig. 2.13: Plato

Fuente: Propia del autor

Para determinar las divisiones del plato estándar, para los agujeros del plato giratorio se realiza de la siguiente forma:

$$\frac{\#dB}{\#dA} = \frac{\#vA}{\#vB}$$

Donde:

dA: Número de divisiones del plato giratorio

dB: Número de dientes de la rueda dentada del plato divisor

vA: Número de vueltas del palto giratorio

vB: Número de vueltas de la rueda dentada del plato divisor

$\frac{\#vA}{\#vB}$: Número de vueltas en el plato divisor

Aplicando la fórmula descrita tenemos:

Datos:

dA: 6

dB: 40

$\frac{\#vA}{\#vB} = \text{??????}$

$$\frac{\#dB}{\#dA} = \frac{\#vA}{\#vB} \quad \rightarrow \quad \frac{40}{6} = 6\frac{2}{3}$$

Encontrado el número entero de vueltas, se procede a calcular un número múltiplo de la fracción restante, el múltiplo debe ser del denominador de la parte fraccionaria y tenemos:

$$\frac{2}{3} \times \frac{6}{6} = \frac{12}{18}$$

Donde: 18 es un múltiplo que se encuentra dentro de las divisiones del plato divisor utilizado en nuestro caso.

En conclusión tenemos que dar 6 vueltas y desde ese punto recorreremos 12+1 divisiones obteniendo, así las 6 divisiones en el plato giratorio.

Nota: El plato divisor utilizado para el cálculo tiene 18, 24, 28,30.34, 37 divisiones.

2.2.3 SISTEMA DISPENSADOR DE VASOS

El dispensador es el encargado de suministrar los vasos mediante el sistema de tijeras que tiene en su parte inferior, permite que los vasos bajen de uno en uno a medida que el plato avanza, siendo este un proceso continuo. Tomando en cuenta que siempre debe existir la cantidad necesaria de vasos.

El dispensador que se muestra en la figura 2.14 en su totalidad está construido de acero inoxidable, se observa en conjunto en Plano CDM-DS 004A

Los elementos que conforman este sistema son debidamente contruidos de acuerdo a los planos taller indicados. Ver Planos CDM-DS 400A.1 – CDM-DS 400A.5.

En la figura 2.14 se observa los elementos que conforman del dispensador de vasos que son:

- Anillo.
- Varillas Largas y Cortas.
- Placa de Apoyo.
- Placa.

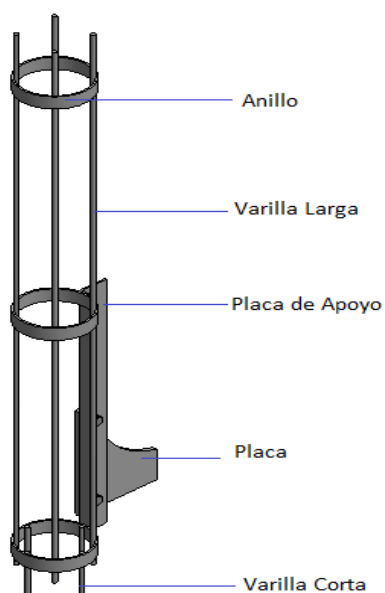


Fig. 2.14: Dispensador De Vasos

Fuente: Propia del autor

2.2.3.1 Anillos

Los anillos están contruidos de acero inoxidable AISI 304, sirven de soporte para las varillas largas y cortas. Ver Planos CDM-DS 400A.1

2.2.3.2 Varillas Largas y Cortas

Las varillas son de acero de transmisión AISI 304 sirven de guía para apilar los vasos que se van utilizar para el envasado y sellado del yogurt. Ver Planos CDM-DS 400A.2; CDM-DS 400A.5.

2.2.3.3 Placa de Apoyo

La placa de apoyo está construida de acero inoxidable AISI 304, en esta placa va montado los anillos y las varillas que previamente ya se unen mediante soldadura de acero inoxidable. Ver Plano CDM-DS 400A.3

2.2.3.4 Placa

La placa está construida de acero inoxidable AISI 304 la misma que esta soldada en la estructura de la máquina, sirve para montar el dispensador en la estructura. Ver Plano CDM-DS 400A.4

2.2.3.5 Tijeras

Las tijeras (ver figura 2.16) son las encargadas de permitir que los vasos bajen uno en uno a medida que el proceso se va realizando, en este sistema se encuentran un par de tijeras largas y cortas ensambladas una encima de otra y accionadas por pistones; las tijeras largas tienen una abertura más grande que la del vaso en tanto que las tijeras cortas están cerradas al diámetro del vaso, una vez accionadas por los resortes, el proceso se invierte las tijeras cortas se abren y las tijeras largas se cierran permitiendo así que el vaso caiga por acción de la gravedad en los agujeros del plato, ejecutada esta acción el sistema regresa a sus condiciones normales.

Las tijeras que se muestra en la figura 2.15 en su totalidad están construidas de acero inoxidable, se observa el conjunto en el Plano CDM-DS 004.

Los elementos que conforman las tijeras son debidamente construidos de acuerdo a los planos de taller indicados. Ver Planos CDM-DS 400.1 - CDM-DS 400.11

En la figura 2.15 se observa los elementos que conforman las tijeras que son:

- Base.
- Rodamientos.
- Porta rodamientos.
- Resortes 1 y 2.
- Resorte Grande.
- Tijeras Largas.
- Tijeras Cortas.
- Pistones.

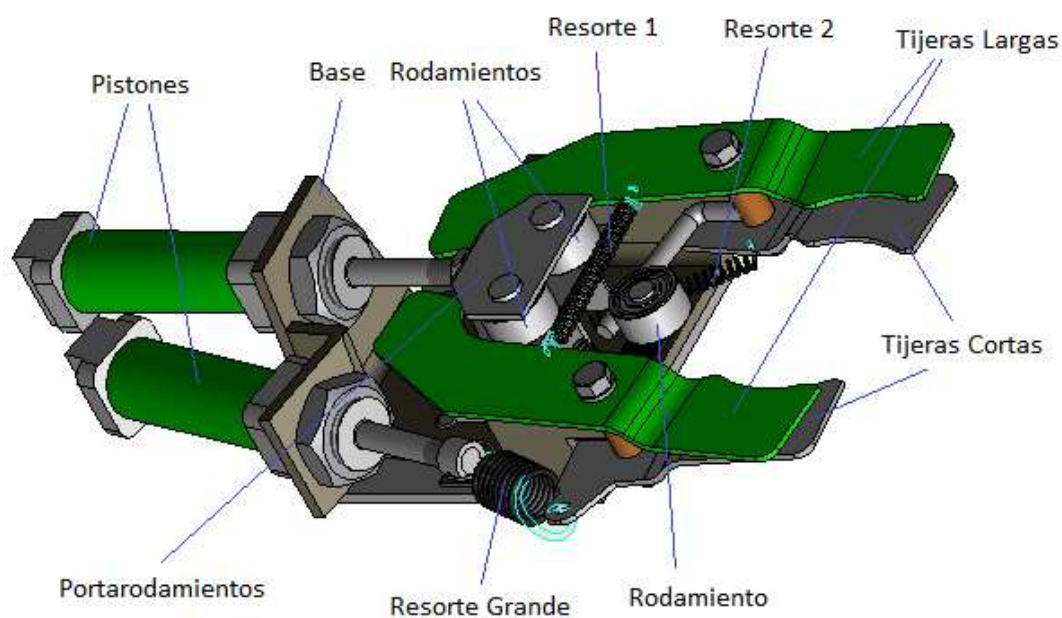


Fig. 2.15: Tijeras

Fuente: Propia del autor

2.2.3.5.1 Base

La base está construida de acero inoxidable AISI 304 en su totalidad con un espesor de 5 mm, debido a que tiene que soportar la acción de las tijeras al momento que la máquina está trabajando. Ver Planos CDM-DS 400.4; CDM-DS 400.5

2.2.3.5.2 Rodamientos

Los rodamientos ya vienen de fábrica, es decir que ya los encuentra en el mercado, para su adquisición debemos saber qué tipo de rodamientos vamos a utilizar y se los puede comprar sin ningún inconveniente.

2.2.3.5.3 Porta-Rodamientos

El porta-rodamientos es el elemento en donde se alojan los rodamientos que permiten que las tijeras en la parte superior (tijeras largas) puedan cerrarse con facilidad, esta acción se produce mediante un pistón que está conectado al porta-rodamientos Ver Planos CDM-DS 400.7

2.2.3.5.4 Resortes 1 y 2

Los resortes 1 y 2 ayudan a que las tijeras se cierren y se abran respectivamente para permitir la caída del vaso consiguiendo con esto que el pistón tenga menos esfuerzo y su vida útil aumente siendo este el principal objetivo. Los resortes también se los adquiere de fábrica necesitando para su adquisición los siguientes parámetros como: la longitud total, el diámetro interno y el número de espiras.

En nuestro proyecto se necesitan resortes para una presión de 2 bar y una fuerza de 30kg, una longitud de 45mm y un diámetro interior de 5mm parámetros que fueron determinados de acuerdo a la función a realizar.

2.2.3.5.5 Resorte Grande

El resorte grande es el encargado de transmitir la fuerza del pistón, que abre las tijeras que se encuentran en la parte inferior (tijeras cortas). Para la unión del pistón con el resorte grande se lo hace mediante una pieza semicircular de acero inoxidable, que se la construye de acuerdo a su respectivo plano de taller. Ver Plano CDM-DS 400.3

2.2.3.5.6 Tijeras Largas

Las tijeras largas se encuentran en la parte superior, están construidas de acero inoxidable AISI 304, su función es cerrarse para permitir que baje un solo vaso y no caigan dos o más al momento de abrirse las tijeras cortas que se encuentran en la parte inferior. Para su construcción seguimos los respectivos planos de taller indicados. Ver Plano CDM-DS 400.2

2.2.3.5.7 Tijeras Cortas

Las tijeras cortas se encuentran en la parte inferior, están construidas de acero inoxidable AISI 304, su función es abrirse para permitir que caiga el vaso y no pueden caer dos o más al momento de abrirse las tijeras largas que se encuentran en la parte superior. Las tijeras cortas están separadas por bocines que sirven también de guía para los pernos que sujetan las tijeras cortas y largas. Para su construcción seguimos los respectivos planos de taller. Ver Plano CDM-DS 400.1

2.2.4 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

El sistema de dosificación que se muestra en la figura 2.16 consta de un dosificador a pistón, recomendado para la dosificación de líquidos y semilíquidos. En la misma figura se muestra los elementos que conforman el sistema.

El sistema de dosificación está construido de acero inoxidable, se observa el conjunto en el Plano CDM-DS 005.

Los elementos que conforman el sistema de dosificación son debidamente contruidos de acuerdo a los planos de taller indicados. Ver Planos CDM-DS 500.1 - CDM-DS 500.16

El sistema de dosificación está compuesto por los siguientes elementos:

- Base
- Boquilla Dosificadora
- Pistón
- Tanque

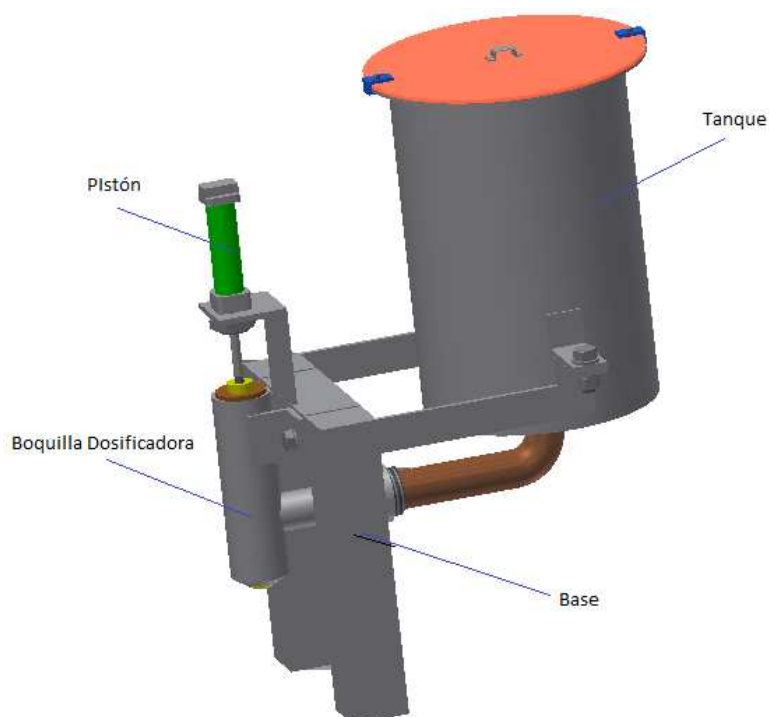


Fig. 2.16: Sistema de Dosificación

Fuente: Propia del autor

2.2.4.1 Base

La base de la boquilla del dosificador está construida de acero inoxidable, consta de un tubo cuadrado de 50x50x3mm, al cual se va realizando los cortes de acuerdo a

los planos de taller indicados. Ver Planos CDM-DS 500.1; CDM-DS 500.3; CDM-DS 501.12.

2.2.4.2 Boquilla

La boquilla es el elemento encargado de proveer el volumen exacto para cada vaso por lo cual su construcción es muy exacta, su interior consta de un eje tipo tapón el cual permite el dosificado y a su vez la regulación del mismo, el eje tipo tapón esta conectado a un pistón de 25mm de carrera y un diámetro del vástago de 8mm para una presión de 6 bar. Ver Planos CDM-DS 500.9; CDM-DS 500.10; CDM-DS 500.13, CDM-DS 500.14

2.2.4.3 Tanque

El tanque del dosificador está construido de acero inoxidable, este elemento es el encargado de suministrar el yogurt ya que en este tanque que tiene una capacidad de 18 lt, en el cual se deposita el yogurt para ser envasado a medida que va disminuyendo se va adicionando el yogurt.

Para realizar su construcción debemos tomar en cuenta factores como: el peso total, el espacio, el área a utilizar. Aspectos muy importantes que si no se consideran pueden ocasionar problemas al funcionamiento de la máquina.

El tanque esta construirlo de acuerdo a los planos de taller indicados. Ver Planos CDM.DS 500.2; CDM.DS 500.4; CDM.DS 500.5; CDM.DS 500.6; CDM.DS 500.7; CDM.DS 500.14; CDM.DS 500.15; CDM.DS 500.16

2.2.5 MECANISMO DE MOVIMIENTO DE LA VENTOSA

El mecanismo de movimiento de la ventosa que se muestra en la figura 2.17 es el encargado de mover a la ventosa y este a su vez absorbe la tapa de aluminio para colocarla en el vaso, el movimiento de la ventosa es producido por un pistón que mueve a unas cremalleras, el pistón se calibra para que este las cremalleras suban y

bajen exactamente desde el punto donde absorbe la tapa de aluminio hasta que depositarla sobre el vaso.

El mecanismo de movimiento de la venosa está construido de acero inoxidable, se observa el conjunto en el Plano CDM-DS 006.

Los elementos que conforman el mecanismo de movimiento de la ventosa, son debidamente contruidos de acuerdo a los planos de taller indicados. Ver Planos CDM-DS 600.1 - CDM-DS 500.17

El sistema de movimiento de la ventosa está compuesto por los siguientes elementos:

- Tapa
- Tubo Base
- Placa en L
- Cremallera
- Piñón
- Eje Pistón
- Eje Ventosa
- Bocín Eje Pistón
- Placa de Soporte de la ventosa
- Bocín Eje Ventosa

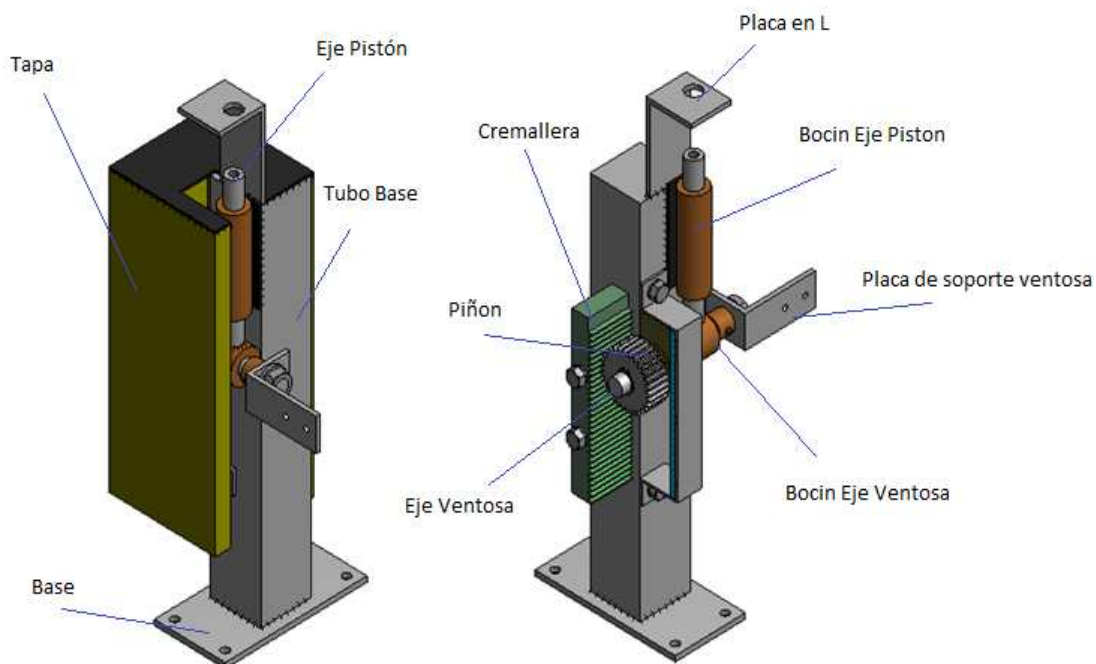


Fig. 2.17: Mecanismo de Movimiento de la Ventosa

Fuente: Propia del autor

2.2.5.1 Tapa

La tapa es una cubierta que está construida de acero inoxidable AISI 304 y su función es proteger al sistema cremallera-piñón que esté libre de cualquier daño, también de que alguna persona toque con sus manos y exista un accidente. Para su construcción nos guiamos en sus respectivos planos de taller. Ver Planos CDM-DS 600.6 y CDM-DS 600.11

2.2.5.2 Tubo Base

El tubo base es donde se alojan todos los elementos que conforman el sistema dispensador de foil, está construido de acero inoxidable AISI 304. Ver Planos CDM-DS 600.7; CDM-DS 600.8

2.2.5.3 Placa en L

La placa en L es la base en donde se aloja el pistón que permite la subida y bajada del sistema Piñón-Cremallera. Ver Plano CDM-DS 600.1

2.2.5.4 Cremallera

La cremallera está construida de teflón y su función conjuntamente con el piñón es de transportar la tapa de aluminio desde la parte superior hasta el vaso, mediante la ventosa. Ver Plano CDM-DS 600.12)

2.2.5.5 Piñón

El piñón está construido de teflón y su función conjuntamente con la cremallera es de transportar la tapa de aluminio desde la parte superior hasta el vaso, mediante la ventosa. Ver Plano CDM-DS 600.13

2.2.5.6 Eje Pistón

El eje que conecta al pistón está construido de acero inoxidable de transmisión y su función es transmitir el movimiento al sistema piñón-cremallera. Ver Plano CDM-DS 600.2

2.2.5.7 Eje Ventosa

El eje ventosa es el que permite el giro de la ventosa para absorber la tapa de aluminio y luego transportarlo hasta el vaso, está construido de acero inoxidable de transmisión. Ver Plano CDM-DS 600.14

2.2.5.8 Bocín Eje Pistón

El bocín está construido de acero inoxidable AISI 304 y su función es servir de guía para el eje que está conectado al pistón. Ver Plano CDM-DS 600.4

2.2.5.9 Placa De Soporte De La Ventosa

La placa de soporte de la ventosa está construida de acero inoxidable, en esta placa va alojada la ventosa. Ver Plano CDM-DS 600.5

2.2.5.10 Bocín Eje Ventosa

El bocín está construido de acero inoxidable AISI 304 y su función es servir de guía para el eje que está conectado con la ventosa permitiendo así el giro de la misma. Ver anexo (Ver Planos CDM-DS 600.15; CDM-DS 600.17)

2.2.6 SISTEMA DE SELLADO

El sistema de sellado que se muestra en la figura 2.18 es el encargado de realizar el sellado de los envases de yogurt, este sellado se realiza a una temperatura de 200°C, temperatura que es controlada mediante un controlador de temperatura por medio de una termocupla que es la encargada de enviar las señales al controlador cuando la temperatura baje para que se enclave el relé y la niquelina caliente así mismo cuando llega a la temperatura establecida envía la señal para que el controlador desconecte la niquelina. Esta temperatura siempre está oscilando en un rango entre 199°C y 201°C valores en los cuales el controlador entra a funcionar. El diseño del circuito de control de temperatura se lo presenta en el capítulo 3 en donde se trata todo lo referente a los circuitos de control y neumáticos del proyecto.

El sistema de sellado está construido de acero inoxidable, se observa el conjunto en el Plano CDM-DS 007.

Los elementos que conforman el sistema de sellado, son debidamente construidos de acuerdo a los planos de taller indicados. Ver Planos CDM-DS 700.1 - CDM-DS 700.9

El sistema de sellado está compuesto por los siguientes elementos:

- Eje
- Bocín Regulador
- Resorte
- Bocín Guía
- Placa
- Sellador
- Pistón

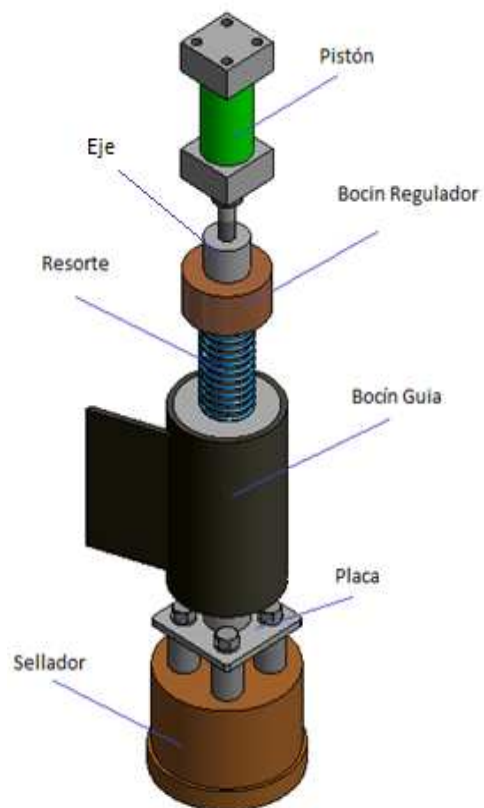


Fig. 2.18: Sistema de Sellado

Fuente: Propia del autor

2.2.6.1 Eje

El eje está construido de acero inoxidable de transmisión y su función es transmitir el movimiento hasta el sellador con el fin de obtener un sello totalmente hermético. Ver Plano CDM-DS 700.1

2.2.6.2 Bocín Regulador

El bocín regulador está construido de bronce dulce y su función es regular la distancia que existe entre el plato y el sellador, siendo el principal objetivo de este bocín obtener más tiempo para el sellado. Ver Plano CDM-DS 700.2

2.2.6.3 Resorte

El resorte está construido de acero inoxidable y se lo encuentra en el mercado con las especificaciones de acuerdo a nuestras necesidades.

2.2.6.4 Bocín Guía y Base

El bocín guía está construido de bronce dulce ya que su función es servir de camino para el eje que está conectado al pistón, consiguiendo que su presión sea igual en todos los puntos al momento del sellado. Ver Plano CDM-DS 700.3 y CDM-DS 700.7

2.2.6.5 Sellador

El sellador es construido de bronce fosfórico material que soporta altas temperaturas, debido a que el sellador va a estar siempre trabajando en un rango de temperatura de 199°C a 201°C, por la cual se lo construye en este material. Ver Planos CDM-DS 700.4 – CDM-DS 700.5

2.2.7 SISTEMA DE SALIDA DE VASOS

El sistema de salida de vasos que se muestra en la figura 2.19 es el encargado de realizar el último paso del proceso de dosificado y sellado, este sistema realiza la función de retirar los vasos una vez que llegan a esta última etapa, este sistema funciona con dos pistones: el primer pistón empuja el vaso que se encuentra alojado en el plato por la parte inferior, este pistón es accionado por una señal que es enviada por medio de un sensor que detecta la presencia del vaso, una vez que

llega arriba empuja otro pistón al vaso hacia las placas grandes para que el envase terminado finalmente pueda ser retirado.

El sistema de salida de vasos está construido de acero inoxidable, se observa el conjunto en el Plano CDM-DS 008.

Los elementos que conforman el sistema de salida de vasos, son debidamente contruidos de acuerdo a los planos de taller indicados. Ver Planos CDM-DS 800.1 - CDM-DS 800.8

El sistema de salida de vasos (Ver Figura 2.19) está compuesto por los siguientes elementos:

- Placas Grandes
- Base
- Base o Placa Semicircular
- Base en U
- Placa De salida de Vasos

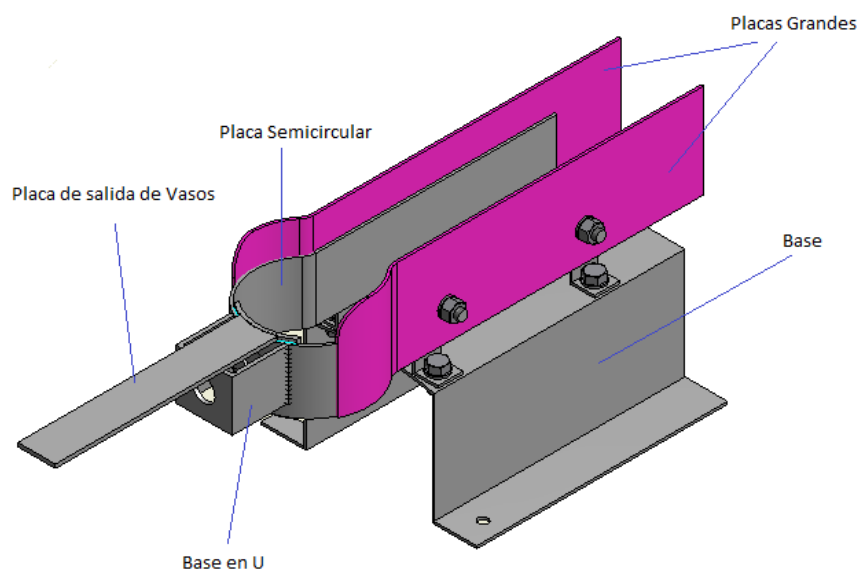


Fig. 2.19: Sistema de Salida de Vasos

Fuente: Propia del autor

2.2.7.1 Placas Grandes

Las placas grandes están construidas de acero inoxidable AISI 304, estas placas son desmontables debido a que la máquina puede dosificar vasos de menor volumen y no tengan ningún problema en salir. Ver Planos CDM-DS 800.4

2.2.7.2 Base

La base está construida de acero inoxidable AISI 304, en este elemento se ensamblan todos los elementos que conforman el sistema. Ver Plano CDM-DS 800.5.

2.2.7.3 Base o Placa Semicircular

La base o placa semi-circular está construido de acero inoxidable AISI 304 en su totalidad este elemento cumple la función de soportar los vasos en su última etapa, cuando el producto está terminado. Ver Planos CDM-DS 800.6 - CDM-DS 800.7.

2.2.7.4 Base en U

La base en U está construida del mismo material que los anteriores elementos, cumple la función de soportar el pistón es decir en esta base va ensamblado el pistón, el mismo que empuja el vaso cuando llega a la parte superior. Ver Planos CDM-DS 800.2.

2.2.7.5 Placa De Salida De Vasos

La placa de salida de vasos está soldado con la placa semicircular, elementos construidos de acero inoxidable AISI 304 su función es empujar al vaso una vez que se encuentra en la parte superior del sistema de salida de vasos. Ver Planos CDM-DS 800.1 - CDM-DS 800.3.

**2.1.2 PLANOS DE LA MÁQUINA PARA EL DOSIFICADO Y SELLADO
DE ENVASES DE YOGURT SEMI-INDUSTRIAL.**

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMATICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE DOSIFICADO Y SELLADO

3.1 INTRODUCCIÓN

El diseño de los diferentes circuitos que utilizamos en la realización del proyecto incluye aspectos importantes, como son las necesidades de la microempresa, la seguridad de los operarios y la eficiencia de trabajo. Los cuales nos servirán para definir qué tipo de materiales y dispositivos utilizaremos en el proyecto.

Mediante un diagrama camino-paso se puede realizar el circuito neumático y de control de acuerdo a las necesidades ya mencionadas.

3.2 DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

Para conseguir un buen funcionamiento y rendimiento de cada uno de los procesos que conforman la máquina, se optó por la utilización de la electroneumática para lo cual primero se tuvo que conocer con exactitud qué es lo que hace cada proceso y la relación de dependencia que tienen entre ellos. Tomando en cuenta que para el diseño del circuito neumático se debe analizar 2 parámetros muy importantes que después nos ayudaran a realizar el correcto dimensionamiento de los elementos neumáticos, a continuación se los analiza:

- Generación y alimentación del aire comprimido.
- Presión dentro del proceso de dosificado y sellado.

3.2.1 GENERACIÓN Y ALIMENTACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido generado por el compresor, es impulsado por el mismo hacia los componentes neumáticos del sistema, dichos componentes son activados por medio de las electroválvulas, de acuerdo a las instrucciones del programador.

Para garantizar la fiabilidad de los mandos neumáticos en el proceso es necesario que el aire alimentado tenga un nivel de calidad suficiente. Ello implica que para que el aire atmosférico se transforme en la fuente de energía “aire comprimido”, es necesario conseguir que el aire reduzca su volumen considerablemente, la compresión del aire implica determinados problemas, ya que al comprimirse el aire también se comprime todas las impurezas que contiene, tales como polvo, hollín, suciedades, gérmenes y vapor de agua. A estas impurezas se suman las partículas que provienen del propio compresor.

Existen clases de calidades recomendadas para cada aplicación neumática, estas clases corresponden a la calidad del aire que como mínimo, necesita la unidad consumidora correspondiente. En la tabla 3.1 “Calidad de aire recomendadas” indica la calidad de aire comprimido en función de los tipos de impurezas, además se puede observar los parámetros indispensables para generar un aire de calidad en el área de la neumática, la misma que involucra cilindros y válvulas neumáticas.

Las clases de calidad se definen en concordancia con la norma ¹⁶*DIN ISO 8573-1*.

¹⁶ DIN ISO 8573-1 Norma que detalla sobre la calidad del aire y de la clase de filtración recomendada

Aplicaciones	Cuerpos sólidos (μm)	Punto de condensación del agua ($^{\circ}\text{C}$)	Contenido máx. De aceite (mg/m^3)	Clase de filtración recomendada
Minería	40	-	25	40 μm
Lavandería	40	+10	5	40 μm
Maquinas soldadoras	40	+10	25	40 μm
Maquinas herramientas	40	+3	25	40 μm
Cilindros neumáticos	40	+3	25	40 μm
Válvulas neumáticas	40 o 50	+3	25	40 μm o 50 μm
Maquinas de embalaje	40	+3	1	5 μm - 1 μm
Reguladores finos de presión	5	+3	1	5 μm - 1 μm
Aire de medición	1	+3	1	5 μm - 1 μm
Aire en almacén	1	-20	1	5 μm - 1 μm
Aire para aplicación de pintura	1	+3	0.1	5 μm - 1 μm
Técnica de detectores	1	-20 o -40	0.1	5 μm - 1 μm
Aire puro para respirar	0.01	-	-	-0.01 μm

1 μm = 0.001 mm

Tabla 3.1 Calidad de aire recomendado

Fuente: Normas DIN ISO 8573-1

Si no se acatan condiciones como: presión correcta aire seco y aire limpio es posible que se originen tiempos prolongados de inactivación de las maquinas además, aumento en los costos de servicio.

¹⁷ *La generación del aire a presión empieza por la compresión de aire. El aire pasa a través de una serie de elementos antes de llegar hasta el punto de su consumo. El tipo de compresor y su ubicación en el sistema inciden en su mayor o menor medida en la cantidad de partículas, aceite y agua incluidos en el sistema.*

Es por ello que para el acondicionamiento adecuado del aire es aconsejable utilizar los siguientes elementos:

- Filtro de aspiración.
- Compresor.
- Acumulador de aire a presión.
- Secador.
- Filtro de aire a presión con separador de agua.
- Regulador de presión.
- Lubricador.
- Puntos de evacuación del condensado.

Cabe reiterar que en el proceso de dosificado y sellado se deberá involucrar la mayor parte de elementos necesarios para el acondicionamiento de aire, ello garantizara un mayor tiempo de vida útil de los elementos neumáticos.

Es necesario insistir que el aire que no ha sido acondicionado debidamente provoca un aumento de la cantidad de fallos y, en consecuencia, disminuye la vida útil de los sistemas neumáticos. Estas circunstancias se manifiestan de las siguientes maneras:

- Aumento del desgaste de juntas y piezas móviles de válvulas y cilindros.
- Válvulas impregnadas de aceite.
- Suciedad en los silenciadores.

¹⁷ Neumática, manual de estudio (FESTO DIDACTIC) pág. 122

3.2.2 PRESIÓN EN EL PROCESO DE DOSIFICADO Y SELLADO

Los niveles de presión dentro del proceso se calibran mediante los valores nominales de funcionamiento de los elementos del sistema, puesto que ello repercutiría en el tiempo de vida útil de los elementos y al mismo tiempo de la eficiencia del proceso. La presión que actúa dentro del sistema se puede visualizar en la unidad de mantenimiento la misma que consta de un manómetro de presión que permite revisar continuamente los niveles de presión a la cual trabaja el sistema.

¹⁸ *Por ello los elementos neumáticos son concebidos por lo general, para resistir una presión máxima de 8 a 10 bar.* No obstante, para que el sistema funcione económicamente, será suficiente aplicar una presión de 6 bar. Dadas las resistencias que se oponen al flujo de aire en los diversos elementos, como pueden ser las zonas de estrangulación y en las tuberías. En consecuencia el compresor debería generar una presión de 6.5 hasta 7 bar con el fin de mantener una presión de servicio de 6 bares, esto debido a las pérdidas que pueden generarse en la línea.

La presión de trabajo dentro del proceso se equilibra debido a que dentro del compresor se instala un acumulador con el fin de estabilizar la presión del aire. El acumulador tiene como finalidad compensar las oscilaciones de la presión que se produce cuando se retira aire a presión del sistema. Si la presión en el acumulador desciende por debajo de un valor determinado, el compresor lo vuelve a llenar hasta que la presión llegue a su nivel máximo que se haya ajustado. Gracias a esta configuración se evita que el compresor tenga que funcionar ininterrumpidamente.

3.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS

Los elementos se dimensionan considerando los espacios de trabajo que intervienen en el proyecto, para ello se analiza, las dimensiones de la estructura, los sitios designados para los cilindros y electroválvulas, así mismo las áreas destinadas para los mecanismos que conforman toda la máquina. También se considera los aspectos

¹⁸ Aire comprimido, Fuente de Energía (FESTO-Hesse)

ergonómicos que nos ayudara al fácil, adecuado y correcto funcionamiento de la máquina.

Se procede al dimensionamiento y selección de todos elementos que constituyen la parte neumática de la máquina, entre los dispositivos que estarán sujetos a dimensionar se encuentra:

- Cilindros neumáticos.
- Válvulas neumáticos.
- Diámetro de la tubería.
- Unidad de mantenimiento.
- Tipo de compresor.

Dicho de otra manera, algunos de los parámetros que conformara el proyecto estará sujeto a cálculos y datos obtenidos mediante el uso de tablas que nos permiten seleccionar correctamente los elementos del proceso.

3.2.3.1 Dimensionamiento de Cilindros Neumáticos

3.2.3.1.1 Longitud de Carrera

La longitud de la carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000 mm. Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por el elevado consumo de aire.

Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía es demasiado grande. Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son grandes deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal. Además, al prolongar la carrera la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello mejora la guía del vástago.

Para el dimensionamiento de los cilindros neumáticos se debe considerar parámetros como: la fuerza ejercida por un elemento de trabajo, que depende de la

presión del aire y el diámetro del cilindro. La fuerza teórica del embolo se calcula de la siguiente manera:

$$F \text{ teórica} = P * A \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

F teórica = fuerza teórica del émbolo	(N)
A= superficie	(cm ²)
P= presión de trabajo	(kPa, 10 ⁵ N/m ² , bar)
D= diámetro del émbolo	(mm)

Para la elaboración del proyecto se dispone de siete cilindros de características:

Cilindro 1:	Diámetro del vástago = 8mm	25mm de recorrido
Cilindro 2:	Diámetro del vástago = 8mm	25mm de recorrido
Cilindro 3:	Diámetro del vástago = 8mm	60mm de recorrido
Cilindro 4:	Diámetro del vástago = 8mm	100mm de recorrido
Cilindro 5:	Diámetro del vástago = 10mm	35mm de recorrido
Cilindro 6:	Diámetro del vástago = 6mm	100mm de recorrido
Cilindro 7:	Diámetro del vástago = 6mm	100mm de recorrido

Los mismos que de acuerdo a sus características se determinara si son aptos para formar los diferentes componentes de la máquina.

De acuerdo a los datos técnicos presentados en tabla de cilindros normalizados (ver anexo11) para los cilindros 1, 2, 3 y 4 que tienen un diámetro del vástago de 8mm y una carrera de 10mm hasta 300mm de carrera, alcanzan una fuerza de avance 141.3 N, con una presión de trabajo de 6 bares. Esta fuerza es suficiente para

accionar los mecanismos en donde se ensamblan respectivamente cada uno de ellos.

Con la misma información para el cilindro 5 de diámetro del vástago de 10mm y una carrera de 35mm, alcanzan una fuerza de avance 260 N, con una presión de 6 bares. Esta fuerza es suficiente para accionar el sellador.

Por último para los cilindros 6 y 7 de diámetro del vástago de 6mm y 100 mm de carrera, alcanzan una fuerza de avance de 106 N, con una presión de 6 bares. Esta fuerza es suficiente para accionar el sistema de salida de vasos.

A continuación se calcula el área de cada uno de los cilindros para de esa manera obtener el volumen total que contienen los mismos. Mediante la ecuación (2) podemos calcular el área de los cilindros.

Datos.

Cilindro 1:	Diámetro del embolo = 25mm	25mm de recorrido
Cilindro 2:	Diámetro del embolo = 25mm	25mm de recorrido
Cilindro 3:	Diámetro del embolo = 25mm	60mm de recorrido
Cilindro 4:	Diámetro del embolo = 25mm	100mm de recorrido
Cilindro 5:	Diámetro del embolo = 20mm	35mm de recorrido
Cilindro 6:	Diámetro del embolo = 16mm	100mm de recorrido
Cilindro 7:	Diámetro del embolo = 16mm	100mm de recorrido

$$A = \pi r^2 \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$A_1 = \pi * 12.5^2 mm = 490.87 mm^2 = 0.0004908 m^2$$

$$A_2 = \pi * 12.5^2 mm = 490.87 mm^2 = 0.0004908 m^2$$

$$A_3 = \pi * 12.5^2 mm = 490.87 mm^2 = 0.0004908 m^2$$

$$A_4 = \pi * 12.5^2 mm = 490.87 mm^2 = 0.0004908 m^2$$

$$A_5 = \pi * 10^2 mm = 314.16 mm^2 = 0.000314 m^2$$

$$A_6 = \pi * 8^2 mm = 201.06 mm^2 = 0.0002010 m^2$$

$$A_7 = \pi * 8^2 mm = 201.06 mm^2 = 0.0002010 m^2$$

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta parámetros como el rozamiento en condiciones normales de servicio (de 4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento presentan de un 3% a un 20 % de la fuerza calculada. Al igual que la fuerza de recuperación del muelle que representa en condiciones normales de servicio desde un 3% a un 15% de la fuerza calculada.

3.2.3.1.2 Velocidad del Émbolo

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antiretorno y de estrangulación que produce una reducción de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0.1 y 1.5 m/s con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antiretorno y las de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores.

3.2.3.1.3 Consumo De Aire De La Máquina

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía de los cilindros del proceso, es importante conocer el consumo de la instalación, el consumo de aire es determinado por el volumen del cilindro y por la presión del aire.

Según Boyle Y Mariotte:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 \quad \text{Ecuación (3)}$$

De la misma forma, se puede calcular el volumen de los cilindros de acuerdo a la ecuación.

$$V = A * L \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

A= diámetro del embolo (m^2)

L= longitud del cilindro (m)

De la misma forma se calcula el volumen de cada uno de los cilindros seleccionados anteriormente con la finalidad de aplicar estos resultados en la obtención de la cantidad de caudal del sistema.

Datos:

$$A_1 = 0.0004908 \text{ m}^2$$

$$L_1 = 25\text{mm}$$

$$A_2 = 0.0004908 \text{ m}^2$$

$$L_2 = 25\text{mm}$$

$$A_3 = 0.0004908 \text{ m}^2$$

$$L_3 = 60\text{mm}$$

$$A_4 = 0.0004908 \text{ m}^2$$

$$L_4 = 100\text{mm}$$

$$A_5 = 0.000314 \text{ m}^2$$

$$L_5 = 35\text{mm}$$

$$A_6 = 0.0002010 \text{ m}^2$$

$$L_6 = 100\text{mm}$$

$$A_7 = 0.0002010 \text{ m}^2$$

$$L_7 = 100\text{mm}$$

$$V = A * L$$

Ecuación (4)

$$V_1 = 0.0004908 * 0.025 = 1.22 \text{ E-5 m}^3$$

$$V_2 = 0.0004908 * 0.025 = 1.22 \text{ E-5 m}^3$$

$$V_3 = 0.0004908 * 0.060 = 2.94 \text{ E-5 m}^3$$

$$V_4 = 0.0004908 * 0.1 = 4.908 \text{ E-5 m}^3$$

$$V_5 = 0.000314 * 0.035 = 1.099 \text{ E-5 m}^3$$

$$V_6 = 0.0002010 * 0.1 = 2.01 \text{ E-5 m}^3$$

$$V_7 = 0.0002010 * 0.1 = 2.01 \text{ E-5 m}^3$$

Por otra parte, cuando fluye aire comprimido a través de un tubo en un intervalo de tiempo, el caudal (Q) se expresa en unidades de volumen divididas por unidades de tiempo como se indica en la ecuación.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación (5)

Donde:

V = volumen (m³)

t = tiempo (seg)

Se procede al cálculo del caudal total que se necesita para que la máquina funcione correctamente y por consiguiente el determina el tamaño del compresor que se debe adquirir. En la tabla 3.2 se muestra los caudales individuales por ciclo de cada pistón, así mismo en tabla 3.3 se muestra los caudales individuales totales por minuto de cada pistón.

Caudal	Ciclos Por Pistón	Un Ciclo
Q ₁	2	2.44 E-5 m ³
Q ₂	2	2.44 E-5 m ³
Q ₃	2	5.88 E-5 m ³
Q ₄	2	9.816 E-5 m ³
Q ₅	2	2.198 E-5 m ³
Q ₆	2	4.02 E-5 m ³
Q ₇	2	4.02 E-5 m ³

Tabla 3.2: Caudal por ciclo

Fuente: Propia del autor

Caudal	Total Ciclos Por Minuto	Ciclos por Minuto
Q ₁	30	7.32 E-4 m ³
Q ₂	30	7.32 E-4 m ³
Q ₃	30	17.64 E-4 m ³
Q ₄	30	29.4 E-4 m ³
Q ₅	30	6.59 E-4 m ³
Q ₆	30	12.06 E-4 m ³
Q ₇	30	12.06 E-4 m ³
Q_T		9.23 E-3 m³

Tabla 3.3: Caudal ciclos por minuto

Fuente: Propia del autor

Caudal total: 9.23 E-3 m³

1m³ = 1000 lt

Caudal total: 9.23 lt/min

1lt/min = 0.0353147 cfm

Donde el caudal total en cfm (ft³/min) es: Q_T = 0.325 cfm

Una vez obtenido el consumo total del sistema *se le agrega el 30% del valor total* del consumo para obtener el caudal total del sistema, dicho valor debe estar expresado en cfm (pies³/ min), con este dato se dimensiona la capacidad carga del compresor.

El 30% equivale a 0.0975 cfm<

1hp = 4cfm

Adicionando el 30% tenemos:

$$Q_T = 0.325 \text{ cfm} + 0.0975 \text{ cfm}$$

$$Q_T = 0.4225 \text{ cfm}$$

En hp tenemos:

$$0.4225 \text{ cfm} = 0.105 \text{ Hp}$$

Como conclusión tenemos que se necesita un compresor de ¼ Hp que se encuentra en el mercado.

3.2.3.2 Dimensionamiento De Las Tuberías

El diámetro de las tuberías no debería elegirse por simple observación de otros proyectos neumáticos, ni de acuerdo con cualquier regla empírica sino en conformidad con:

- El caudal.
- La longitud de las tuberías.
- La pérdida de presión (admisibile).
- La presión de servicio.
- La cantidad de estrangulamientos en la red.

En la práctica se suelen involucrar éstos valores con la experiencia. Actualmente para elegir el diámetro de la tubería en forma rápida y sencilla nos podemos ayudar

a través de diferentes nomogramas que nos permiten definir el diámetro de la tubería en base a los parámetros antes indicados. En la fig. 3.1 se muestra las tuberías utilizadas.



Fig. 3.1: Tubería

Fuente: Propia del autor

Las resistencias de los elementos estranguladores tales como: válvulas de cierre, codos, té, reducciones, etc., se incorporan al cálculo a través de longitudes equivalentes. Las longitudes equivalentes son aquellas longitudes de tuberías rectas que ofrecen la misma resistencia al flujo que el elemento estrangulador o el punto de estrangulación. La sección de paso de la tubería de longitud equivalente es la misma que la tubería.

Observar el Anexo 12 “Tablas y Nomogramas (diámetro de tubería)” en el cual se relacionan los parámetros de la longitud de la tubería y el caudal de consumo que definirán un punto en el eje 1 del nomograma, de la misma forma la relación entre la pérdida de presión de la línea y la presión de servicio definirán un punto en el eje 2 del nomograma, el cual mediante una recta se unirá éste valor hasta el punto descrito en el eje 1 cortando así la recta vertical que representa el diámetro nominal de la tubería. Dentro de éste anexo también se observará las tablas que permitirán dimensionar, el tipo de cilindro neumático, la unidad de mantenimiento entre otras medidas.

A continuación se muestra el cálculo del diámetro de la tubería de nuestra máquina, con la ayuda del nomograma (anexo 12) que nos permitirá encontrar el diámetro de la tubería de una forma rápida y sencilla.

Los parámetros necesarios para ser aplicados al nomograma son los siguientes:

- Caída o pérdida de presión en bares 0.1 bar.
- Presión de trabajo 6 bar.

Con la ayuda de éstos parámetros definimos un punto en la recta G, y un punto en la recta E, la unión de estos puntos determinara la ubicación de un tercer punto sobre el eje 2 o recta F.

Posteriormente se determinan los dos últimos datos necesarios para establecer el diámetro de la tubería, los datos son:

- El caudal de trabajo $0.159 \text{ m}^3/\text{h}$
- Longitud de la tubería 10 m

El caudal de trabajo representa un valor extremadamente pequeño dentro de la recta B que incluso no es posible definir un punto de referencia en dicha recta, esto es producto a que el sistema es demasiado pequeño, de igual forma a pesar de tener el valor de la longitud que define un punto en la recta A su intersección sobre el eje 1 y el eje 2 daría como resultado un valor de diámetro de la longitud extremadamente pequeño, razón por la cual se ha decidido tomar un valor mínimo para el diámetro de la longitud existente en el mercado que es de 6mm. Tal como se observa en la Fig.3.2.

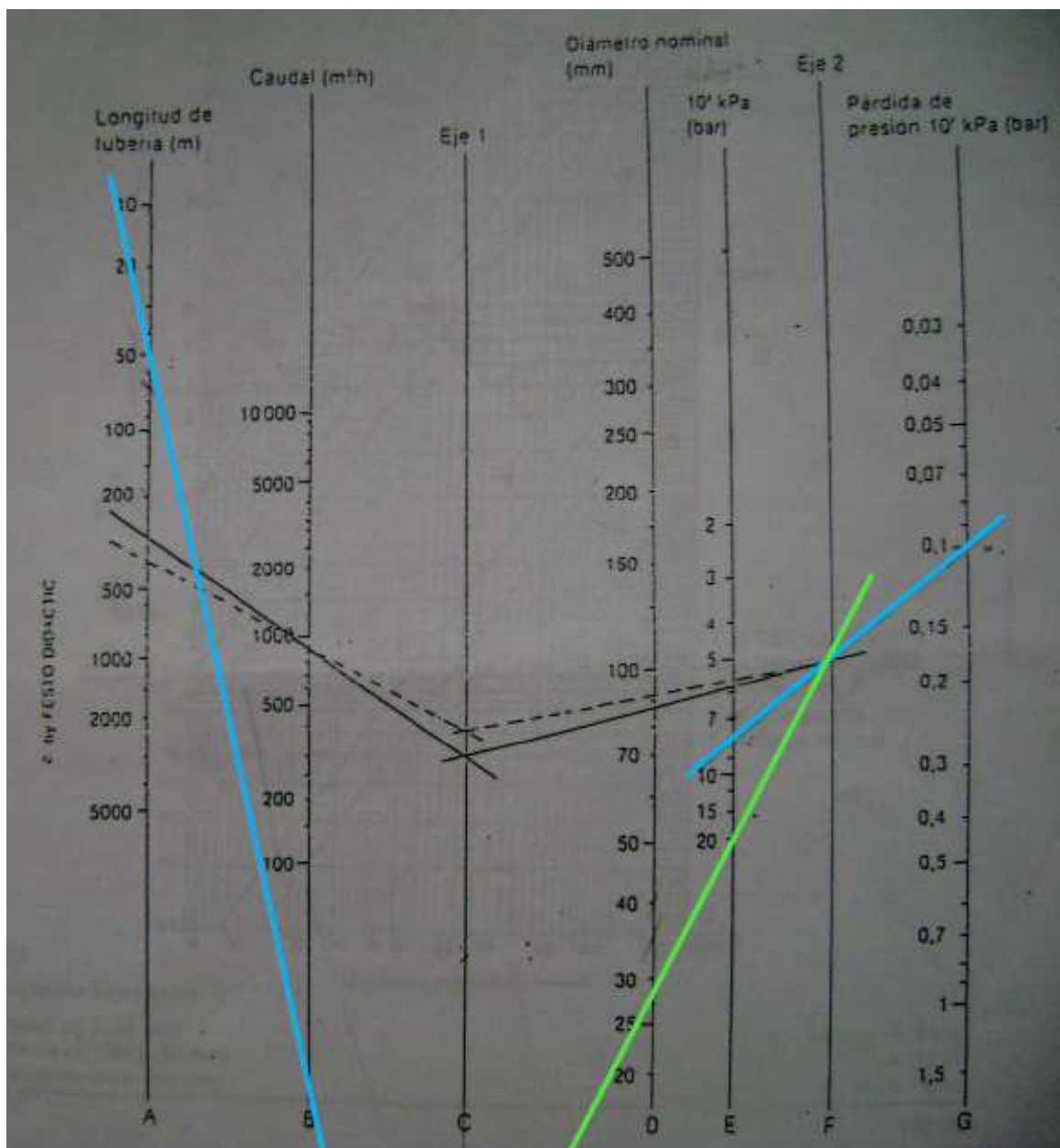


Fig. 3.2: Cálculo De La Tubería
Fuente: Folleto de Neumática

3.2.3.3 Capacidad Requerida de lo Compresores

Se debe asegurar que la capacidad del compresor Q_c , sea mayor a la capacidad del consumo Q_d . Durante el período de carga (t_1), el compresor suministra al sistema la cantidad Q_c por unidad de tiempo, mientras que el consumo será Q_d . Es decir que

esta diferencia acumulada durante el tiempo de carga ΔV , será almacenada en el sistema y consumida durante la descarga.

Obsérvese la Fig. 3.3 “Ciclo de trabajo del compresor” el mismo que representa al compresor en su ciclo normal de trabajo.

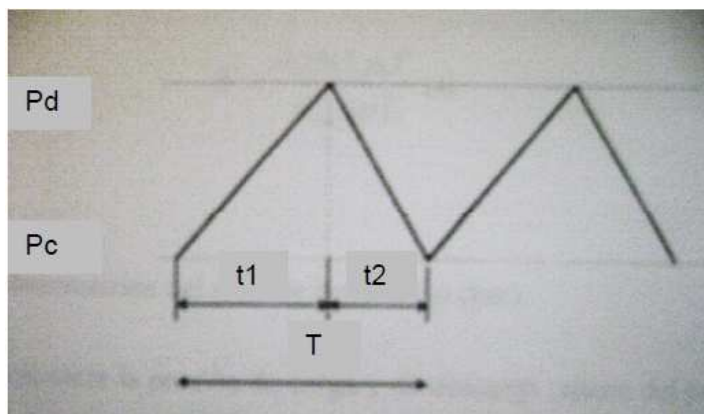


Fig. 3.3: Ciclo de trabajo del compresor

Fuente: Propia del autor

Donde:

Pd: Presión de descarga

Pc: Presión de carga

T: Ciclo de trabajo

t1: Periodo de carga

t2: Periodo de descarga

¹⁹ De acuerdo a los principales fabricantes de compresores, debe procurarse que el ciclo de trabajo no sea demasiado corto ya que esto provoca el desgaste de algunos componentes del compresor y de su equipo eléctrico. Para evitar estos inconvenientes se debe verificar que el ciclo de trabajo T sea mayor a 30 segundos, o lo que es lo mismo, que la frecuencia máxima sea menor a $1/30$ ciclos por segundo.

¹⁹ Actualización, análisis y rediseño del sistema de distribución de aire comprimido “INSETEC”pág. 23

$$\Delta V = (Q_c - Q_d) t_1 \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$\Delta V = Q_d * t_2 \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$Q_c = \frac{f_{\max} \Delta V}{0.25} \quad \text{Ecuación (8)}$$

A través de la expresión (8) se puede calcular la capacidad del compresor del sistema de compresores. Adicional a ello se debe verificar que la capacidad de acumulación del sistema sea igual a la suma del volumen del tanque acumulador y la capacidad de acumulación de la tubería sea mayor a la recomendada por la expresión (9).

$$V = \frac{0.25 * Q_c * P_1 * T_o}{f_{\max} * \Delta p * T_1} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

P1: Presión barométrica del sitio de instalación (bar)

Δp : Diferencia entre la presión de carga y de descarga (ajuste del presostato)

T1: Temperatura de entrada (K)

To: Temperatura en el tanque acumulador (K)

f max: Frecuencia máxima de trabajo = 1/30 ciclos por segundo.

3.2.3.4 Unidades De Mantenimiento

La inspección de las unidades de mantenimiento proporciona información útil sobre la calidad del aire que distribuye el sistema y permite conocer el grado de mantenimiento que se brinda a tales unidades, también sirve para verificar si la unidad es apropiada para entregar el tipo de aire comprimido que se requiere para cada aplicación neumática

En la inspección de una unidad de mantenimiento se debe atender los siguientes aspectos:

- Identificar el diámetro, marca y tipo de unidad.

FRL: filtro regulador y lubricador

FR: filtro y regulador

R: regulador

- Evaluar el estado de los componentes.

Bueno, la unidad se encuentra en perfecto estado funcional

Regular, la unidad requiere mantenimiento inmediato

Malo, se recomienda su remplazo inmediato

- Observar los niveles de condensado en el filtro y aceite en el lubricador.
- Realizar purga manual de la unidad para detectar exceso de agua en la línea.

Terminado el dimensionamiento de los elementos neumáticos se procede a realizar el diseño del sistema neumático, para lograr esto utilizamos el programa **Festo FluidSim 3.6** el cual nos permite diseñar y simular el circuito.

A continuación en la figura 3.4 se muestra el circuito neumático implementado en el proyecto:

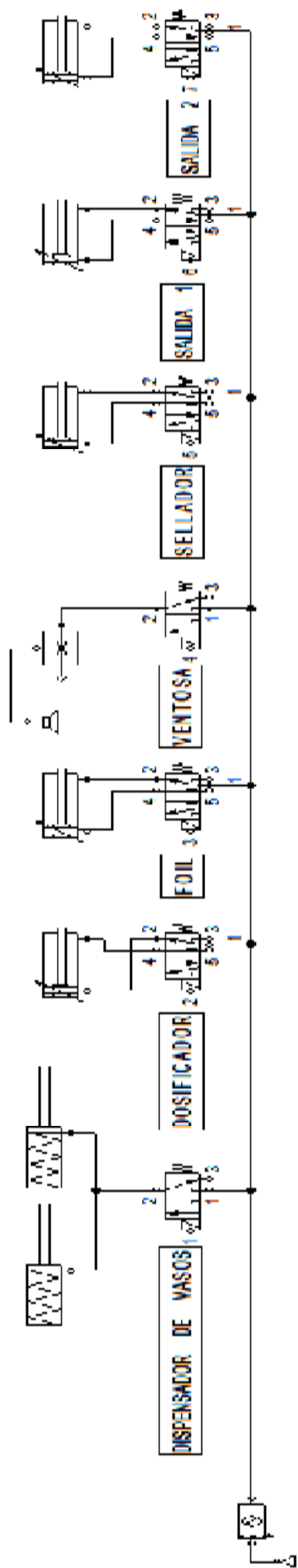


Fig. 3.4: Diagrama Neumático

Fuente: Propia del Autor

3.3 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

En el diseño del circuito de control intervienen todos los elementos eléctricos que conforman la máquina, ya que para el correcto diseño se debe tener en cuenta la cantidad de elementos a utilizar consiguiendo con esto un adecuado dimensionamiento de las protecciones eléctricas que es muy fundamental al momento de realizar cualquier circuito eléctrico o de control, estas protecciones ayudan a proteger a los equipos aumentando su vida útil.

3.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO

Para proceder a realizar el dimensionamiento de las protecciones eléctricas se debe determinar la corriente de consumo de cada uno de los elementos que conforman el circuito, en nuestra máquina tenemos los siguientes elementos:

- Motor reductor
 - Mini PLC
 - Bobinas electroválvulas x 7
 - Resistencia sellador
 - Luces piloto x 2
 - Relés auxiliares x 2
 - Controlador de temperatura
 - Temporizador
- Para el motor reductor, tenemos que de acuerdo a la carga de arrastre que efectuara el motor es necesario un motor de $\frac{1}{2}$ HP siendo esta la potencia necesaria para arrastre del plato giratorio. Conociendo ese parámetro se procede a calcular la corriente que circula.

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$$

Entonces:

$$1/2 \text{ HP} = 373 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{373}{110} = 3.4 \text{ A}$$

- El mini PLC que consume una corriente de 75 mA, (ver anexo 7).
- Las bobinas de las electroválvulas consumen una potencia de 7W cada bobina.

Entonces se procede a calcular su corriente:

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{7}{110} = 63 \text{ mA}$$

- La resistencia del sellador que tiene una potencia de 300 W

Donde:

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{300}{110} = 2.72 \text{ A}$$

Entonces tenemos que la corriente que consume la resistencia es de 2.72 A

- Relés auxiliares consume 1.5 W

De acuerdo a nuestros elementos tenemos que el consumo total de la corriente que circulara por el circuito será de:

Motor reductor	3.4 A
Mini PLC	75 mA
Bobinas electroválvulas x 7	63 mA c/u
Resistencia sellador	2.72 A
Luces piloto x 2	1 mA
Relés auxiliares x 2	25 mA
Controlador de temperatura	40 mA
Temporizador	25 mA

Total: 6.75 A

Al valor total de la corriente calculada se incrementa un 10 % de su valor para dimensionar la protección del circuito, entonces tenemos que:

La corriente es de 8.43 A, como en el mercado se encuentra disyuntores con valores estándares *por eso* se toma uno con el valor más aproximado al calculado, en nuestro caso es el de **10 A**.

Calculado las protecciones del circuito se procede a realizar el diseño de los circuitos, empezando por el primer diseño del circuito controlador de temperatura y luego con el circuito de control de toda la máquina.

3.3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL SELLADOR

El diseño del sistema de control de temperatura contempla controladores de temperatura existentes en el mercado, que generalmente son utilizados en hornos para fundir y realizar tratamientos térmicos a metales. Además se emplearán

contactores y termocuplas, para conformar todo el sistema de control de temperatura. La resistencia funciona independientemente, es decir que existe un sistema de control para de ella. Por lo que a continuación se explica cómo está integrado el sistema de control de temperatura. El controlador de temperatura seleccionado, posee las características que se necesita controlar adecuadamente la temperatura en el sellador, y nos brinda facilidad para trabajar con cualquier temperatura que se desee, mientras está este dentro el rango de trabajo del aparato.

<i>Controlador Electrónico de Temperatura</i>	
<i>Pantalla Digital</i>	
Marca:	CAMSCO
Tipo:	TC-72N
Voltaje:	110/220 V
Frecuencia:	50/60 Hz
Sensor de Temperatura	K, E, J, T, PT-100
Consumo de energía:	Aprox < 5 V
Rango de funcionamiento:	0 - 399 °C

Tabla 3.5. Especificaciones del Controlador de Temperatura

Fuente: Propia del Autor

Como se aprecia en la tabla 3.5 las especificaciones del controlador, este posee una pantalla digital, en la cual se indica la temperatura a la que se encuentra la resistencia que está controlando. El rango de funcionamiento de este controlador es de 0 a 399 °C, por lo que se puede trabajar con cualquier temperatura entre estos valores, la misma que es determinada por el selector de temperatura que posee este aparato. La pantalla y el selector de este controlador se puede apreciar en la figura 3.5.

Posee dos focos indicadores (lets), un verde y un rojo, al encenderse el verde indica que no se está enviando voltaje a la resistencia, o esta ha superado la temperatura deseada; al encenderse el foco rojo, indica está pasando voltaje a la resistencia, ya que la temperatura a descendido de la que se desea.



Fig. 3.5: Parte Delantera del Controlador de Temperatura

Fuente: Propia del autor

El controlador compara la temperatura fijada, con la temperatura que es registrada por las termocuplas tipo J, en un punto del cilindro sellador. Si la temperatura es mayor activa el contactor on/off, con lo que este restringe el paso de voltaje a las resistencias; en caso que la temperatura sea menor que la seleccionada desactiva el contactor y el voltaje de la fuente va hacia las resistencias. En la parte posterior del controlador se encuentran los bornes, en los cuales se conectan los cables que llegan de las termocuplas y del contactor. Estos bornes están distribuidos como lo muestra la figura 3.6.

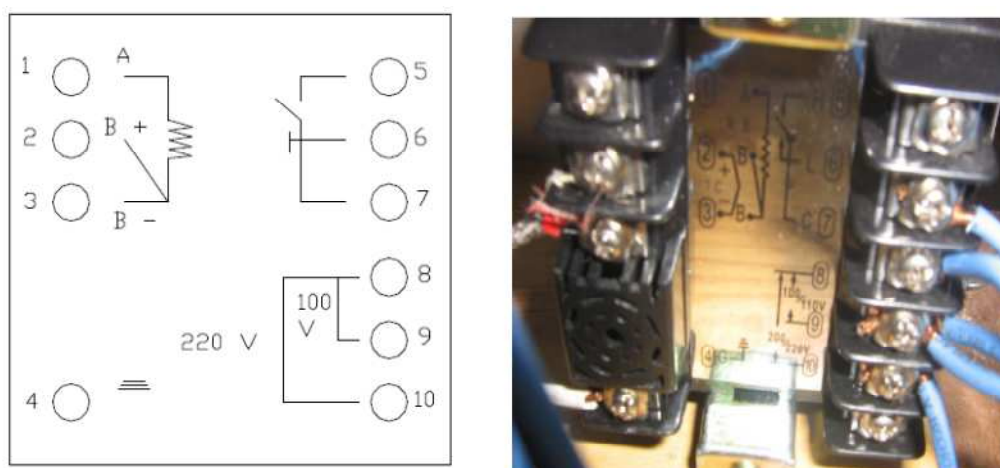


Fig. 3.6: Tomas Del Controlador Del Temperatura

Fuente: Propia del Autor

En los bornes 1,2 y 3 se conectarán los cables que provienen de la termocupla. La termocupla que se usa es tipo J, la cual posee únicamente dos cables por lo que se conectarán en los bornes 2 y 3. Como se trabajará con 110 voltios, la conexión se hará en los puntos 8 y 9, en caso que se trabaje con 220 voltios, se conectará en los puntos 8 y 10. Los puntos 5, 6 y 7, forman un circuito, que hace la función de interruptor el cual al está cerrado permite el paso de voltaje y al permanecer cerrado restringe el paso de voltaje. El punto 4 es tierra, con el fin de evitar algún daño en el controlado

3.3.3 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

Para que la máquina empiece a funcionar es necesario que el sellador se encuentre a la temperatura ideal de trabajo, una vez que el controlador detecte la temperatura inmediatamente activa el contactor del motor reductor, y a su vez los sensores y el micro switch para que empiece el proceso.

El proceso empieza cuando los vasos son depositados uno a uno en el respectivo agujero del plato, al momento de girar el plato este recorre por todos los diferentes procesos. Cada proceso tiene su propio sensor los cuales permiten que actúen independiente.

Una vez que el vaso llega a la posición del dosificado el sensor detecta y envía la señal para que actúe el cilindro neumático del dosificador, ya lleno el vaso el plato empieza a girar hasta llegar a la siguiente posición, que es para la colocación de las tapas de foil en los vasos. De igual manera tiene un sensor que al detectar el vaso, empieza tomando el foil mediante la ventosa y mediante otro cilindro baja hasta la posición donde está el vaso. Del mismo modo una vez terminado el proceso gira otra vez el plato hasta que llega a la siguiente posición que es la de sellado. En el que se sella herméticamente las tapas de foil con el vaso. Y al final vuelve a girar el plato a la posición en donde se encuentra el mecanismo de salida de vasos sin que estos sufran ningún daño.

Cabe señalar que estos pasos van en secuencia, eso quiere decir que mientras un vaso está dosificando el siguiente ya está siendo depositado en el agujero siguiente del plato, del mismo modo cuando llega a la posición donde se coloca la tapa, así sucesivamente hasta llegar a la última posición donde sale el envase ya terminado.

3.3.4 LÓGICA DE CONTROL

Al presionar el pulsador de marcha I1 acciona el controlador de temperatura mediante un contacto de salida Q1 del Mini PLC, el cual mediante la termocupla permite que se conecte o desconecte la resistencia, el pulsador a su vez conecta a un temporizador que permite que no inicie ninguna otra actividad sino hasta que la temperatura sea la adecuada, una vez transcurrido el tiempo necesario y haya llegado a la temperatura deseada, da la señal a un contacto de salida Q2 del Mini PLC para que active el contactor del motor reductor y así empiece a girar el plato.

Mediante un micro-switch I4 ubicado en la parte inferior de la caja reductora, envía una señal eléctrica el cual es receptado por el Mini PLC, este da una señal a un contacto de salida Q3 del Mini PLC, este está restringido su activación mediante una compuerta lógica AND con los contactos de salida del motor reductor y del temporizador que acciona el controlador de temperatura.

Para la activación de los procesos siguientes utilizamos sensores fotoeléctricos, entonces con el sensor 1 I5 y un contacto de Q2, se activa el contacto de salida Q4 del Mini PLC mediante una memoria RS.

Para la activar el contacto de salida Q5 del Mini PLC, debe enviar la señal del sensor 2 I6 y de un contacto de Q2. Del mismo modo para activar el contacto de salida Q6 del Mini PLC, se envía una señal del sensor 3 I7 y de un contacto de Q2.

Ahora para activar el contacto de salida Q7 del Mini PLC, debe enviar la señal del sensor capacitivo I8 y de un contacto de Q2, para la salida Q8 del Mini PLC se toma la señal del contacto de Q2 y de una compuerta lógica RS activado por un temporizador del contacto Q7.

Al momento de terminar el proceso tenemos que; con I2 el proceso termina parcialmente, hasta que termine de salir los vasos que quedan en el plato giratorio esto lo hacemos mediante un contador lógico, una vez terminado de salir todos los vasos la máquina se apaga totalmente. Mediante I3 (pulsador de emergencia) se puede detener el proceso en cualquier instante de la producción. En la tabla 3.6 se detallan las entradas y salidas del diagrama de control del Mini PLC.

Entradas		Salidas	
I1	Pulsador de marcha	Q1	Controlador de temperatura
I2	Pulsador de paro	Q2	Contactador del Motoreductor
I3	Paro de emergencia	Q3	Dispensador de vasos
I4	Microswitch	Q4	Dosificador
I5	Sensor de dosificado	Q5	Ventosa
I6	Sensor del foil	Q6	Sellador
I7	Sensor de sellado	Q7	Salida horizontal
I8	Sensor de salida	Q8	Salida vertical
I9	Relé auxiliar del tic	-	-

Tabla 3.6. Identificación de Bornes Del Mini PLC

Fuente: Propia del Autor

En la figura 3.7 se muestra el diagrama de control que se lo diseño para el proceso de dosificado y sellado, este diagrama se lo realizo en el programa de simulación LOGO SOFT 6.1, adecuado para realizar diseños y simulación. Realizado el diseñado, simulado y verificado su funcionamiento se procedió a la programación en el LOGO de manera manual. En los anexos se encuentran los diagramas: electroneumáticos, diagrama de mando general y diagrama de fuerza. Ver anexo 10

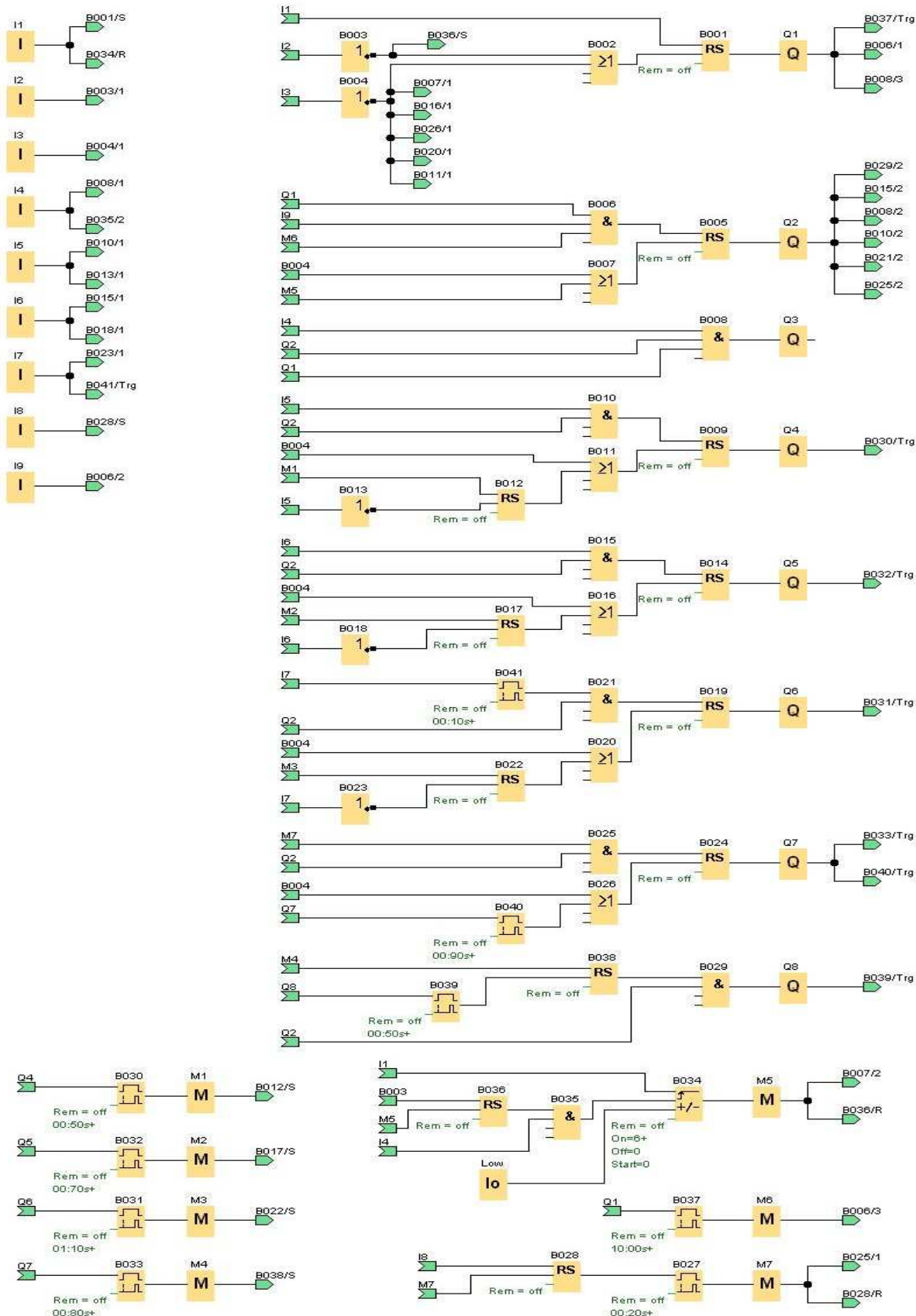


Fig. 3.7: Diagrama De Control Del PLC

Fuente: Propia del Autor

CAPITULO 4

4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1 PRUEBAS DE LOS COMPONENTES

Los componentes del sistema mecánico y eléctrico deben ser probados individualmente antes de iniciar con las pruebas de funcionamiento. Los primeros elementos en probarse son los que intervienen en el sistema mecánico, luego el sistema neumático, finalmente el sistema eléctrico y de control. A continuación se detallan cada uno de ellos.

4.1.1 PRUEBAS EN EL SISTEMA MECÁNICO

El primer paso es la prueba del sistema dispensador de vasos, el cual es un sistema complejo ya que sus componentes deben estar bien alineados y sincronizados para que su accionamiento se realice sin dificultad y el vaso caiga de manera adecuada.

El siguiente paso es la prueba del sistema de dosificación, el mismo que debe de estar bien centrado para que no se riegue el yogurt, cuando se agregue el producto en el envase ya que si el contorno del envase se moja, el sellado no se realizara adecuadamente.

Luego procedemos a la prueba del sistema de traslado y colocado de la tapa de aluminio en el vaso mediante la ventosa, la tapa debe de estar bien centrada ya que si no lo está al momento de proceder al sellado se podría producir pequeñas fugas del líquido.

Después procedemos a probar el sistema de sellado horizontal, el cual es el más complejo ya que sus componentes deben estar bien alineados y sincronizados para que su accionamiento se realice sin dificultad logrando así el resultado esperado.

El ultimo sistema mecánico probado es el sistema de retirado del producto terminado, el mismo que se encuentra después del sistema de sellado, este sistema debe de estar bien centrado para no tener ninguna dificultad al momento de retirar los envases.

4.1.2 PRUEBAS EN EL SISTEMA NEUMÁTICO

El sistema neumático es probado cuando el sistema mecánico está en óptimas condiciones. Para realizar estas pruebas es necesario aire comprimido a presión y flujo constante. Los elementos probados fueron válvulas y cilindros neumáticos tras varios ajustes que se tuvo que hacer funcionan correctamente.

4.1.3 PRUEBAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

Cuando los sistemas mecánico, neumático están totalmente probados y en óptimas condiciones, se procede a las pruebas del sistema de control.

Las pruebas realizadas en el sistema eléctrico y de control fueron pruebas de la corriente que circula por el todo el circuito para calcular la protección adecuada, luego la corriente del logo, entre borneras y cableado en general, desde el tablero de breakers hasta los elementos eléctricos. Además se realizó las respectivas pruebas a las electroválvulas verificando así su correcto funcionamiento.

Todo el sistema eléctrico y de control fue comprobado de acuerdo a los planos de los respectivos anexos en los cuales se detallan claramente la conexión del tablero de control.

4.1.4 PRUEBAS DE DOSIFICADO

El tiempo de dosificado fue obtenido de acuerdo a pruebas realizadas, tratando siempre que sea lo más pequeño posible y así incrementar la producción. Sin embargo el dosificado depende también de la velocidad de giro del plato giratorio, estas calibraciones se detallan en la tabla.

4.1.5 PRUEBAS DE SELLADO

El calentamiento es realizado con una niquelina y esta a su vez se encuentra conectada a un controlador de temperatura electrónico marca CAMSCO TC-72N conectada a una termocupla tipo K, la cual nos envía la señal al controlador una vez que llega a la temperatura seteada y para mantenerlo constante.

El calentamiento de la niquelina dura aproximadamente de 8 a 10 minutos, dependiendo de las condiciones ambientales.

La temperatura más apropiada para el bronce de sellado vertical esta oscilando entre 199°C a 201°C siendo los 200°C el valor seteado.

El controlador de temperatura tiene la propiedad de realizar el control PID, el mismo mantiene la pieza de bronce a temperatura constante y garantizan un buen sellado. De esta forma disminuye el desperdicio de material y número de paradas innecesarias de la máquina.

Para la calibración de parámetros PID se utiliza la función autotuning, una función automática que sirve para buscar los valores óptimos de las constantes del control PID, y se realiza con la temperatura de trabajo seteado. Este proceso puede durar varios minutos. Su duración y las perturbaciones dependen directamente de las cargas e inercias térmicas del proceso.

Una vez que el control PID se encuentre configurado la temperatura del proceso se mantendrá estable, respondiendo en forma óptima a cualquier perturbación que se produzca.

4.1.5.1 Calentamiento En El Bronce

El calentamiento del bronce es realizado por la niquelina y su temperatura varía con respecto al tiempo.

La temperatura de inicio es la temperatura ambiente en este caso es 15°C y el valor del set point es de 200°C. Una vez que la temperatura del bronce llega a su valor seteado empieza la producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El diseño de la máquina dosificadora-selladora de yogurt se ha desarrollado adaptando las necesidades reales de nuestro medio, demostrando que es posible construir una máquina que realice dos procedimientos que por lo general se realiza por separado.

La utilización de acero inoxidable en las diferentes partes de la máquina que está en contacto con el yogurt, garantiza que el proceso de dosificado y sellado sea higiénico.

Se construye un equipo totalmente desmontable a fin de facilitar el mantenimiento y recambio de partes. Todos los materiales y elementos que constituyen el equipo se seleccionan de acuerdo al stock existente en el mercado, con lo cual se evita complicaciones al momento de rediseñar o reponer algunos elementos.

Una de las soluciones para mejorar el proceso de dosificado y sellado de envases de yogurt, es la sustitución del sistema electromecánico tradicional por un sistema automático mediante el uso de un LOGO.

En caso de realizar alguna remodelación a la máquina y se desee disminuir el tiempo de giro del plato, se debe cambiar la relación de piñones del moto-reductor con el mecanismo de giro.

Para la dosificación de líquidos densos o viscosos como el yogurt, se selecciona el dosificador a pistón que nos permite regular los diferentes volúmenes requeridos, esto se lo realiza por medio de la carrera del pistón o el tiempo de accionamiento del mismo.

Debido a las diversas viscosidades del yogurt que existe, las características del dosificador a pistón nos permite ampliar su utilización para fluidos más viscosos y mas densos que el utilizado en el diseño.

De acuerdo a las pruebas realizadas en el equipo de sellado de envases yogurt, es importante tener un tiempo de precalentamiento de 9 a 10 minutos para que empiece a trabajar la máquina.

Con una temperatura de 180°C en el sellador se obtiene un 90% de termosoldabilidad entre la tapa de aluminio y el vaso.

Se construye un equipo de sellado térmico con características establecidas como: una temperatura de 200°C, un voltaje de 110v y una potencia de 300w; debido a que su construcción e implementación es fácil y versátil para el requerimiento de la máquina.

Los accionamientos neumáticos comandados electrónicamente nos ayudan a remplazar varios accionamientos mecánicos como levas, engranajes, cadenas entre otros que siempre están sujetos a mayor desgaste y descalibración.

El remplazo de los filtros de aire de presión en la unidad de mantenimiento y en la base manifold se deben realizar cada 6 meses, debido a que las partículas de suciedad pueden saturar los mismo provocando una caída de presión en los filtros, esto no quiere decir que la calidad de filtración se altere pero un filtro sucio significa una resistencia mayor a flujo de aire

Para la automatización de la máquina se utiliza un LOGO 12/24RC de 8 entradas analógicas y 4 salidas digitales con un modulo de ampliación LOGO DM 8 12/24RC de 4 entradas analógicas y 4 salidas digitales, el cual se encarga del control del proceso.

El LOGO es un equipo que no requiere mantenimiento debido a que internamente no posee partes móviles expuestos a algún tipo de deterioro por agentes externos.

La programación y cableado del LOGO debe ofrecer las condiciones necesarias de seguridad en cuanto a una corriente de 6A y un voltaje de 24V que circulan internamente en el equipo.

Los elementos de mando del sistema de control del proceso de dosificado y sellado tiene que ser diseñado de tal manera que no puedan ser accionados involuntariamente. Por ello se ha visto en la necesidad de colocar un paro de emergencia

El diseño de los circuitos eléctricos implementados en la automatización son importantes, debido a que nos sirven de guía para realizar las conexiones eléctricas y para dimensionar las respectivas protecciones.

RECOMENDACIONES

Construir todas las piezas de la máquina siguiendo todas las normas nacionales e internacionales vigentes tales como ajustes, acabados superficiales, materiales, etc.

Construir las piezas con los ajustes indicados en los planos ya que por ejemplo el ajuste de los rodamientos del mecanismo de giro tiene un ajuste incierto para que los rodamientos funcionen de la manera correcta.

Cuando se van a unir dos cordones de suelda es imprescindible que las superficies estén libres de escorias e impurezas que pueden provocar que se genere huecos u cuarteaduras en la suelda.

Las superficies delgadas como por ejemplo el contorno de los tubos componentes de la estructura de soporte de la maquina deben ser soldados con suelda TIG debido a que las superficies son muy delgadas para soldarlas con electrodo; además la suelda TIG no ensucia tanto al material como lo hace la suelda con electrodo.

Es recomendable el uso del LOGO cuando se desea reducir espacios dentro de un tablero de control, de la misma manera cuando se desee modificar funciones

posteriormente, sin tener la necesidad de montar un nuevo equipo y muchas de las veces ni cambiar el sistema de cableado.

Cuando se realiza un tablero de control siempre es necesario colocar luces de señalización para el operario.

Los filtros de aire de presión deben ser cambiados después de un periodo de trabajo de 6 meses aproximadamente.

Cualquier revisión, limpieza, cambio de cualquier elemento, etc. Se debe realizar con el equipo apagado para evitar cualquier tipo de accidente.

Cuando se realicen las operaciones de mantenimiento se deben eliminar los riesgos posibles, por este caso se debe descartar los riesgos eléctricos.

Realizar un mantenimiento preventivo conlleva a la detección de posibles averías, determinando una solución a tiempo.

Mediante la ejecución del proyecto se pudo observar las falencias de conocimientos de los procesos productivos, por los que se sugiere tener un mayor número de visitas técnicas a las industrias

BIBLIOGRAFÍA

Castillo, M, Metodología de Investigación, 2011 Pág.: 1-20

A Chevalier, dibujo industrial. Acotación, editorial. "LIMUSA", 2006,259p

Germánico Rosero. Ingeniería de Selección de Materiales. 1º Edición Quito-1993, 106p

Instituto Ecuatoriano De Normalización. Código de dibujo técnico – Mecánico serie normalización: 009. Quito-Ecuador 1989.145p

German Castro, (2009) "Control Industrial" Pág. 1-100

Fundamentos para la selección de materiales de uso en ingeniería, germánico rosero

Enrique Pérez, Jorge Acevedo, Celso Silva, José Quiroga. Autómatas Programables y Sistemas de Automatización. Sensores Industriales. Editorial Marcombo.

Ing. Vicente Toapanta; Folleto De Metrología Mecánica

Ing. Fernando Jácome; Folleto De Neumática

SI Straneo, R Consorti. El Dibujo Técnico Mecánico. Tolerancias de Trabajo, roscas, cojinetes de rodamientos. Editorial Montaner y Simón. Barcelona.

Guillermo Fernández Flores. Soldadura y Metalurgia, Soldadura de acero inoxidable, soldadura de arco y gas inerte. Editorial Continental México 1982.

Internet:

<http://www.monografias.com/trabajos10/roda/roda.shtml>

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

<http://www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/extra/productTablesList.jsp?&maincatalogue=1&lang=es>

http://es.wikipedia.org/wiki/Maquinaria_de_envasado

<http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

ANEXOS

ANEXO N° 1

Tabla de Especificaciones de los Tipos de
Acero Inoxidable, Ejes de Transmisión,
Bronce Según Normas

ANEXO N° 2

Tipos y Aplicaciones de Rodamientos

ANEXO N° 3

Tablas Usadas para Determinar Acoples
Mediante el Sistema ISO

ANEXO N° 4

Normas USA

ANEXO N° 5

Acabado Superficial

ANEXO N° 6

Rosca Métrica

ANEXO N° 7

Logo Siemens Serie 12/24RC

ANEXO N° 8

Sensores Optoelectrónicos

ANEXO N° 9

Reductores Motovario

ANEXO N° 10

Diagramas Eléctricos Y
Electroneumáticos

ANEXO N° 11

Nomogramas y Tablas Para Cálculo de
Tuberías Neumáticas

ANEXO N° 12

Tabla de Cilindros Normalizados