

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA
RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET DE 400 A
500 ml Y LATAS DE ALUMINIO DE 330 A 350 ml”**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

REALIZADO POR:

DIEGO FABRICIO SANDOVAL ESCOBAR

VÍCTOR HUGO USHIÑA FUENTES

DIRECTOR: ING. PATRICIO RIOFRÍO

CODIRECTOR: ING. FERNANDO MONTENEGRO

SANGOLQUÍ - ECUADOR

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Nosotros certificamos que el proyecto de grado titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET DE 400 Y 500 ml Y LATAS DE ALUMINIO DE 330 A 350 ml”, fue realizado en su totalidad por los Señores Diego Fabricio Sandoval Escobar y Víctor Hugo Ushiña Fuentes, con nuestra colaboración, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Patricio Riofrío
Director

Ing. Fernando Montenegro
Codirector

Sangolquí, 07 de Diciembre del 2011

HOJA DE LEGALIZACIÓN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA
RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET DE 400 Y 500 ml Y LATAS
DE ALUMINIO DE 330 A 350 ml”

ELABORADO POR:

Diego Fabricio Sandoval Escobar

Víctor Hugo Ushiña Fuentes

Ing. Xavier Sánchez
Director de la Carrera de Ingeniería Mecánica

Sangolquí, 07 de Diciembre del 2011

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Marco y Elvia que con su ejemplo, sabiduría y cariño han labrado el camino del éxito en mi vida, a mis hermanos Julio y Santiago por el apoyo y la comprensión, a mi sobrina Zoe que es la principal razón de que mi familia pueda permanecer unida y a mis cuñadas Linda y Tatiana por su guía, consejos y apoyo que incondicionalmente me entregan día a día por todo esto y por la felicidad que juntos compartimos de alcanzar metas como la de ser un nuevo profesional al servicio del desarrollo de nuestro país.

DIEGO FABRICIO SANDOVAL ESCOBAR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me dio fuerza y la capacidad de culminar este proyecto.

Agradezco al Ing. Fernando Montenegro y al Ing. Patricio Riofrío, catedráticos de prestigio de la ESPE que nos apoyaron en todo momento y que nos ayudaron académicamente con sus conocimientos a la exitosa finalización del Proyecto.

Agradezco al Ing. Javier Córdova, supervisor mecánico de AZUL, por el tiempo brindado en compartir sus enseñanzas y consejos oportunos para que este trabajo llegue a un fin satisfactorio.

Agradezco a Víctor Ushiña, compañero de tesis y gran amigo que con constancia y esfuerzo llevó adelante este proyecto en los momentos más difíciles.

Agradezco a mis amigos y colegas de carrera que como compañeros de carrera estuvieron presentes compartiendo diariamente el esfuerzo y la superación profesional para juntos alcanzar la meta de ser ingenieros.

DIEGO FABRICIO SANDOVAL ESCOBAR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Bolívar y Fanny ya que con su sabiduría, cariño y lucha han labrado el camino del éxito en mi vida, a mis tíos Segundo y Mery por la guía y consejos, a mis primos Estalin, Paola por su apoyo que incondicionalmente me entregaron día a día y por la felicidad que juntos compartimos de alcanzar metas como la de ser un nuevo profesional.

VÍCTOR HUGO USHIÑA FUENTES

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me dio la fuerza y la capacidad de culminar este proyecto.

Agradezco al Ing. Patricio Riofrío y al Ing. Fernando Montenegro, catedráticos de prestigio de la ESPE que apoyaron en todo momento y ayudaron académicamente con sus conocimientos a la exitosa finalización del proyecto.

Agradezco a Diego Sandoval, compañero de tesis y gran amigo que con constancia y esfuerzo llevo adelante este proyecto en los momentos más difíciles.

Agradezco a mis amigos y colegas de carrera que como compañeros de carrera estuvieron presentes compartiendo diariamente el esfuerzo y la superación profesional para juntos alcanzar la meta de ser ingenieros.

VÍCTOR HUGO USHIÑA FUENTES

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	XXI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XXIV
RESUMEN.....	XXX

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.4.	OBJETIVOS.....	4
1.4.1.	GENERAL.....	4
1.4.2.	ESPECÍFICOS.....	4
1.5.	ALCANCE.....	4

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

2.1.	FUNDAMENTOS DEL RECICLAJE.....	5
2.2.	RECICLADO DE PLÁSTICO.....	5
2.2.1.	MÉTODOS DE RECICLADO.....	6
2.2.1.1.	RECICLADO MECÁNICO.....	6
2.2.1.2.	RECICLADO QUÍMICO.....	7
2.3.	RECICLADO DE ALUMINIO.....	9
2.3.1.	MÉTODO DE RECICLADO.....	9
2.3.1.1.	FUNDICIÓN.....	9
2.3.1.2.	VENTAJAS DEL RECICLADO DE ALUMINIO.....	11
2.4.	TIPOS DE MÁQUINAS COMPACTADORAS.....	11
2.4.1.	COMPACTADORAS.....	11

2.4.2.	TRITURADORAS.	12
2.4.3.	GRANULADORAS.....	13
2.5.	PROBLEMAS AMBIENTALES EN EL ECUADOR.	14
2.6.	FUNDAMENTOS NEUMÁTICOS.	15
2.6.1.	VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.....	16
2.6.2.	DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.	16
2.6.3.	APLICACIONES INDUSTRIALES.	17
2.6.4.	PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO.....	17
2.6.5.	PRINCIPIOS FÍSICOS.....	18
2.6.5.1.	LEY DE GASES IDEALES.	18
2.6.5.2.	LEY DE BOYLE – MARIOTTE.....	18
2.6.5.3.	LEY DE CHARLES.	19
2.6.5.4.	LEY DE GAY-LUSSAC.....	19
2.6.6.	ELEMENTOS Y ACCESORIOS.	19
2.6.6.1.	COMPRESOR.	19
2.6.6.2.	VÁLVULAS.	24
2.6.6.3.	TEMPORIZADOR.....	29
2.6.6.4.	ACTUADORES.....	29
2.6.6.5.	SENSORES NEUMÁTICOS.....	31

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

3.1.	ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA.....	33
3.1.1.	ESTADÍSTICA.	33
3.1.1.2.	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.	33
3.1.1.3.	ESTADÍSTICA INFERENCIAL.....	33
3.1.2.	NÚMERO DE ENCUESTAS.....	35
3.1.3.	MODELO DE ENCUESTA.....	37

3.1.4.	TABULACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS.....	39
3.2.	FUNCIONES, REQUISITOS DE DISEÑO Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	45
3.2.1.	FUNCIONES.....	45
3.2.2.	REQUISITOS DE DISEÑO.....	45
3.2.3.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	46
3.3.	ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA.....	47
3.3.1.	DIAGRAMA DE PROCESO.....	47
3.3.2.	ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	49
3.4.	CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONALIDAD.....	52
3.4.1.	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	52
3.4.2.	OPERATIVIDAD DEL PROCESO.....	53
3.4.3.	RECONOCIMIENTO DEL PRODUCTO ANTES DE LA COMPACTACIÓN.....	54
3.4.4.	COMPACTACIÓN DEL PRODUCTO.....	54
3.4.5.	SEPARACIÓN DEL PRODUCTO A SU COMPARTIMIENTO.....	55
3.4.6.	MANTENIMIENTO.....	55
3.5.	CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN.....	55
3.5.1.	FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.....	56
3.5.2.	COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	56
3.6.	MATRIZ DE DECISIONES.....	56
3.6.1.	CILINDRO NEUMÁTICO.....	56
3.6.2.	MONTAJE DEL CILINDRO.....	56
3.6.3.	SENSORES.....	57
3.6.4.	SISTEMAS DE SEPARACIÓN DEL PRODUCTO.....	58
3.6.5.	COMPRESOR.....	58
3.6.6.	VÁLVULAS Y SISTEMA DE CONTROL.....	59

3.7.	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y ESPECIFICACIONES DE UNA SOLUCIÓN.....	60
------	--------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 4. CÁLCULO Y DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA

4.1.	DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	61
4.2.	ENSAYOS DE COMPRESIÓN A BOTELLAS PLÁSTICAS PET Y LATAS DE ALUMINIO.....	61
4.2.1.	DISEÑO DE ÉMBOLO Y CAMISA DE PRUEBA.....	64
4.2.2.	ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y MEDICIÓN DE FUERZA CRÍTICA.....	65
4.3.	DISEÑO DE LA LÍNEA NEUMÁTICA Y ELÉCTRICA.....	70
4.4.	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	75
4.4.1.	CILINDROS NEUMÁTICOS.....	75
4.4.1.1.	CILINDRO COMPACTADOR.....	75
4.4.1.2.	CILINDRO PERFORADOR.....	85
4.4.1.3.	CILINDROS SECUNDARIOS.....	95
4.4.1.3.1.	CILINDRO DE ACCESO PRINCIPAL.....	95
4.4.1.3.2.	CILINDRO DE COMPUERTAS DE CAMISA.....	101
4.4.1.3.3.	REGULACIÓN DEL CAUDAL DEL CILINDRO COMPACTADOR.....	106
4.4.1.3.4.	REGULACIÓN DEL CAUDAL DEL CILINDRO DE ACCESO PRINCIPAL.....	108
4.4.1.3.5.	SOPLADORES NEUMÁTICOS.....	109
4.4.1.4.	CONSUMO TOTAL DE AIRE.....	110
4.4.2.	COMPRESOR.....	110
4.4.2.1.	HIPÓTESIS DE CONSUMO.....	110
4.4.2.1.1.	COEFICIENTE DE USO (C_u).....	111
4.4.2.1.2.	COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD (C_s).....	111
4.4.2.2.	CAUDAL QUE DEBE PROPORCIONAR EL COMPRESOR.....	112

4.4.2.2.1.	COEFICIENTE DE MAYORACIÓN PARA FUTURAS AMPLIACIONES (C_{MA}).	113
4.4.2.2.2.	COEFICIENTE DE MAYORACIÓN POR FUGAS (C_{MF}).	113
4.4.2.2.3.	COEFICIENTE DE CICLO DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR (C_{CC}).	113
4.4.2.2.4.	INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN EL PROCESO DE COMPRESIÓN.	113
4.4.2.3.	CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL DEPÓSITO DE REGULACIÓN.	116
4.4.3.	ELECTROVÁLVULAS.	118
4.4.4.	SENSOR CAPACITIVO.	119
4.4.5.	ELEMENTOS ADICIONALES.	120
4.4.6.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.	121
4.5.	DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA.	122
4.5.1.	DISEÑO DEL BASTIDOR.	122
4.5.1.1.	CAMISA DE COMPACTACIÓN.	124
4.5.1.2.	PERNOS DE SUJECIÓN DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS Y MECÁNICOS.	130
4.5.1.2.1.	PERNOS DE SUJECIÓN DEL CILINDRO COMPACTADOR.	130
4.5.1.2.2.	PERNOS DE SUJECIÓN DEL CILINDRO PERFORADOR.	135
4.5.1.2.3.	PERNOS DE SUJECIÓN DE LA CAMISA DE COMPACTACIÓN.	138
4.5.1.3.	DISEÑO DEL CONDUCTO DE INGRESO.	140
4.5.1.4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN DEL PRODUCTO.	140
4.5.1.5.	DISEÑO DE PUNTA DE PERFORACIÓN.	143
4.5.1.6.	DISEÑO DEL ÉMBOLO DE COMPACTACIÓN.	143
4.5.1.7.	DISEÑO DE TAPA DE INGRESO.	144
4.5.1.8.	DISEÑO DE GUÍA DE COMPUERTAS Y COMPUERTAS DE CAMISA DE COMPACTACIÓN.	145

4.5.1.9.	CUBÍCULO DE INGRESO.....	147
4.5.10.	ESTRUCTURA SOPORTE DE CILINDROS.	147
CAPÍTULO 5. CONTRUCCIÓN - MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA.		
5.1.	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET DE 400 A 500 ML Y LATAS DE ALUMINIO DE 330 A 350 ML.	149
5.1.1.	LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS.	149
5.2.	DIAGRAMAS DE PROCESOS.....	155
5.3.	CONSTRUCCIÓN DE PARTES.	180
5.4.	INSTRUCCIONES DE MONTAJE-MANTENIMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS.....	185
5.4.1.	MONTAJE Y MANTENIMIENTO.	185
5.4.2.	PLANOS DE MONTAJE.	185
5.4.3.	LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS DENTRO DE LA MÁQUINA RECICLADORA.....	188
5.5.	MONTAJE DE LA MÁQUINA RECICLADORA DE LATAS DE ALUMINIO Y BOTELLAS PLÁSTICAS.....	189
5.5.1.	ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.	189
5.5.2.	SISTEMA ELECTRO-NEUMÁTICO.	189
5.6.	DIAGRAMAS DE MONTAJE.	190
CAPÍTULO 6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACIÓN.		
6.1.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	201
6.2.	ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS.....	202
6.3.	CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.	208
CAPÍTULO 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.		
7.1.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.	213
7.1.1.	COSTOS DIRECTOS.....	213

7.1.1.1.	COSTOS DE MATERIA PRIMA.....	213
7.1.1.2.	COSTOS DE COMPONENTES COMPLEMENTARIOS.....	213
7.1.1.3.	COSTOS DE USO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.....	214
7.1.1.4.	COSTOS DE MANO DE OBRA.....	214
7.1.2.	COSTOS INDIRECTOS.....	214
7.2.	EVALUACIÓN FINANCIERA.....	218
7.2.1.	VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	218
7.2.2.	TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR).....	220
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		
	CONCLUSIONES.....	221
	RECOMENDACIONES.....	222
	BIBLIOGRAFÍA.....	223
	ANEXOS.....	225

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.1.	Tabla de Consumo de Bebidas.	Pág.39
Tabla 3.1.2.	Tabla de Tipo de Envases de Mayor Consumo.	Pág.40
Tabla 3.1.3.	Tabla de Consumo Diario de Bebidas Plásticas y Aluminio.	Pág.40
Tabla 3.1.4.	Tabla del Lugar de Consumo de Bebidas.	Pág.41
Tabla 3.1.5.	Tabla de Existencia de la Máquina Recicladora para estos Desechos.	Pág.42
Tabla 3.1.6.	Tabla de Ubicación de la Máquina.	Pág.43
Tabla 3.4.1.	Matriz de Decisión de Alternativas de Diseño de Máquina Recicladora.	Pág.53
Tabla 3.6.1.	Matriz de Decisión de Elección del Compresor.	Pág.58
Tabla 4.2.1.	Dimensiones y Pesos de Envases Plásticos.	Pág.62
Tabla 4.2.2.	Dimensiones y Pesos de Latas de Aluminio.	Pág.64
Tabla 4.2.3.	Fuerzas de Compactación en Latas de Aluminio.	Pág.66
Tabla 4.2.4.	Fuerzas de Compactación y Perforación en Envases Plásticos.	Pág.67
Tabla 4.4.1.	Características Generales de Cilindro. Serie 40.	Pág.76
Tabla 4.4.2.	Tabla de Fuerzas de los Cilindros. Serie 40.	Pág.76
Tabla 4.4.3.	Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Doble Efecto. Serie 40.	Pág.77
Tabla 4.4.4.	Tabla de Consumos de los Cilindros. Serie 40.	Pág.78
Tabla 4.4.5.	Características Generales de Cilindros. Serie MCQP.	Pág.82
Tabla 4.4.6.	Tabla de Fuerzas de los Cilindros. Serie MCQP.	Pág.83
Tabla 4.4.7.	Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Doble Efecto. Serie MCQP.	Pág.84
Tabla 4.4.8.	Tabla de Consumos de los Cilindros Serie MCQP.	Pág.84
Tabla 4.4.9.	Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Simple Efecto. Serie 40.	Pág.97
Tabla 4.4.10.	Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Simple Efecto. Serie MCQP.	Pág.99

Tabla 4.4.11.	Tabla de Consumo Total de Aire para $n = 4$.	Pág.110
Tabla 4.4.12.	Tabla de Simultaneidad.	Pág.111
Tabla 4.4.13.	Variación de la Presión, Densidad y Temperatura Ambiental con la Altitud.	Pág.115
Tabla 4.4.14.	Tabla de Electroválvulas.	Pág.118
Tabla 4.4.15.	Tabla de Accesorios.	Pág.120
Tabla 5.1.1.	Lista de Materiales no Maquinados.	Pág.149
Tabla 5.1.2.	Lista de Materiales Maquinados.	Pág.151
Tabla 6.2.1.	Distancia de Separación entre el Sensor Capacitivo 1 y el Sensor Capacitivo 2.	Pág.202
Tabla 6.2.2.	Abertura de Válvula Unidireccional.	Pág.203
Tabla 6.2.3.	Abertura de la Válvula Bidireccional.	Pág.204
Tabla 6.2.4.	Posicionamiento de Sopladores para Latas de Aluminio.	Pág.205
Tabla 6.2.5.	Posicionamiento de Sopladores para Botellas Plásticas PET.	Pág.206
Tabla 6.2.6.	Distancia de Compactación de Envases Metálicos y Plásticos.	Pág.207
Tabla 7.1.1.	Costos de Materia Prima.	Pág.215
Tabla 7.1.2.	Costos de Componentes Complementarios.	Pág.216
Tabla 7.1.3.	Costos de Uso de Máquinas y Herramientas.	Pág.217
Tabla 7.1.4.	Costos de Mano de Obra.	Pág.217
Tabla 7.1.5.	Costos Directos.	Pág.217
Tabla 7.1.6.	Costos Indirectos.	Pág.217
Tabla 7.1.7.	Costo Total de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas y Latas de Aluminio.	Pág.218
Tabla 7.2.1.	Costos del Reciclado de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.	Pág.219
Tabla 7.2.2.	Cálculo del VAN.	Pág.220
Tabla 7.2.3.	Tasa Interna de Rendimiento (TIR).	Pág.220

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.1.	Proceso de reciclado mecánico del plástico.	Pág.6
Figura 2.2.2.	Proceso de reciclado químico del plástico.	Pág.7
Figura 2.3.1.	Proceso de reciclado del aluminio.	Pág.10
Figura 2.4.1.	Compactadora de envases PET.	Pág.12
Figura 2.4.2.	Trituradora de plástico.	Pág.13
Figura 2.4.3.	Granuladora de plástico.	Pág.14
Figura 2.6.1.	Circuito neumático.	Pág.16
Figura 2.6.2.	Compresor de Pistón.	Pág.20
Figura 2.6.3.	Compresor de Diafragma.	Pág.21
Figura 2.6.4.	Compresor Multicelular.	Pág.21
Figura 2.6.5.	Compresor de Tornillo.	Pág.22
Figura 2.6.6.	Compresor Roots.	Pág.22
Figura 2.6.7.	Compresor Axial.	Pág.23
Figura 2.6.8.	Compresor Radial.	Pág.24
Figura 2.6.9.	Válvula de asiento esférico.	Pág.25
Figura 2.6.10.	Válvula de corredera longitudinal.	Pág.26
Figura 2.6.11.	Válvula de corredera y cursor.	Pág.26
Figura 2.6.12.	Válvula giratoria.	Pág.26
Figura 2.6.13.	Cilindro de Simple Efecto.	Pág.30
Figura 2.6.14.	Cilindro de Doble Efecto.	Pág.30
Figura 3.1.1.	Relación entre una muestra y una población.	Pág.35
Figura 3.3.1.	Máquina recicladora vertical.	Pág.49
Figura 3.3.2.	Máquina recicladora horizontal.	Pág.50
Figura 3.3.3.	Máquina recicladora vertical de doble camisa.	Pág.51
Figura 3.3.4.	Máquina recicladora de doble compartimiento.	Pág.52
Figura 3.6.1.	Montaje de Cilindro.	Pág.57
Figura 4.2.1.	Diseño de Camisa de Prueba.	Pág.64
Figura 4.2.2.	Diseño del Émbolo de Prueba.	Pág.65
Figura 4.2.3.	Máquina de Ensayos Universales MTS	Pág.65
Figura 4.3.1.	Prototipo de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.	Pág.71

Figura 4.4.1.	Tipos de Carga.	Pág.80
Figura 4.4.2.	Válvula Reguladora de Flujo Bidireccional. Serie RFU.	Pág.106
Figura 4.4.3.	Válvula Reguladora de Flujo Unidireccional. Serie RFO.	Pág.108
Figura 4.4.4.	Compresor de Pistón.	Pág.118
Figura 4.4.5.	Sensor Capacitivo M18. Serie CR.	Pág.119
Figura 4.5.1.	Elementos de la Máquina Recicladora.	Pág.123
Figura 4.5.2.	Camisa de Compactación.	Pág.124
Figura 4.5.3.	Esquema de Soldadura de Placas.	Pág.125
Figura 4.5.4.	Carga Generada por el Cilindro Compactador de la Camisa.	Pág.127
Figura 4.5.5.	Junta Empernada del Cilindro Compactador.	Pág.131
Figura 4.5.6.	Distribución de Pernos en el Cilindro Compactador.	Pág.133
Figura 4.5.7.	Junta Empernada del Pistón Perforador.	Pág.135
Figura 4.5.8.	Distribución de Pernos en el Cilindro Perforador.	Pág.137
Figura 4.5.9.	Junta Empernada de la Camisa de Compactación.	Pág.139
Figura 4.5.10.	Conducto de Ingreso.	Pág.140
Figura 4.5.11.	Rampa de Separación.	Pág.141
Figura 4.5.12.	Abrazadera de Rampa y Conducto de Separación.	Pág.141
Figura 4.5.13.	Guía de Sopladores.	Pág.142
Figura 4.5.14.	Conductos de Separación.	Pág.142
Figura 4.5.15.	Punta de Perforación.	Pág.143
Figura 4.5.16.	Émbolo de Compactación.	Pág.144
Figura 4.5.17.	Tapa de Ingreso.	Pág.145
Figura 4.5.18.	Guía de Compuertas de Camisa de Compactación.	Pág.145
Figura 4.5.19	Compuerta #1 de Camisa de Compactación.	Pág.146
Figura 4.5.20.	Compuerta #2 de Camisa de Compactación.	Pág.146
Figura 4.5.21.	Acople de Tapa de Camisa de Compactación.	Pág.146

Figura 4.5.22.	Cubículo de Ingreso.	Pág.147
Figura 4.5.23.	Estructura Soporte de Cilindros.	Pág.148
Figura 5.3.1.	Punta de Perforación.	Pág.181
Figura 5.3.2.	Conducto de Ingreso.	Pág.181
Figura 5.3.3.	Émbolo de Compactación.	Pág.181
Figura 5.3.4.	Soporte, Carriles y Camisa de Compactación.	Pág.182
Figura 5.3.5.	Compuerta #1 de Camisa de Compactación.	Pág.182
Figura 5.3.6.	Compuerta #2 de Camisa de Compactación.	Pág.182
Figura 5.3.7.	Acoples de Compuerta.	Pág.183
Figura 5.3.8.	Guía de Compuerta de Camisa.	Pág.183
Figura 5.3.9.	Compuerta de Acceso Principal.	Pág.183
Figura 5.3.10	Cubículo de Ingreso.	Pág.184
Figura 5.3.11.	Conducto y Rampa de Separación.	Pág.184
Figura 5.3.12.	Estructura Soporte de Cilindros.	Pág.184
Figura 5.4.1.	Símbolo Correspondiente al Sistema Europeo de Disposición de Vistas.	Pág.186
Figura 5.4.2.	Ejemplo de Representación de Piezas Según el Sistema Europeo.	Pág.187
Figura 6.3.1.	Prototipo de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.	Pág.209
Figura 6.3.2.	Caja de Control del Usuario, Cajas de Sensores y Cubículo de Ingreso de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.	Pág.209
Figura 6.3.3.	Sopladores de Aire Para las Botellas Plásticas y Latas de Aluminio, Depósito de Botellas Plásticas y Latas de Aluminio.	Pág.209
Figura 6.3.4.	Pulsador de Reseteo, Cilindro Para las Tapas de Camisa y Cilindro Compactador.	Pág.210
Figura 6.3.5	Camisa de Compactación.	Pág.210
Figura 6.3.6.	Unidad FRL.	Pág.210
Figura 6.3.7.	Transformador de Voltaje de 110V a 24V.	Pág.211
Figura 6.3.8.	Cilindro Compactador.	Pág.211
Figura 6.3.9.	Sensores Capacitivos 1 y 2.	Pág.211

- Figura 6.3.10. Punta de Perforación y Tapas de Camisa de Pág.212
Compactación.
- Figura 6.3.11. Depósito para latas de Aluminio de 330 a 350 ml. Pág.212
- Figura 6.3.12. Depósito para Botellas Plásticas PET de 400 a Pág.212
500 ml.

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 2.6.1.	Tipos de compresores.	Pág.20
Diagrama 2.6.2.	Temporizador.	Pág.29
Diagrama 3.1.1.	Diagrama de Pastel de Consumo de Bebidas.	Pág.39
Diagrama 3.1.2.	Diagrama de Pastel de Tipo de Envase de Mayor Consumo.	Pág.40
Diagrama 3.1.3.	Diagrama de Pastel Del Consumo Diario de Bebidas Plásticas y Aluminio.	Pág.41
Diagrama 3.1.4.	Diagrama de Pastel del Lugar de Consumo de Bebidas.	Pg.42
Diagrama 3.1.5.	Diagrama de Pastel de Existencia de la Máquina Compactadora para estos Desechos.	Pág.43
Diagrama 3.1.6.	Diagrama de Pastel de Ubicación de la Máquina.	Pág.44
Diagrama 3.3.1.	Diagrama de Procesos.	Pág.48
Diagrama 4.3.1.	Diagrama de Potencia.	Pág.72
Diagrama 4.3.2.	Diagrama de Control.	Pág.73
Diagrama 4.4.1.	Diagrama de Pandeo.	Pág.79
Diagrama 4.4.2.	Reguladores de Flujo Bidireccional, Conexión G 3/8”.	Pág.107
Diagrama 4.4.3.	Reguladores de Flujo Unidireccional, Conexión G 1/8”.	Pág.108
Diagrama 4.5.1.	Diagrama de Fuerza Cortante.	Pág.128
Diagrama 4.5.2.	Diagrama de Momento Flector.	Pág.129
Diagrama 5.2.1.	Proceso de Construcción de Punta de Perforación.	Pág.155
Diagrama 5.2.2.	Proceso de Construcción del Conducto de Ingreso.	Pág.156
Diagrama 5.2.3.	Proceso de Construcción del Émbolo de Compactación.	Pág.157

Diagrama 5.2.4.	Proceso de Construcción de la Camisa de Compactación.	Pág.158
Diagrama 5.2.5.	Proceso de Construcción de Soportes de Camisa de Compactación.	Pág.159
Diagrama 5.2.6.	Proceso de Construcción de Carriles Superiores de Camisa de Compactación.	Pág.160
Diagrama 5.2.7.	Proceso de Construcción de Carriles Inferiores de Camisa de Compactación.	Pág.161
Diagrama 5.2.8.	Proceso de Construcción de Compuerta #1 de Camisa de Compactación.	Pág.162
Diagrama 5.2.9.	Proceso de Construcción de Compuerta #2 de Camisa de Compactación.	Pág.163
Diagrama 5.2.10.	Proceso de Construcción de Acople de Compuertas.	Pág.164
Diagrama 5.2.11.	Proceso de Construcción de Guía de Compuerta de Camisa.	Pág.165
Diagrama 5.2.12.	Proceso de Construcción de Compuerta de Acceso Principal.	Pág.166
Diagrama 5.2.13.	Proceso de Construcción de Cubículo de Entrada.	Pág.167
Diagrama 5.2.14.	Proceso de Construcción de Conducto de Separación.	Pág.168
Diagrama 5.2.15.	Proceso de Construcción de Rampa de Separación.	Pág.169
Diagrama 5.2.16.	Proceso de Construcción de Mesa de Sujeción del Compresor.	Pág.170
Diagrama 5.2.17.	Proceso de Construcción de Paredes.	Pág.171
Diagrama 5.2.18.	Proceso de Construcción de Mesa de Sujeción de Camisa.	Pág.172
Diagrama 5.2.19.	Proceso de Construcción de Mesa de Sujeción de Estantes.	Pág.173
Diagrama 5.2.20.	Proceso de Construcción de Pared	Pág.174

	Soporte de Unidad FRL.	
Diagrama 5.2.21.	Proceso de Construcción de Guía de Sopladores.	Pág.175
Diagrama 5.2.22.	Proceso de Construcción de Abrazadera para Rampa y Conducto de Separación.	Pág.176
Diagrama 5.2.23.	Proceso de Construcción de Estructura Soporte de Cilindros.	Pág.177
Diagrama 5.2.24.	Proceso de Construcción de Estructura Soporte.	Pág.178
Diagrama 5.2.24.	Proceso de Construcción de Caja de Sensores.	Pág.179
Diagrama 5.2.25.	Proceso de Construcción de Caja de PLC.	Pág.180
Diagrama 5.6.1.	Montaje de la Máquina.	Pág.190

ÍNDICE DE PLANOS

Plano MC-PF-01	Punta de Perforación.
Plano MC-CI-02	Conducto de Ingreso.
Plano MC-EB-03	Émbolo de Compactación.
Plano MC-CC-04	Camisa de Compactación.
Plano MC-SC-05	Carriles Superiores y Soportes de Camisa de Compactación.
Plano MC-CI-06	Carriles Inferiores de Camisa de Compactación.
Plano MC-CCF-07	Camisa de Compactación.
Plano MC-TC-08	Compuerta de Camisa de Compactación.
Plano MC-AT-09	Acople para Compuertas y Camisa de Compactación.
Plano MC-GC-10	Guía de Compuerta de Camisa.
Plano MC-CA-11	Compuerta de Acceso Principal.
Plano MC-CE-12	Cubículo de Entrada.
Plano MC-CS-13	Conducto de Separación.
Plano MC-RS-14	Rampa de Separación.
Plano MC-PL-15	Paredes y Cubierta.
Plano MC-MS-16	Mesa de Sujeción de Camisa.
Plano MC-ME-17	Mesa de Sujeción de Estantes y Pared Soporte de Unidad FRL.
Plano MC-GA-18	Guía de Sopladores y Abrazadera de rampa y Conducto de Separación.
Plano MC-CV-19	Columnas y Vigas Principales.
Plano MC-Es-20	Estructura Soporte y Estructura de Cilindros.
Plano MC-CS-21	Caja de PLC y Sensores.
Plano MC- MC-22	Prototipo de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas PET de 400 a 500 ml y Latas de Aluminio de 330 a 350 ml.
Plano MC-DES-23	Prototipo de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas PET de 400 a 500 ml y Latas de Aluminio de 330 a 350 ml.
Plano MC-IE-01	Instalación Eléctrica.

NOMENCLATURA UTILIZADA.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
P	Presión	At
V	Volumen	Lt
T	Temperatura	K
P1	Presión 1	At
P2	Presión 2	At
V1	Volumen 1	Lt
V2	Volumen 2	Lt
T1	Temperatura 1	K
T2	Temperatura 2	K
n	Muestra	
N	Población	
Z	Nivel de Confianza	
E	Grado de Error	
p	Probabilidad de Ocurrencia	
q	Probabilidad de No Ocurrencia	
A	Número de Latas de Aluminio	
P	Número de Botellas Plásticas	
FS	Factor de Seguridad	
Fp	Fuerza Crítica de Compactación	N
Fmax	Fuerza Permisible de Compactación	N
D	Diámetro del Cilindro	Mm
d	Diámetro del vástago	Mm
F1	Fuerza de Avance	N
F2	Fuerza de Retroceso	N
l1	Carrera del Cilindro	Mm
nc	Número de Ciclos por Minuto	
Qs	Consumo de Aire en la Carrera de Avance	Lts/min
Qf	Consumo de Aire en la Carrera de Retroceso	Lts/min
Qn	Consumo Total de Aire	Lts/min
l2	Largo Sujeto a pandeo	Mm

Sn	Coeficiente de Seguridad	
Sk	Largo Libre de Pandeo	mm
Ea	Módulo de Elasticidad del Acero	N/mm ²
J	Momento de Inercia	mm ⁴
Fk	Fuerza de Pandeo Admisible	N
Fe	Fuerza Crítica de Perforación	N
Fem	Fuerza Permisible de Perforación	N
P	Presión de Trabajo	MPa
Aa	Área de Trabajo	mm ²
Qb	Consumo de Aire del Regulador de Caudal	Lts/min
Qu	Consumo de Aire del Regulador de Caudal	Lts/min
Qsn	Consumo de Aire del Soplador de Aire	Lts/min
Qsnf	Consumo de Aire del Soplador para n ciclos	Lts/min
Cu	Coeficiente de Uso	
Cs	Coeficiente de Simultaneidad	
Qesp	Consumo Específico	
Q1	Consumo del Cilindro Compactador	Lts/min
Q2	Consumo del Cilindro Perforador	Lts/min
Q3	Consumo del Cilindro de Compuertas de Camisa	Lts/min
Q4	Consumo del Cilindro de Acceso Principal	Lts/min
Q5	Consumo de aire del soplador	Lts/min
Qc	Consumo de Aire	Lts/min
CMA	Coeficiente de Mayoración para futuras Ampliaciones	
CMF	Coeficiente de Mayoración por Fugas	
CCC	Coeficiente de Ciclo de Funcionamiento del Compresor	
QCOMP	Caudal de consumo de los cilindros	Lts/min
Altitud	Altitud de la Ciudad de Quito	m
P _{atm}	Presión Atmosférica de Quito	bar
V _{DEP}	Capacidad del Depósito	lts
Zs	Frecuencia de Conexión del Compresor	h ⁻¹

ΔP	Variación Máxima de la Presión en el Depósito	Bar
F_{max}	Fuerza permisibles de Compactación	N
h	Espesor de Cordón de Soldadura	Mm
l_s	Longitud del Cordón de Soldadura	Mm
N_c	Número de Cordones	
T_s	Esfuerzo cortante generado	MPa
F_t	Fuerza permisible del filete	N
R_1	Reacción Generada en el Punto A	N
R_2	Reacción Generada en el Punto C	N
M_1	Momento Generado en el Punto A	Nmm
M_2	Momento Generado en el Punto B	Nmm
l_o	Longitud de la Placa A	Mm
a_n	Ancho de la Placa A	Mm
e_a	Espesor de la Placa A	Mm
E	Módulo de Elasticidad del Acero	MPa
D_{AB}	Distancia entre A y B	Mm
D_{BC}	Distancia entre B y C	Mm
Y_{AB}	Deflexión Máxima	Mm
M_B	Momento Generado en el punto B	Nmm
L	Longitud del Perno	Mm
L_T	Longitud de Roscado	Mm
ϕ_{perno}	Diámetro del Perno	Mm
L_d	Longitud de la Parte útil sin Rosca	Mm
T_p	Espesor del Anclaje del Perno	Mm
T	Espesor de la Mesa	
T_a	Espesor de la Arandela 14R	Mm
A_d	Área de la Parte sin Rosca	mm ²
A_t	Área con el Diámetro Mínimo	mm ²
A_f	Área de Esfuerzo de Tensión	mm ²
t	Espesor de la mesa	Mm
σ_{perno}	Esfuerzo de Aplastamiento del Perno	MPa
S_p	Resistencia de Prueba Mínima	MPa

S_{ut}	Resistencia Mínima a la Tensión	MPa
σ_{placa}	Esfuerzo de Aplastamiento de la Placa	MPa
S_u	Resistencia Última del Pino	MPa
N_{perno}	Número de Pernos	

GLOSARIO

ACOPLAR: Agrupar dos aparatos, piezas o sistemas, de manera que su funcionamiento combinado produzca el resultado conveniente.

CALIBRACIÓN: Ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un instrumento de medida con los valores de la magnitud que ha de medir.

COMPACTAR: Hacer que un objeto ocupe menos espacio.

COMPRESIBILIDAD: Es la capacidad de los fluidos para reducir su volumen al aumentar la presión a la que están sometidos (grandes presiones). Un líquido es más compresible cuanto mayor es su viscosidad.

ESTRUCTURA: Armadura, generalmente de acero u hormigón armado, que, fija al suelo, sirve de sustentación a un edificio.

MANUFACTURA: Obra hecha a mano o con auxilio de máquina.

NEUMÁTICA: Tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de energía necesaria para hacer funcionar o mover mecanismos.

NORMALIZAR: Regularizar o poner en orden lo que no estaba.

PARÁMETRO: Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

PLANCHA: Lámina o pedazo de metal llano y delgado respecto de su tamaño.

PROTOTIPO: Representación limitada del diseño de un producto, que permite a las partes responsables de su creación experimentar, probarlo en situaciones reales y explorar su uso.

SENSOR: Dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

RECICLAR: Proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

VÁLVULA: Dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

RESUMEN

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET DE 400 Y 500 ml Y LATAS DE ALUMINIO DE 330 A 350 ml” propuesto tiene como principal objetivo fomentar el reciclaje de productos para minimizar los costos de producción de nuevos bienes, logrando no solo un ahorro de energía, sino también, la preservación de los recursos naturales.

El reciclaje es el proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

Este proyecto está enfocado a la primera fase del proceso de reciclado, la cual es la compactación del producto, logrando una reducción del volumen de los desperdicios generados. Sabemos que mucho tiempo, energía y trabajo se necesita para recoger y transportar la basura al basurero, y mucho más se necesitará si es que no existe una clasificación de esta clase de desperdicios, por ello se ha visto en la necesidad de diseñar y construir un prototipo de una máquina que permita compactar y separar botellas plásticas y latas de aluminio.

Para la realización de este proyecto, se realizó una serie de pruebas de compactación de los diferentes envases que se encuentran en el mercado, donde se observó que la fuerza necesaria para comprimir los envases tanto plásticos como de aluminio eran grandes ya que algunos envases venían con su tapa y no permitían que exista la liberación del aire que se encontraba al interior del mismo.

Por este motivo se optó por perforar dichos envases, logrando de esta manera que el aire pueda fugar del envase y permitiendo alcanzar una fuerza de compactación mucho más pequeña.

Debido a que esta máquina compacta latas de aluminio y envases plásticos, es importante que dichos envases no se mezclen una vez compactados, motivo por el cual, se usa dos sensores capacitivos, los que permite el reconocimiento del material de la botella y logrando así que el producto compactado, a través

de sopladores de aire, se dirija a su respectivo estante, ya que existe uno para los envases plásticos y otro para las latas de aluminio.

Casi todos los actuadores neumáticos son de doble efecto, ya que de esta manera podremos controlar las aperturas y cierres de los diferentes mecanismos que existen en la máquina.

La máquina tiene una capacidad para compactar y almacenar 80 latas de aluminio y 40 envases de plástico, cuyo proceso es controlado a través de un PLC. La capacidad de cada estante está limitada de acuerdo a su tamaño y al volumen al cual es reducido cada envase, ya que las latas de aluminio ocuparán un espacio mucho más pequeño comparado con el espacio que ocuparán las botellas plásticas. Una vez que un estante tenga su límite de almacenamiento, la máquina cerrará el proceso de aceptación únicamente de los envases correspondientes a este estante y continuará con el reciclado de la otra clase de envases si es que aún no completa su número de envases de almacenamiento.

Además se dibujaron los planos con ayuda de programas como SOLIDWORKS y AUTOCAD, los cuales son programas de foto-realismo y simulación en 3D los cuales permiten el entendimiento del sistema y la comprobación del diseño de los elementos.

Se realizaron pruebas finales de tamaño del producto una vez compactado. Los resultados indican que estos productos llegan a reducir por lo menos 1/3 de su tamaño original, lo cual permite que dicho envase ocupe menos espacio y que se alcance una gestión de residuos eficaz.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. INTRODUCCIÓN.

En este documento se propone el diseño de un prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas y latas de aluminio, la que se encuentra enfocada en la primera fase del reciclado que es la compactación del envase. De esta manera, se busca preservar los recursos naturales y optimizar costos de producción.

Las compactadoras son máquinas sumamente importantes en la actualidad, ya que ayudan a la recolección y compactación de materia prima para la generación de nuevos productos.

Por lo general, estas máquinas se encuentran en países que son potencias mundiales como Estados Unidos, España y Alemania; pero con la gran diferencia de que dichas máquinas reciclan un producto en especial, es decir, una máquina para plástico y una para latas de aluminio; además, si el país quisiera importar dichas máquinas, el costo sería excesivamente alto.

Debido a que este proyecto involucra investigación, se ha visto la necesidad de diseñar un prototipo que unifique dichos procesos de reciclado para los 2 tipos de materiales, buscando así objetivos como la de reducir los volúmenes de desperdicio y la implementación de nuevas alternativas tecnológicas.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En el Ecuador no se ha prestado la importancia necesaria para impulsar proyectos que permitan reutilizar los desechos sólidos al fin de integrarlos al ciclo económico, reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para la generación de nuevos productos, con lo que, se conseguiría varios beneficios tanto sociales, económicos y ecológicos.

En lugares como Estados Unidos, España y Alemania, el proceso de reciclar se ha convertido en una costumbre ya que por ejemplo existen normas para usar diferentes colores para tachos de basura. En Ecuador pocas personas utilizan este sistema para separar la basura y colocarla en el tacho correspondiente, por lo cual es pertinente encontrar un método que permita realizar dicha clasificación de desperdicios y este procedimiento será realizado por una máquina que no solo buscará clasificar botellas de plástico PET y latas de aluminio, sino que permitirá compactarlas de manera rápida, segura y automática hasta alcanzar por lo menos la tercera parte de su tamaño original, por lo cual, para el diseño y construcción de la misma, es importante realizar estudios de sistemas neumáticos y análisis de compresión de los diferentes envases a compactar para así optar con la mejor alternativa de diseño.

Finalmente, con este procedimiento, podemos concientizar a las personas del Ecuador para la preservación de los recursos naturales y ahorro de energía.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

El motivo por el cual justifica el llevar a cabo este proyecto, es debido a que el proceso de reciclaje en el Ecuador todavía es incipiente.

Existen varios proyectos en la actualidad que busca ofrecer alternativas tecnológicas para fortalecer este proceso como es el caso de un proyecto que es desarrollado por el Centro de Investigaciones Aplicadas de Polímeros (CIAP) y la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT).

Se debe impedir ante todo, que la basura sea botada. A través de un rehusó y reciclaje de desechos, se puede alcanzar una mayor eficiencia al usar los recursos. Mientras más se recicla, menos se necesita tomar del mundo natural; además, se necesita mucho tiempo, energía, y trabajo para recoger y transportar la basura al basurero. Así como la naturaleza no derrocha nada, nosotros debemos aprender como consumir sin contaminar.

En el país se realiza el reciclaje, pero dicho proceso no es del todo óptimo ya que no se tiene una metodología con la cual se puede llegar a mejorar dicha actividad. Motivo por el cual, se ha visto en la necesidad de diseñar un prototipo de una máquina que brinde las facilidades de reciclaje de latas de aluminio y botellas de plástico PET, la cual se va a encontrar en lugares que sean continuamente visitados, pero en la que es necesario realizar una preclasificación de los envases plásticos y de las latas de aluminio. Esta actividad va a estar a cargo del usuario.

Los beneficios que se pueden alcanzar son:

- Preservación de los recursos naturales.
- Implementación de nuevas alternativas tecnológicas.
- Reducción de volumen de residuos.
- Reducción de costos en la producción de nuevos bienes.

Los posibles clientes o beneficiarios de este prototipo son las empresas que producen este tipo de botellas PET o las latas de aluminio, los cuales pueden ser:

- Coca Cola Company.
- Cervecería Nacional S.A. (Pilsener).
- The Tesalia Springs Co. (Guitig).

Llegando así estas empresas a reciclar sus propios envases, reduciendo costos de producción de nuevos bienes.

En la actualidad, el consumo de agua u otro líquido que permita satisfacer la necesidad de sed es indispensable. Una persona promedio necesita consumir alrededor de 2 lt diarios de líquido, lo cual equivale a 4 botellas de plástico PET de 500 ml o cualquier otro energizante que permita un mejor desempeño diario como PONY MALTA que se encuentran en latas de aluminio. Dicho consumo refleja una alta contaminación, es por eso que, la construcción de este prototipo

proporcionará una reducción de dicho efecto, logrando beneficios como los expuestos anteriormente.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. GENERAL.

Diseñar y construir un prototipo de una máquina recicladora de botellas PET de 400 a 500 ml y de latas de aluminio 330 a 350 ml, para lograr satisfacer la necesidad actual de mejorar los tiempos de recolección y reciclado de materiales y así lograr la reducción de los volúmenes de desperdicios.

1.4.2. ESPECÍFICOS.

- Investigar los diversos tipos de máquinas compactadoras existentes y su funcionamiento.
- Evaluar los elementos que existen dentro de los sistemas neumáticos para alcanzar un óptimo funcionamiento de la máquina.
- Diseñar y construir el sistema neumático de la máquina con elementos que se encuentren dentro del mercado nacional y que permitan abaratar costos del mismo.
- Seleccionar los materiales para el bastidor.
- Construir el prototipo siguiendo diagramas de proceso de los elementos a fabricar y a montar.
- Realizar pruebas de funcionamiento y calibración para verificar especificaciones requeridas.

1.5. ALCANCE DEL PROYECTO.

El alcance de este proyecto es el estudio, investigación, diseño y construcción de un prototipo de una compactadora de botellas plásticas PET de 400 a 500 ml y latas de aluminio de 330 a 350 ml lo cual permitirá una mejor optimización de recursos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTOS DEL RECICLAJE.

El reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto. La cadena de reciclado posee varios eslabones los cuales son:

- Origen.
- Recuperación.
- Plantas de transferencia.
- Plantas de clasificación.
- Reciclador final.

2.2. RECICLADO DE PLÁSTICO.

Cada día es más claro que es necesaria la recuperación de los restos plásticos por dos razones principales: La contaminación que provocan y el valor económico que representan. Por otra parte, la mayoría de los plásticos se obtienen a partir de derivados del petróleo, un producto cada vez más caro y escaso, y en consecuencia, un bien a preservar.

2.2.1. MÉTODOS DE RECICLADO.

2.2.1.1. Reciclado Mecánico.

Es un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o industrial es recuperado permitiendo su posterior utilización. (Ver figura 2.2.1.).

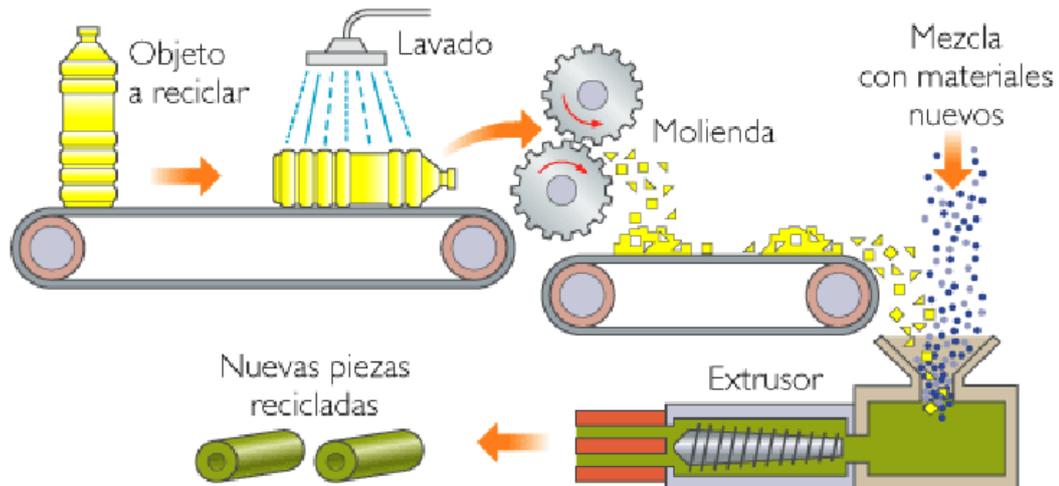


Figura 2.2.1. Proceso de reciclado mecánico del plástico.¹

2.2.1.1.1. Ventajas del reciclado mecánico.

- Desde el punto de vista técnico, las plantas de reciclado mecánico requieren inversiones moderadas.
- El proceso de reciclado del PET no conlleva contaminación del medio ambiente.
- El reciclado mecánico de PET genera un producto de mayor valor agregado y es materia prima para la producción de productos de uso final.
- Existe mercado para el material molido y limpio de este material, como insumo o materia prima para producir otros artículos de uso final.

¹ www.kalipedia.com/tecnologia/tema/reciclado-mecanico.

2.2.1.2. Reciclado Químico.

Se trata de diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son craqueadas (rotas) dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos.

Algunos métodos de reciclado químico ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica, es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos, reduciendo de esta manera, los costos de recolección y clasificación dando origen a productos finales de muy buena calidad. (Ver figura 2.2.2.).

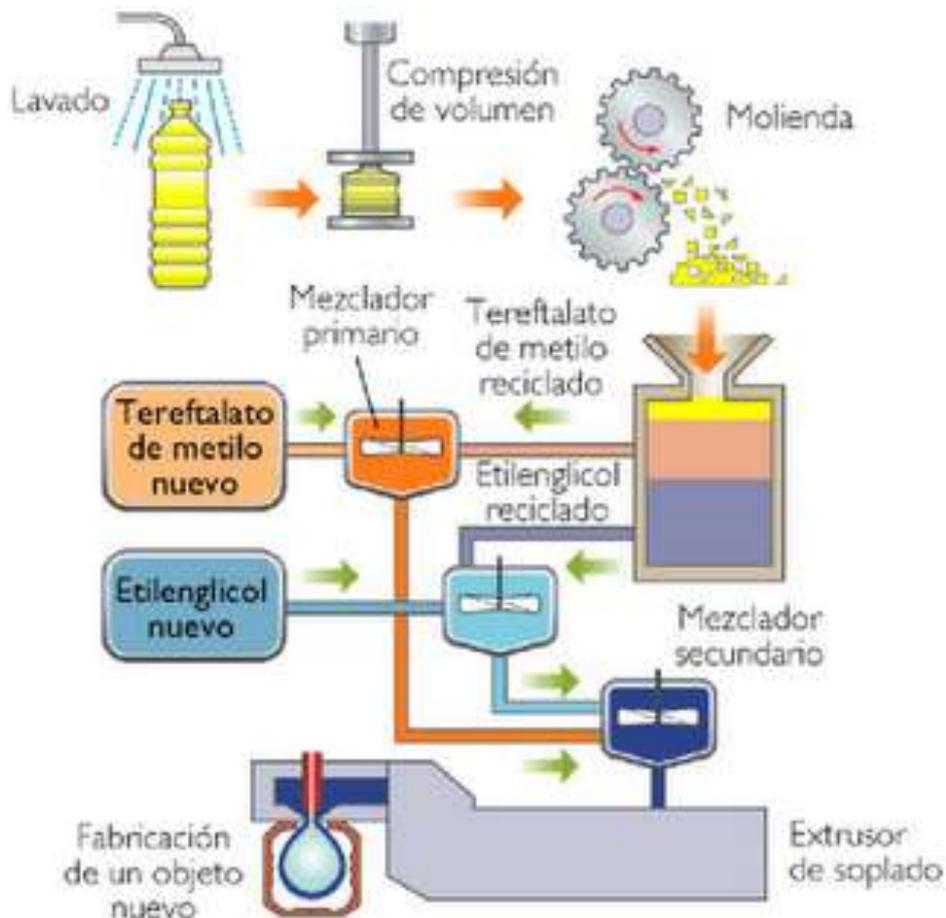


Figura 2.2.2. Proceso de reciclado químico del plástico. ²

²www.knol.google.com/k/-/2ydkxmcacjfn6/0v5tjr/p.r.qumico.png

Los principales procesos químicos existentes son:

a) *Pirolisis*: Es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío. Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías.

b) *Hidrogenación*: En este proceso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.

c) *Gasificación*: Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.

d) *Quimiólisis*: Este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas. Requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. Consiste en la aplicación de procesos solvolíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.

e) *Metanólisis*: Es un avanzado proceso de reciclado que consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (el PET), es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen.

2.2.1.2.1. Ventajas del reciclado químico.

- Reduce el consumo de petróleo crudo en las empresas petroquímicas.
- En algunos procesos de reciclado químico no es necesario separar los diferentes tipos de resina plástica.

2.3. RECICLADO DE ALUMINIO.

El reciclaje de aluminio es un proceso mediante el cual, los desechos de aluminio pueden ser reutilizados en otros productos tras su utilidad primaria. Ya que el reciclaje no daña la estructura del metal, el aluminio puede ser reciclado indefinidamente y ser usado para producir cualquier producto que hubiera necesitado aluminio nuevo.

2.3.1. MÉTODO DE RECICLADO.

2.3.1.1. Fundición.

Este es el método más empleado, ya que permite optimizar costos y sus procesos son muchos más eficientes que los hechos en otros tiempos (Ver figura 2.3.1.).

El aluminio es reciclado de la siguiente forma:

- Las latas son primero separadas de los residuos urbanos.
- Se cortan las latas en piezas pequeñas y de igual tamaño para minimizar el volumen y facilitar el trabajo de las máquinas que trabajan con el material.
- Se limpian estos trozos química o mecánicamente.
- Estos trozos se hacen grandes bloques para minimizar el efecto de la oxidación cuando se fundan, pues la superficie del aluminio se oxida instantáneamente cuando se expone al oxígeno.
- Se cargan los bloques en los altos hornos y se calientan a aproximadamente $750\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ para conseguir aluminio fundido.
- Se retira la escoria y el hidrógeno disuelto se des gasifica. El aluminio fundido se disocia rápidamente del hidrógeno por el vapor de agua y los contaminantes hidrocarbonatados.
- Se toman muestras para un análisis espectroscópico. Dependiendo del producto final deseado, se añade a la mezcla aluminio de alta pureza, cobre, cinc, manganeso, silicio y/o magnesio para conseguir unas especificaciones adecuadas para la aleación.

- El alto horno se abre, se sangra el aluminio fundido y se repite el proceso para un nuevo lote de metal desechado. Dependiendo del producto final puede ser moldeado en lingotes, molduras o barras en forma de grandes bloques para su posterior laminación, atomización, extrusión, o transporte en estado fundido a otras instalaciones de fabricación para seguir su procesamiento.



Figura 2.3.1. Proceso de reciclado del aluminio. ³

³ www.recicla-aluminio.blogspot.com/2009/08/cronograma-del-proceso-de-reciclaje-del.html

2.3.1.2. Ventajas del reciclado de aluminio.

- Produce unos ahorros importantes en materia económica y energética aún cuando se tienen en cuenta los costes de recogida, separación y reciclaje.
- Producen ahorros a nivel nacional debido a la reducción del capital necesario para vertederos, las minas y el transporte de la materia prima.
- Únicamente se produce el 5% del CO₂ durante el proceso de reciclado comparado con la producción de aluminio desde la materia prima, siendo este un porcentaje aún menor cuando se toma en cuenta el ciclo completo de su extracción en la mina y su transporte hasta la planta de producción.
- La producción de una lata a partir de aluminio reciclado requiere un 95% menos de energía de la que sería necesaria para hacerla desde materiales vírgenes.

2.4. TIPOS DE MÁQUINAS COMPACTADORAS.

2.4.1. COMPACTADORAS.

Una compactadora es una máquina de reciclaje que permite reducir el tamaño de los desperdicios a través de la acción de compactación. Normalmente los compactadores funcionan con sistemas hidráulicos y son automatizadas, pero las principales ventajas que se tiene es que debido a la reducción de su tamaño, existe una reducción de costos en transporte y almacenamiento (Ver figura 2.4.1.).



Figura 2.4.1. Compactadora de envases PET.⁴

2.4.2. TRITURADORAS.

Las trituradoras son máquinas diseñadas para reducir el tamaño, o cambiar la forma de materiales de desecho, para que puedan ser más fácilmente eliminados o reciclados, o para reducir el tamaño de una sólida mezcla de materias primas (como en la roca de mineral), por lo que las piezas de diferente composición se pueden diferenciar. Normalmente, las fases de trituración son seguidas por etapas de molienda, si los materiales deben ser aún más reducidos (Ver figura 2.4.2.). Las trituradoras utilizadas para el proceso de reciclaje son las de tipo impacto, de la cual existe de eje horizontal (HSI) y de eje vertical (VSI).

⁴ [www.anunico.pe/anuncio de/industria_maquinarias/compactadora.](http://www.anunico.pe/anuncio%20de/industria_maquinarias/compactadora)



Figura 2.4.2. Trituradora de plástico.⁵

2.4.3. GRANULADORAS.

Una granuladora es una máquina utilizada para romper los productos de plástico para que puedan ser reciclados, la cual funciona de manera similar a una máquina destructora de documentos de gran tamaño (Ver figura 2.4.3.).

Esta máquina se compone de un motor eléctrico de gran tamaño y un rotor en el cual existen cuchillas de corte. Estas cuchillas están disponibles en numerosas formas y tamaños. Cuando el material plástico utilizado se coloca dentro de la cámara, las cuchillas comienzan a rotar de manera que el material comienza a ser desmenuzado en pequeños pedazos a los cuales se los denomina gránulos.

⁵ www.triturador.info



Figura 2.4.3. Granuladora de plástico.⁶

2.5. PROBLEMAS AMBIENTALES EN EL ECUADOR.

Países en vía de desarrollo, que no poseen grandes avances tecnológicos debido a la falta de medios económicos, son los más afectados. Potencias como Estados Unidos y China poseen dichas ventajas pero son los que más contribuyen al deterioro de nuestro planeta, y los países que salen más perjudicados son los que pertenecen al tercer mundo.

Cada macro problema puede ser causado por una o varias actividades humanas, y también puede ocasionar uno o varios impactos negativos. Por ejemplo, las industrias o la aplicación indiscriminada de pesticidas son algunas actividades que ocasionan contaminación y entre sus consecuencias más graves para el ambiente y las personas se cuenta la pérdida de biodiversidad y la disminución de la calidad de vida. Los problemas ambientales comenzaron a gran escala en el Ecuador a partir de la modernización del país, aproximadamente desde la década de 1950.

En el Ecuador hay cuatro macro problemas ambientales: la destrucción y fragmentación de los hábitats, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de recursos naturales y la contaminación. A éstos podríamos

⁶ www.directindustry.es/prod/isve/granuladoras-para-plasticos.

sumar uno más: el cambio climático global, cuyos efectos en el mediano y largo plazo ponen en riesgo la biodiversidad y la calidad de vida de toda la humanidad, por ello, se ha visto la necesidad de implementar nuevas ideas que busquen preservar dichos recursos naturales y que permitan ser una nueva fuente de generación de empleos.

El proceso de reciclaje puede generar muy buenos ingresos, pero también tiene obstáculos como la falta de educación de la sociedad en general acerca de este aspecto. La investigación realizada, ha hecho que sea posible la reducción de residuos, conduciendo al desarrollo de nuevas tecnologías, garantizando que el índice de recuperación y de reciclado de varios productos para su reutilización y así alcanzar una optimización de recursos.

2.6. FUNDAMENTOS NEUMÁTICOS.

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales (Ver figura 2.6.1.).

En los sistemas neumáticos, el aire comprimido se produce en un elemento llamado compresor, que es una bomba de aire comprimido accionada normalmente por un motor eléctrico. Este aire se almacena en un depósito denominado receptor. Desde éste, el aire es conducido a través de válvulas a los cilindros, que son los componentes encargados de realizar el trabajo.

Cuando el aire comprimido fluye en el interior de un cilindro, aumenta la presión y obliga a desplazarse a un émbolo situado en su interior, proporcionando un movimiento lineal y realizando un trabajo.

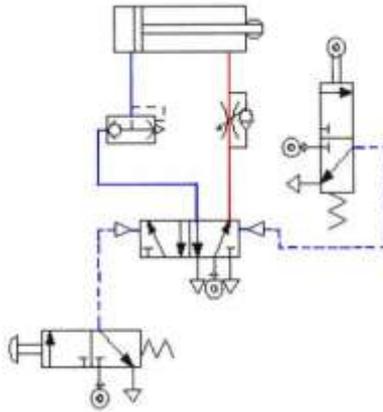


Figura 2.6.1. Circuito neumático.⁷

2.6.1. 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.
- 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.

2.6.2. 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.

⁷ www.neumaticagruppo6.blogspot.com

- Altos niveles de ruido generado por la descarga del aire hacia la atmósfera.

2.6.3. APLICACIONES INDUSTRIALES.

En la industria, es de vital importancia contar con maquinaria especializada para controlar, impulsar, posicionar y mecanizar elementos o materiales propios de la línea de producción, para estos efectos se utiliza con regularidad la energía proporcionada por fluidos comprimidos. Las aplicaciones de este tipo de tecnología se puede observar en máquinas textiles, ventiladores de cuidados intensivos, mando de puertas, embotellado de productos, equipamiento de robótica, maquinaria para textiles, maquinaria para la industria siderúrgica, etc.

Otras aplicaciones que podemos observar en sistemas de vehículos automotores, como automóviles, aplicaciones aeroespaciales y aplicaciones navales. Por otro lado se puede tener aplicaciones en el campo de la medicina y en general en todas aquellas áreas en que se requiere movimientos muy controlados y de alta precisión.

2.6.4. PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO.

Las propiedades del aire comprimido que han hecho que la neumática se pueda expandir en tan corto plazo son:

- *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).
- *Temperatura:* El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- *Anti inflamable:* No existe ningún riesgo de explosión ni incendio, por lo tanto, no es necesario la instalación de equipos para combatir dicho riesgo.

- *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.
- *Almacenable*: El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
- *Comprensible*: Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada, toma la forma del recipiente que los contiene o la de su ambiente, permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expansión). Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades: uniformes y constantes.
- *Volumen Variable*: El volumen del aire varía en función de la temperatura dilatándose al ser calentado y contrayéndose al ser enfriado.

2.6.5. PRINCIPIOS FÍSICOS.

2.6.5.1. Ley de Gases Ideales.

El aire tiende a cumplir la ecuación “General de los Gases Ideales”, que relaciona entre sí las magnitudes: presión, volumen y temperatura.

$$\frac{P \cdot V}{T} = \text{constante} \Rightarrow \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots$$

Ec. 2.6.1.

2.6.5.2. Ley de Boyle – Mariotte.

Esta ley también llamado proceso isotérmico, afirma que a temperatura y cantidad de gas constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a su presión:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{Ec. 2.6.2.}$$

2.6.5.3. Ley de Charles.

A presión constante, el volumen de una masa de gas varía de forma directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{Ec. 2.6.3.}$$

2.6.5.4. Ley de Gay-Lussac.

A volumen constante, la presión absoluta de una masa de gas varía de forma directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{Ec. 2.6.4.}$$

2.6.6. ELEMENTOS Y ACCESORIOS.

2.6.6.1. Compresor.

Es un elemento que sirve para comprimir un fluido, generalmente aire, a una presión dada. Los compresores también desplazan fluidos, éstas son máquinas térmicas, ya que como su fluido de trabajo es comprimido. Dicho fluido sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

2.6.6.1.1. Tipos de Compresores.

Se clasifican en 2 tipos los cuales son compresores de desplazamiento y compresores dinámicos (Ver diagrama 2.6.1.).

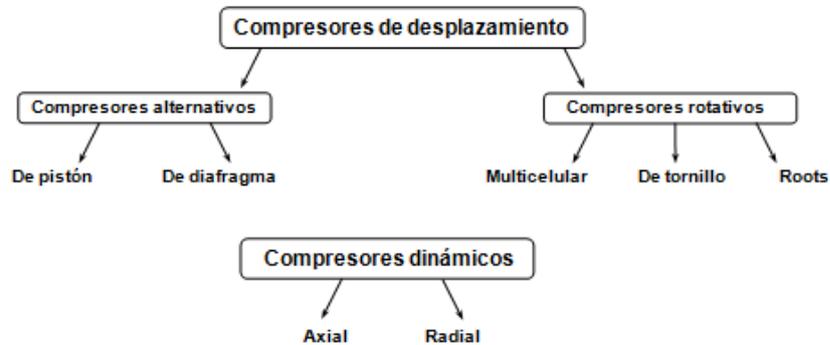


Diagrama 2.6.1. Tipos de compresores.⁸

a) *Compresor de Pistón:* Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Normalmente, se fabrican de una etapa hasta presiones de 5 bar, de dos etapas para presiones de 5 a 10 bar y para presiones mayores, 3 o más etapas (Ver figura 2.6.2.).

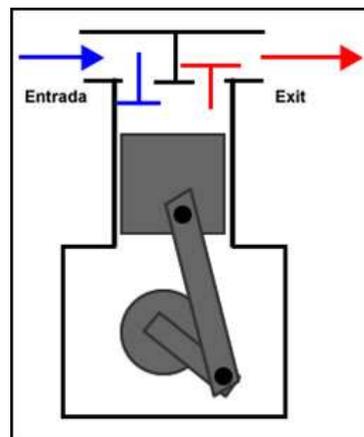


Figura 2.6.2. Compresor de Pistón.⁹

b) *Compresor de Diafragma (Membrana):* El movimiento obtenido del motor, acciona una excéntrica y por su intermedio el conjunto biela – pistón. Esta

⁸ www.apuntesde.com/apuntes-de-fisica-quimica/aire-comprimido

⁹ www.sitioniche.nichese.com/tipos.html

acción somete a la membrana a un vaivén de desplazamientos cortos e intermitentes que desarrolla el principio de aspiración y compresión. Por lo general, este compresor se utiliza en industrias alimenticias, farmacéuticas, entre otras (Ver figura 2.6.3.).

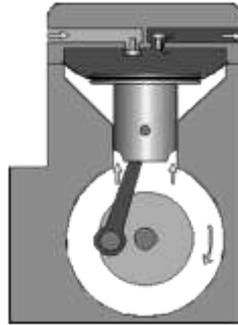


Figura 2.6.3. Compresor de Diafragma.¹⁰

c) *Compresor Multicelular (Aletas)*: El rotor gira accionado por el eje del motor ubicado en forma excéntrica en el interior de una carcasa. Este rotor es provisto de un cierto número de aletas que se ajustan a la superficie interior de la carcasa por acción de la fuerza centrífuga, formando verdaderas células o cámaras que aumentan el volumen en una primera etapa. Este aumento de volumen conlleva una disminución de la presión por lo cual se produce la aspiración de aire desde la atmósfera. En la otra parte del ciclo, las cámaras comienzan a reducir paulatinamente su volumen, con lo cual se logra el aumento de presión (Ver figura 2.6.4.).

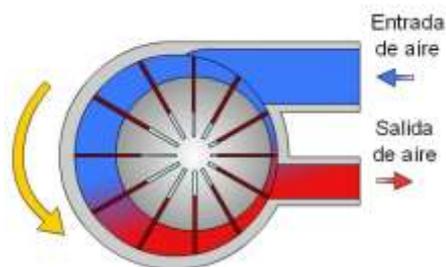


Figura 2.6.4. Compresor Multicelular.¹¹

¹⁰ www.construsur.com.ar/index.php?name=News&file=article&sid=199

¹¹ www.apuntesde.com/apuntes-de-fisica-quimica/aire-comprimido/

d) *Compresor de Tornillo*: Los tornillos del tipo helicoidal engranan sus perfiles logrando reducir el espacio de que dispone el aire. Esta situación genera un aumento de la presión interna del aire. Este compresor entrega caudales y presiones medios altos (600 a 40000m³/h y 25 bar) pero menos presencia de aceite que el de paletas. Ampliamente utilizado en la industria de la madera, por su limpieza y capacidad (Ver figura 2.6.5.).

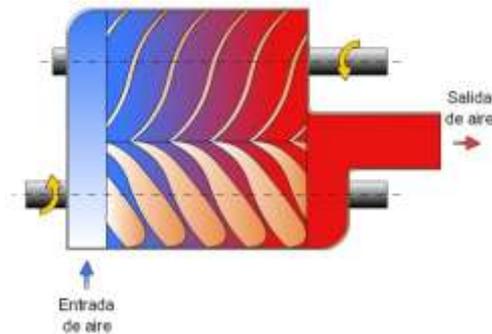


Figura 2.6.5. Compresor de Tornillo.¹²

e) *Compresor Roots*: En este tipo de compresores, el aire es tomado en la entrada por los denominados émbolos rotativos y trasladado hasta la descarga, modificando ligeramente el volumen, y por lo tanto el nivel de presiones que se alcanza es relativamente bajo el cual es entre 1 y 2 bar (Ver figura 2.6.6.).

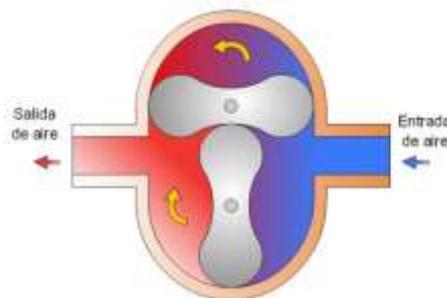


Figura 2.6.6. Compresor Roots.¹³

f) *Compresor Axial*: La rotación acelera el fluido en el sentido axial comunicándole de esta forma una gran cantidad de energía cinética a la salida del compresor, y por la forma constructiva, se le ofrece al aire un mayor

¹² www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm

¹³ www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm

espacio de modo que obligan a una reducción de la velocidad. Con este tipo de compresor se pueden lograr grandes caudales (200.000 a 500.000 m³/h) con flujo uniforme pero a presiones relativamente bajas (Ver figura 2.6.7.).

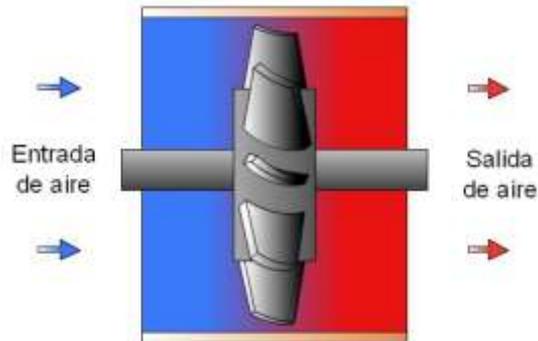


Figura 2.6.7. Compresor Axial.¹⁴

g) *Compresor Radial*: El fluido es impulsado una o más veces en el sentido radial. Por efecto de la rotación, los álabes comunican energía cinética y lo dirigen radialmente hacia fuera, hasta encontrarse con la pared o carcasa que lo retorna al centro, cambiando su dirección. En esta parte del proceso, el aire dispone de un mayor espacio disminuyendo por tanto la velocidad y la energía cinética, lo que se traduce en la transformación de presión (Ver figura 2.6.8.).

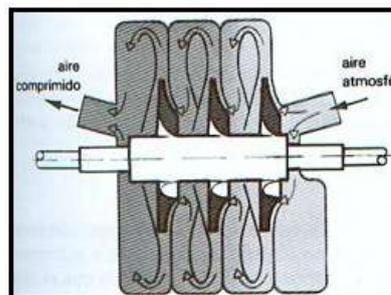


Figura 2.6.8. Compresor Radial.¹⁵

¹⁴ www.apuntesde.com/apuntes-de-fisica-quimica/aire-comprimido

¹⁵ www.apuntesde.com/apuntes-de-fisica-quimica/aire-comprimido

2.6.6.1.2. Elección del Compresor.

Hay que analizar 7 parámetros importantes los cuáles son:

a) *Caudal*: Se debe analizar el caudal teórico el cual es igual al producto de la cilindrada por la velocidad de rotación y el caudal efectivo el cual depende de la construcción del compresor y la presión.

b) *Presión*: Hay que considerar la presión de servicio la cual es suministrada por el compresor y la presión de trabajo que es la necesaria en el puesto de trabajo considerado.

c) *Accionamiento*: Los compresores se accionan, según las exigencias, por medio de un motor eléctrico o de explosión interna.

d) *Regulación*: Existen diferentes clases de regulaciones. El caudal varía entre dos valores límites ajustados (presión máxima y mínima).

e) *Refrigeración*: En compresores pequeños, las aletas de refrigeración se encargan de irradiar el calor. Los compresores mayores van dotados de un ventilador adicional que evacua el calor.

f) *Ubicación de la unidad compresora*: Esta debe ubicarse en un lugar cerrado, a fin de minimizar el factor ruido. Este lugar de almacenamiento debe contar con ventilación adecuada y el aire aspirado debe ser lo más fresco, limpio y seco posible.

g) *Acumulador de aire comprimido*: El acumulador o depósito sirve para estabilizar el suministro de aire comprimido.

2.6.6.2. Válvulas.

Para el tratamiento de la información y órganos de mando, es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el flujo de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

Las válvulas en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- Distribuir el fluido.
- Regular caudal.
- Regular presión.

2.6.6.2.1. Válvulas Direccionales.

Son válvulas de varios orificios (vías) los cuales determinan el camino que debe seguir el fluido bajo presión, para efectuar operaciones tales como puesta en marcha, paro, dirección, etc. Estas válvulas se clasifican en válvulas de asiento de las cuales hay de disco plano y esférico y válvulas de corredera de las cuales existe longitudinal, giratoria y de corredera con cursor.

a) *Válvula de Asiento Esférico y de Disco Plano:* Las válvulas de asiento presentan el problema de que el accionamiento en una de las posiciones de la válvula debe vencer la fuerza ejercida por el resorte y aquel producto de la presión. Esto hace necesario una fuerza de accionamiento relativamente alta (Ver figura 2.6.9.).

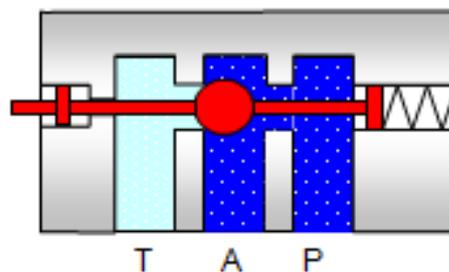


Figura 2.6.9. Válvula de asiento esférico.¹⁶

b) *Válvula Longitudinal:* El elemento de mando de esta válvula es un émbolo que realiza un desplazamiento longitudinal y une o separa al mismo tiempo los correspondientes conductos (Ver figura 2.6.10.).

¹⁶ Manual de Hidráulica y Neumática. Página 57.

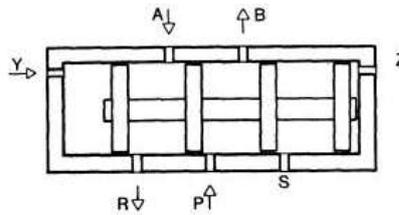


Figura 2.6.10. Válvula de corredera longitudinal.¹⁷

c) *Válvula de Corredera y Cursor:* En este tipo de válvula, la comunicación entre las distintas conexiones se realiza gracias a la acción de un cursor. La ventaja en la utilización de este elemento radica en el hecho de que el resorte lo apoya continuamente, supliendo el desgaste natural del cursor por efecto del rozamiento interno (Ver figura 2.6.11.).

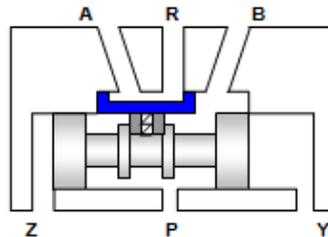


Figura 2.6.11. Válvula de corredera y cursor.¹⁸

d) *Válvula Rotativa o Giratoria:* El rotor gira 180° para carga o descarga del aceite (Ver figura 2.6.12.).

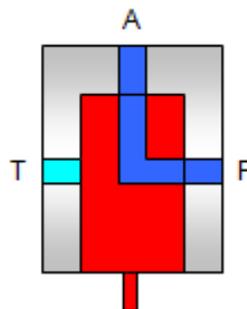


Figura 2.6.12. Válvula giratoria.¹⁹

Además hay que especificar las posiciones que pueden tener las válvulas las cuales son:

¹⁷ www.electricosonline.com/Privado/Fluidos/Neumatica/20-valvulas.

¹⁸ Manual de Hidráulica y Neumática. Página 59.

¹⁹ Manual de Hidráulica y Neumática. Página 60.

- Centro Cerrado: En este tipo de centro, todas las vías permanecen cerradas, lo que impide, por ejemplo, mover el vástago del cilindro manualmente.
- Centro Tándem: Aquí, en la posición central de la válvula direccional, se bloquean las conexiones de trabajo, por lo tanto el sistema no puede ser movido manualmente.
- Centro Semiabierto: La posición central de la válvula direccional, mantiene comunicadas las líneas de trabajo con la línea de tanque, por lo que se encuentran a baja presión, el vástago puede ser movilizado manualmente.
- Centro Abierto: En este caso todas las vías están comunicadas.

2.6.6.2.2. Accionamiento de Válvulas.

Estos están referidos a la forma o el medio que se utiliza para desplazar el conmutador dentro de la válvula o el elemento de cierre. Estos tipos de accionamiento pueden ser manuales, mecánicos, eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

2.6.6.2.3. Válvulas Regulatoras de Caudal.

Las aplicaciones de los reguladores de caudal (también reguladores de flujo) no están limitadas a la reducción de la velocidad de los cilindros o actuadores en general, pues además tienen gran aplicación en accionamientos retardados, temporizaciones, impulsos, etc. Los reguladores de caudal pueden ser unidireccionales y bidireccionales.

2.6.6.2.4. Válvulas de Retención (check, de bloqueo o antiretorno).

Es una válvula que permite la circulación del fluido en un solo sentido, en la dirección contraria se cierra impidiendo el paso. La obturación del paso puede lograrse con una bola, disco, cono, etc., impulsada por la propia presión de trabajo o bien con la ayuda complementaria de un muelle.

2.6.6.2.5. Válvula de Compuerta.

La trayectoria que sigue el flujo cuando atraviesa por una válvula de compuerta siempre es recta y pasa justo por el centro de ésta. El tamaño del orificio se modifica haciendo girar el vástago de la válvula, acción que mueve una compuerta o cuña que se interpone en la trayectoria del flujo.

2.6.6.2.6. Válvula de Esfera.

La trayectoria a través de una válvula de esfera no es recta; después de entrar en el cuerpo de la válvula, el flujo gira 90° y pasa a través de una abertura, en la que se asienta un tapón o una esfera.

2.6.6.2.7. Válvula de Aguja.

Después de entrar en el cuerpo de una válvula de aguja, el flujo gira 90° y pasa a través de una abertura que es el asiento de la punta cónica de una barra cilíndrica. En este caso el tamaño del orificio se regula variando la posición relativa de la punta cónica respecto a su asiento.

2.6.6.2.8. Válvulas Reguladoras de Presión.

Las válvulas de presión ejercen influencia sobre la presión del fluido o bien reacciona frente a valores de presión determinados. Las principales válvulas de presión son:

- a) *Válvula reguladora de presión (reductora de presión)*: Tiene por misión mantener en línea sistema un valor de presión constante.
- b) *Válvula de secuencia (control de presión)*: Tiene por función, luego de alcanzar cierta presión, entregar una señal de salida.
- c) *Válvula de sobrepresión (de seguridad)*: Su misión es limitar la presión máxima del circuito para proteger a los elementos de la instalación.

2.6.6.3. Temporizador.

La regulación del tiempo se logra estrangulando el paso del fluido que llega por la línea Z al acumulador. Cuando la cantidad de aire que ha ingresado al acumulador genera una presión suficiente para vencer el resorte se acciona la válvula direccional para bloquear la señal de presión y establecer comunicación entre A y R. Cuando la línea Z se pone en descarga, el fluido sale del acumulador a través del conducto que en primera instancia cerraba la membrana flexible (antiretorno) en lugar de seguir por la estrangulación ya que esto significa un mayor esfuerzo (Ver figura 2.6.13.).

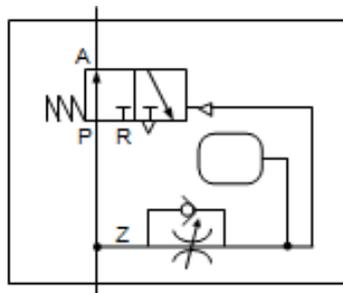


Diagrama 2.6.2. Temporizador.²⁰

2.6.6.4. Actuadores.

Los actuadores son aquellos que tienen a cargo la conversión de energía hidráulica y/o neumática disponible en energía mecánica disponible. Los actuadores en general pueden ser clasificados en dos tipos; actuadores lineales y rotatorios.

2.6.6.4.1. Cilindros.

Estos son actuadores del tipo lineal, y constan de: un cabezal posterior y otro anterior que presenta un agujero que permite que el vástago se deslice a través del cabezal anterior. Los cilindros se clasifican en:

²⁰ Manual de Hidráulica y Neumática. Página 65.

a) *Cilindro de Simple Efecto*: Son aquellos que realizan el trabajo en una sola dirección (Ver figura 2.6.14.). La mayoría de estos cilindros son de retorno por gravedad o por una fuerza externa. Existen varios tipos de cilindros de esta clase los cuales son de buzo y telescópico.

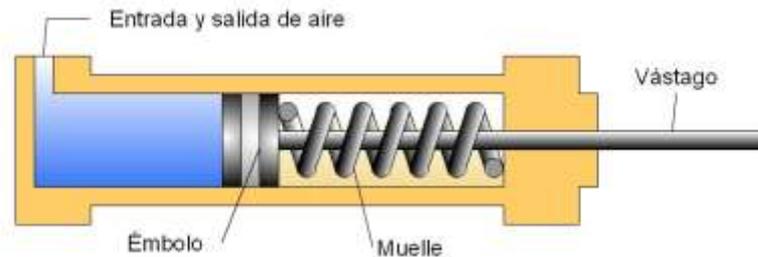


Figura 2.6.13. Cilindro de Simple Efecto.²¹

b) *Cilindro de Doble Efecto*: Estos reciben energía por ambos sectores del pistón, lo cual le permite desarrollar trabajo en ambas carreras del cilindro. En esta clase de actuadores existen varios tipos en los cuales mencionaremos los de vástago simple, diferencial, doble vástago y oscilante (Ver figura 2.6.15.).

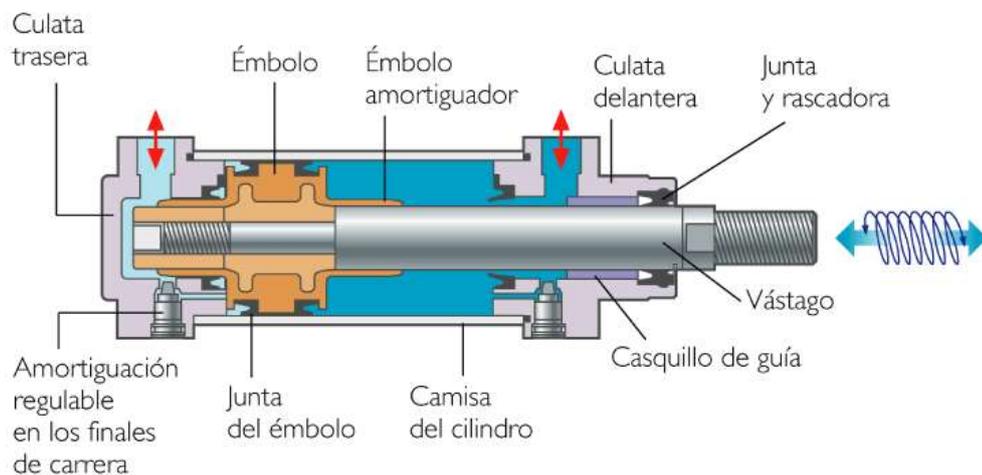


Figura 2.6.14. Cilindro de Doble Efecto.²²

²¹ Manual de Hidráulica y Neumática. Página 74.

²² www.kalipedia.com/popup/popupWindow.

2.6.6.5. Sensores Neumáticos.

a) *Presostato*: Convierte la señal neumática o hidráulica en una señal eléctrica la que es utilizada para energizar una electroválvula o desenergizar un motor.

b) *Captadores de Umbral de Presión*: Estos elementos realizan la función lógica NO. Ante la ausencia de presión en la entrada comunica presión a la salida, habiendo aún que sea un mínimo de presión en la entrada, se anula la de salida.

c) *Captadores de Fuga*: Son muy apropiados para usarlos como final de carrera, su funcionamiento se basa sobre el contacto con la pieza.

d) *Captadores de Proximidad*: Su funcionamiento está basado sobre la detección del aire que se refleja cuando se interpone una pieza en la corriente de salida.

e) *Amplificadores de Señal*: Estos elementos reciben una señal de presión baja o muy baja y emiten una señal a la presión normal de trabajo.

d) *Contadores*: Estos elementos traducen la señal neumática, contando los ciclos, en señal eléctrica, se pueden incorporar directamente en el mando neumático.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1. ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA.

Lo que busca este análisis, es conocer si es que existe demanda insatisfecha con el producto a ofertar, pero debido a que dicho producto es nuevo en el mercado, no existen datos históricos con los cuales podamos conocer si existe o no demanda insatisfecha; por lo que es importante recolectar información a través de una encuesta.

3.1.1. ESTADÍSTICA.

Generalmente el estudio de la estadística se divide en dos categorías: estadística descriptiva y estadística inferencial.²³

3.1.1.2. Estadística descriptiva.

Es el conjunto de métodos para organizar, resumir y presentar los datos de manera informativa.²⁴

3.1.1.3. Estadística inferencial.

Es el conjunto de métodos utilizados para saber algo acerca de una población, basándose en una muestra.²⁵

El principal objetivo de la estadística inferencial es encontrar algo sobre una población basándose en una muestra tomada de esa población.

²³ Mason, Estadística para Administración y Economía. Onceava Edición. Página 7.

²⁴ Mason, Estadística para Administración y Economía. Onceava Edición. Página 7.

²⁵ Mason, Estadística para Administración y Economía. Onceava Edición. Página 7.

Por tanto, una población, en el sentido estadístico, no siempre se refiere a personas, sino también a objetos.

Población: Conjunto de todos los posibles individuos, objetos o medidas de interés.²⁶

Generalmente se toma una muestra de una población para inferir algo acerca de la misma.

Muestra: Una porción o parte de la población de interés.²⁷

¿Por qué se toma una muestra en vez de estudiar a cada miembro de la población? Una muestra de electores registrados es necesario por el alto costo que representaría comunicarse con millones de electores antes de una elección.

Al someter a una prueba el contenido de humedad en el trigo, se destruye el mismo, por tanto tomar una muestra es de suma importancia. Si los catadores de vino lo probaran todo, no habría vino disponible para su venta.

Como se observó, el hecho de tomar una muestra para obtener información acerca de una población es una práctica común en los negocios, la agricultura, la política, etc.

A continuación, la figura 3.1.1. presenta la relación entre una muestra y una población.

²⁶ Mason, Estadística para Administración y Economía. Onceava Edición. Página 7.

²⁷ Mason, Estadística para Administración y Economía. Onceava Edición. Página 7.

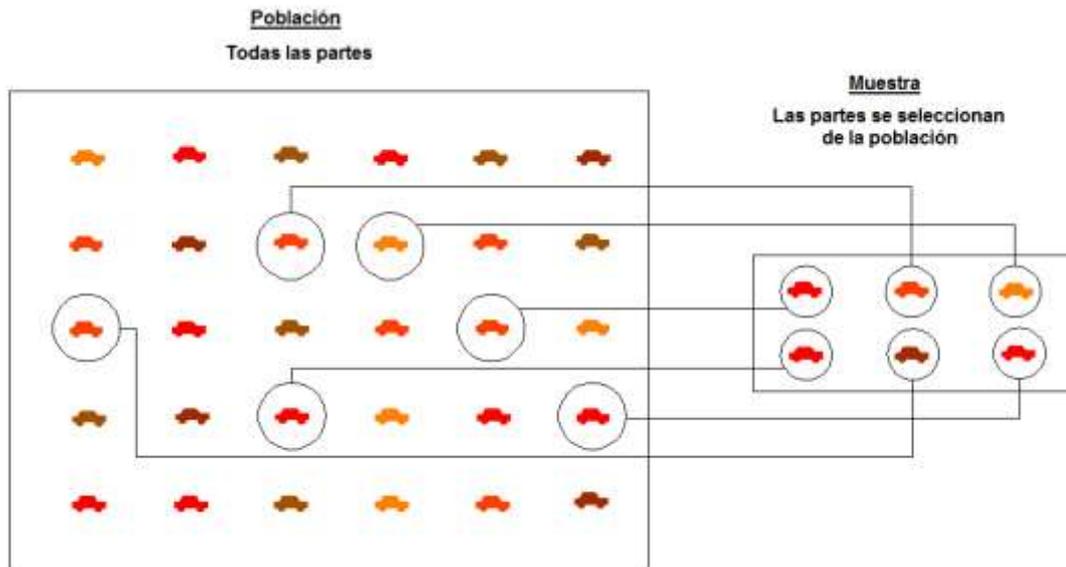


Figura 3.1.1. Relación entre una muestra y una población.²⁸

3.1.2. NÚMERO DE ENCUESTAS.

Para conocer el número de encuestas que se va a realizar, es importante conocer la Población, en esta se puede determinar cómo población los Centros Comerciales de la Ciudad de Quito como son:

- *Sur de Quito:* C.C. Recreo, C.C. Shopping del Sur.
- *Norte de Quito:* Quicentro Shopping, C.C. El Jardín, C.C.I, C.C. El Condado.
- *Valle de los Chillos:* C.C. San Luis Shopping, C.C. River Mall.
- *Valle de Tumbaco:* C.C. Ventura Mall.

Elegida la población, se elige la muestra, por lo tanto, la muestra de cada centro comercial son los patios de comidas, por ello, para calcular el número de encuestas tomando en cuenta la información antes mencionada se utilizará la siguiente ecuación:

²⁸ Mason, Estadística para Administración y Economía. Onceava Edición. Página 8.

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{N * e^2 + p * q * z^2}$$

Ec. 3.1.2.

Donde

n: Muestra: Es el número representativo del grupo de personas que se quiere estudiar y, por tanto, el número de encuestas que se debe realizar, o el número de personas que se debe encuestar.

N: Población: Es el grupo de personas que se va a estudiar, las cuales podrían estar conformadas, por ejemplo, por el público objetivo.

Z: Nivel de Confianza: Mide la confiabilidad de los resultados. Lo usual es utilizar un nivel de confianza de 95% ($z = 1.96$) o de 90% ($z = 1.65$). Mientras mayor sea el nivel de confianza, mayor confiabilidad tendrán los resultados, pero, por otro lado, mayor será el número de la muestra, es decir, mayores encuestas se tendrá que realizar.

e: Grado de Error: Mide el porcentaje de error que puede haber en los resultados. Lo usual es utilizar un grado de error de 5% o de 10%. Mientras menor margen de error, mayor validez tendrán los resultados, pero, por otro lado, mayor será el número de la muestra, es decir, mayores encuestas se tendrá que realizar.

p: Probabilidad de Ocurrencia: Probabilidad de que ocurra el evento. Lo usual es utilizar una probabilidad de ocurrencia del 50%.

q: Probabilidad de no Ocurrencia: Probabilidad de que no ocurra el evento. Lo usual es utilizar una probabilidad de no ocurrencia del 50%. La suma de “p” más “q” siempre debe dar 100%.

Debido a que no existen datos históricos, se estimará el valor de la muestra y de las probabilidades de ocurrencia y de no ocurrencia.

Datos:

$p = 0,5$

$q = 0,5$

$e = 10\%$

$z = 1,96$ con el 95%

$N = 10000$

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{N * e^2 + p * q * z^2}$$

$n = 67,6 = 68$

Según los datos obtenidos, el número de encuestas a realizar es de 68. En resumen las entrevistas por centros comerciales es de aproximadamente 8 encuestas por cada patio de comida.

3.1.3. MODELO DE ENCUESTA.

Buenos Días / Buenas Tardes

Lugar de entrevista: _____

Fecha: _____

Objetivo de la Encuesta:

EVALUAR LA VIABILIDAD DE UNA MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET DE 400 ml A 500 ml Y DE LATAS DE ALUMINIO DE 330 ml A 350 ml EN MERCADO NACIONAL.

Preguntas:

1. Consume Bebidas (Ej.: Coca – Cola, Aguas Manantial, Guitig, Pony Malta, etc.)

___ Si.

___ No.

2. Qué tipo de envase (Gaseosas) Ud. Consume más?
 Botellas de plástico (Coca – Cola, Guitig, etc.)
 Lata de aluminio (Pilsener, Coca – Cola, etc.)
 Las 2 anteriores.
3. Cuantas Bebidas de Plásticos o Bebidas de latas consume diariamente:
 0 a 1
 2 a 3
 O más. Indique cuantas consume_____.
4. En qué lugar consume más estas bebidas:
 Lugar de trabajo.
 Parques recreacionales.
 Centros Deportivos.
 Centros Comerciales.
 Otros
5. Le gustaría que exista una máquina recicladora para estos desechos que se encuentre a su alcance y sea de fácil operación?
 Si.
 No
6. En donde le gustaría que esté ubicada esta máquina:
 Centro Comerciales (Patios de comidas).
 Centros Deportivos (Tenis Club, Estadios Deportivos, etc.).
 Parques de Diversión (Vulcano Park, etc.)
 Universidades
 Otros. _____

Gracias por la debida atención

3.1.4. TABULACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS.

Según los datos que se obtuvo en las encuestas, se va a realizar un análisis de viabilidad para comprobar si existe demanda insatisfecha en el mercado. La tabulación de datos se realizará por cada pregunta y el resultado obtenido por la misma va a dar como conclusión si es que posee viabilidad el proyecto.

Pregunta 1: Consume Bebidas (Ej.: Coca – Cola, Aguas Manantial, Guitig, Pony Malta, etc.).

Tabla 3.1.1. Tabla de Consumo de Bebidas.

ÍTEM	CONSUMO
SI	58
NO	10

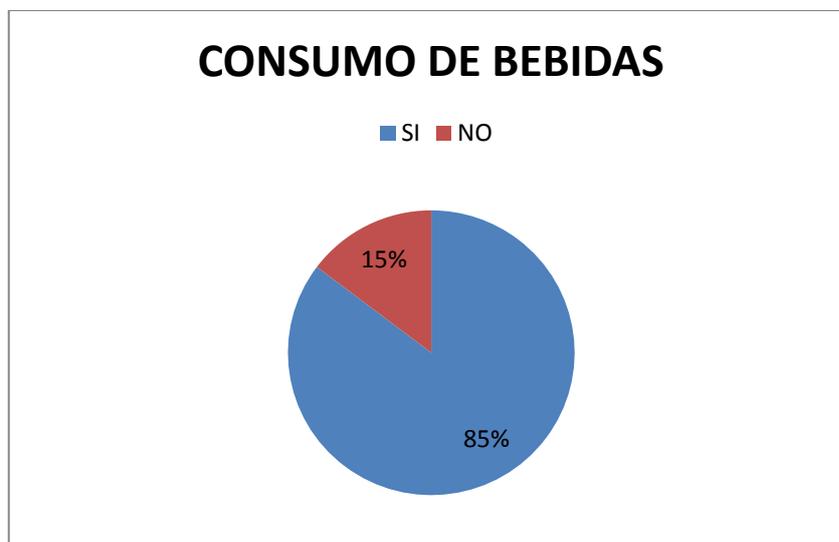


Diagrama 3.1.1. Diagrama de Pastel de Consumo de Bebidas.

Pregunta 2: Que tipo de envase (Gaseosas) Ud. Consume más?

Tabla 3.1.2. Tabla de Tipo de Envase de Mayor Consumo.

ÍTEM	ENVASE
Plástico	43
Aluminio	17
Ambas	8

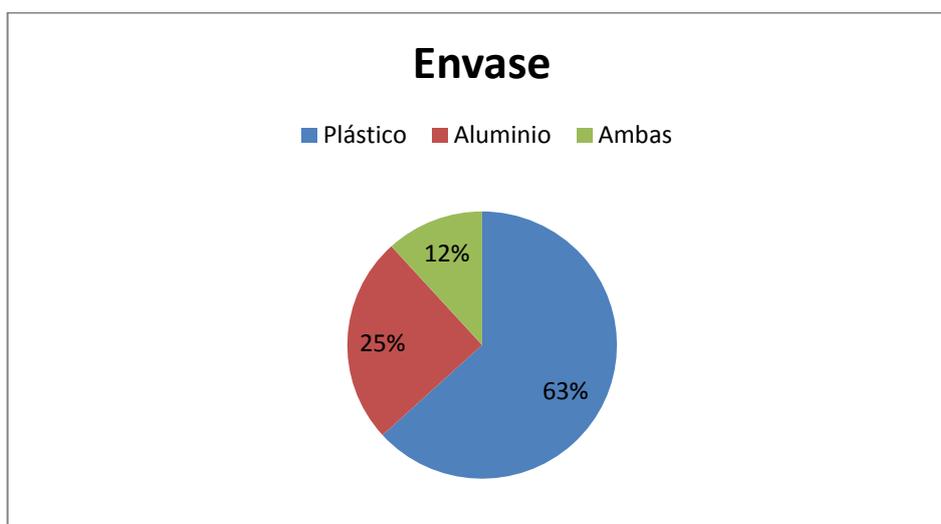


Diagrama 3.1.2. Diagrama de Pastel de Tipo de Envase de Mayor Consumo.

Pregunta 3: Cuantas Bebidas de Plásticos o Bebidas de latas consume diariamente.

Tabla 3.1.3. Tabla de Consumo Diario de Bebidas Plásticas y Aluminio.

ÍTEM	PERSONAS
0 a 2	33
2 a 5	30
5 o más	6

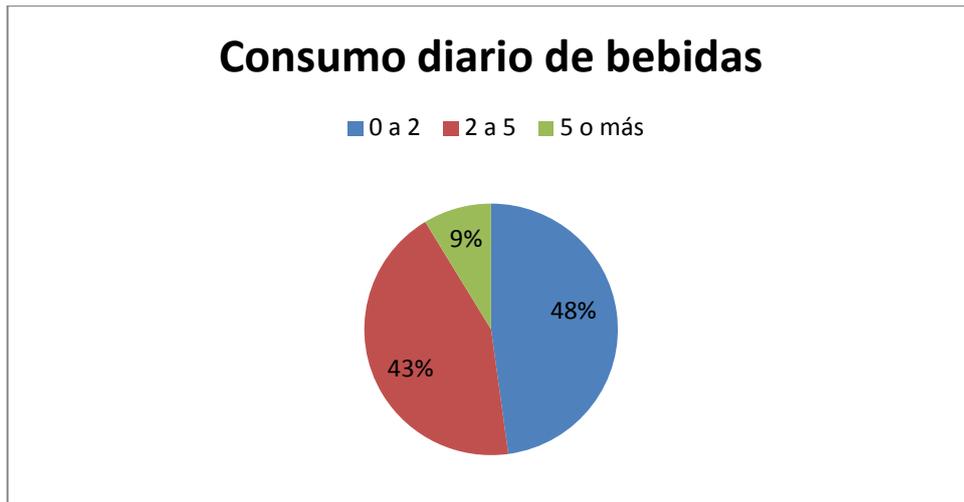


Diagrama 3.1.3. Diagrama de Pastel del Consumo Diario de Bebidas Plásticas y Aluminio.

Pregunta 4: En qué lugar consume más estas bebidas.

Tabla 3.1.4. Tabla del Lugar de Consumo de Bebidas.

ÍTEM	ACEPTACIÓN
Lugar de Trabajo	12
Parques recreacionales	10
Centros Deportivos	26
Centros Comerciales	16
Otros	4

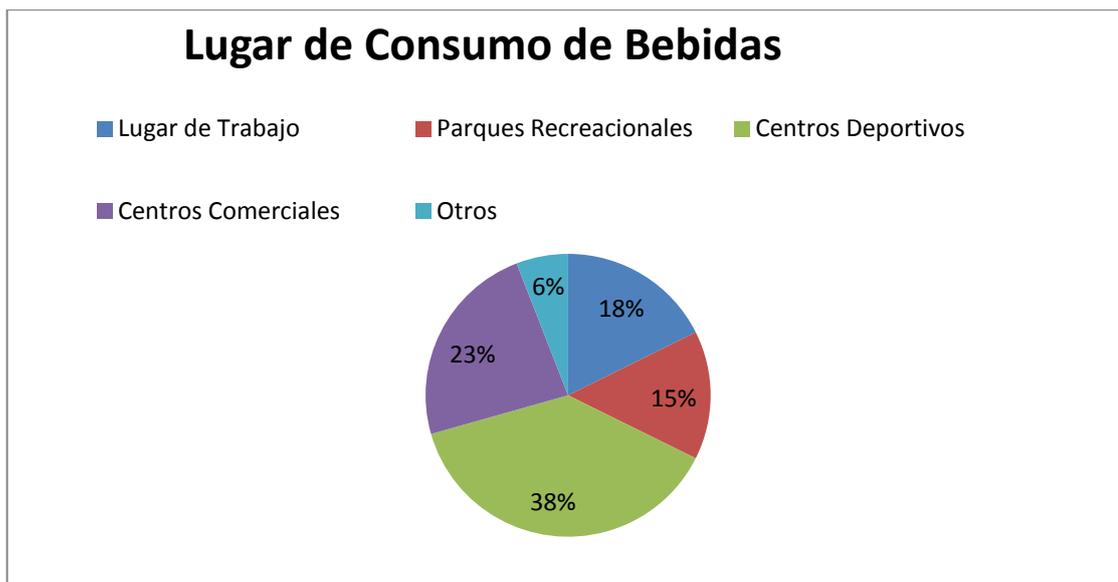


Diagrama 3.1.4. Diagrama de Pastel del Lugar de Consumo de Bebidas.

Pregunta 5: Le gustaría que exista una máquina recicladora para estos desechos que se encuentre a su alcance y sea de fácil operación?

Tabla 3.1.5. Tabla de Existencia de la Máquina Recicladora para estos Desechos.

ÍTEM	UBICACIÓN
SI	58
NO	10

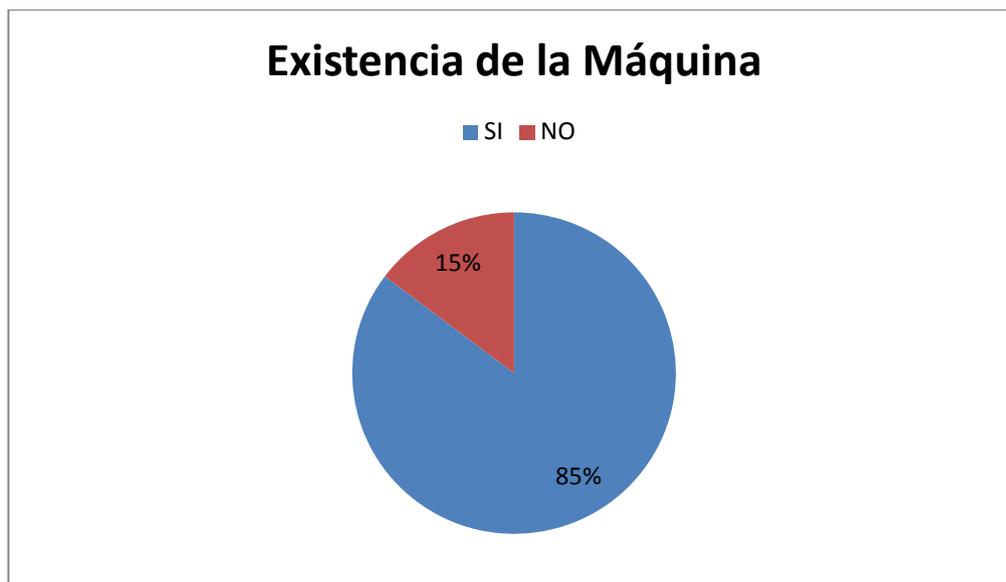


Diagrama 3.1.5. Diagrama de Pastel de Existencia de la Máquina Recicladora para estos Desechos.

Pregunta 6: En donde le gustaría que esté ubicada esta máquina.

Tabla 3.1.6. Tabla de Ubicación de la Máquina.

ÍTEM	ACEPTACIÓN
Centro Comerciales	14
Centros Deportivos	21
Parque de Diversión	15
Universidades	14
Otros	4

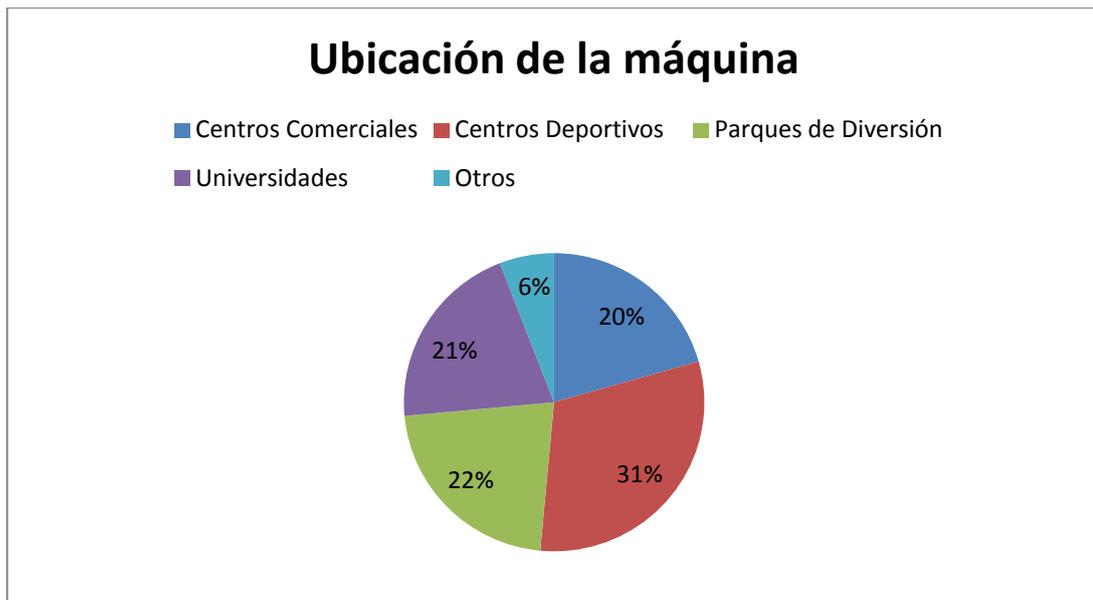


Diagrama 3.1.6. Diagrama de Pastel de Ubicación de la Máquina.

Una vez tabulados los resultados obtenidos gracias a las encuestas aplicadas en los patios de comida de los centros comerciales de la ciudad de Quito, se llega a la conclusión de que existe una amplia aceptación de la máquina recicladora de botellas PET y latas de aluminio dentro del mercado nacional, además permite conocer la cantidad de envases que son consumidos por cada persona diariamente, lo cual ayuda a diseñar y construir el prototipo de acuerdo a las exigencias manifestadas anteriormente.

Además, se puede decir que los posibles clientes o beneficiarios de este prototipo son las empresas que producen este tipo de botellas plásticas PET o latas de aluminio, los cuales pueden ser:

- Coca Cola Company.
- Cervecería Nacional S.A. (Pilsener).
- The Tesalia Springs Co. (Guitig).

Llegando así estas empresas a reciclar sus propios envases, reduciendo costos de producción de nuevos bienes.

3.2. FUNCIONES, REQUISITOS DE DISEÑO Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

3.2.1. FUNCIONES.

La función o funciones especifican lo que debe hacer el dispositivo, mediante afirmaciones generales no cuantitativas, por ello, las funciones que cumple esta máquina son:

- Perforar, a través de un actuador neumático, los envases de plástico PET.
- Compactar el envase de plástico PET y la lata de aluminio.
- Separar y almacenar el envase compactado de acuerdo al material del cual está hecho y así este se pueda dirigir al estante adecuado.

3.2.2. REQUISITOS DE DISEÑO.

- La máquina debe compactar botellas plásticas PET de 400 a 500 ml y latas de aluminio de 330 a 350 ml.
- El cilindro neumático que va a comprimir los envases debe generar una fuerza mayor a los 1520 N.
- El compresor debe tener caudal mínimo de 4.5 cfm.
- El reconocimiento de los envases lo hacen 2 sensores capacitivos.
- El usuario accionará el prototipo a través de dos pulsadores, ya que existe un pulsador para latas de aluminio y un pulsador para envases de plástico PET.
- Compactar los envases de plástico PET y latas de aluminio hasta 1/3 de su tamaño.
- La compactadora debe hacer mínimo 4 ciclos por minuto.
- Debe tener una capacidad máxima de almacenamiento de 80 latas de aluminio y 40 botellas de plástico PET.
- Es muy importante que se utilice la menor cantidad de elementos para reducir costos de fabricación.

3.3.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

a) *Rendimiento*: Dentro de este parámetro se toma en cuenta la compactación de las botellas plásticas PET como las latas de aluminio, la velocidad de desplazamiento del pistón, el área de trabajo disponible, la separación de las botellas de plástico y las latas de aluminio a su respectivo compartimiento y por último el reconocimiento de los envases al inicio del proceso.

b) *Mantenimiento*: Es necesario seleccionar elementos simples de fácil mantenimiento y cuyos repuestos y accesorios sean de fácil adquisición en el mercado local en caso de ser requerido.

c) *Fiabilidad*: Se refiere al funcionamiento satisfactorio del prototipo en cualquier condición de trabajo.

d) *Operación de Control*: Pese a la amplia aplicación de una prensa neumática, es necesario que su funcionamiento sea simple y de igual manera su operación.

e) *Materiales*: Un diseño económico se requiere de una selección de materiales de fácil adquisición y de buenas propiedades mecánicas, además el dimensionamiento de los materiales deben ser de suma importancia para no llegar a obtener desperdicios.

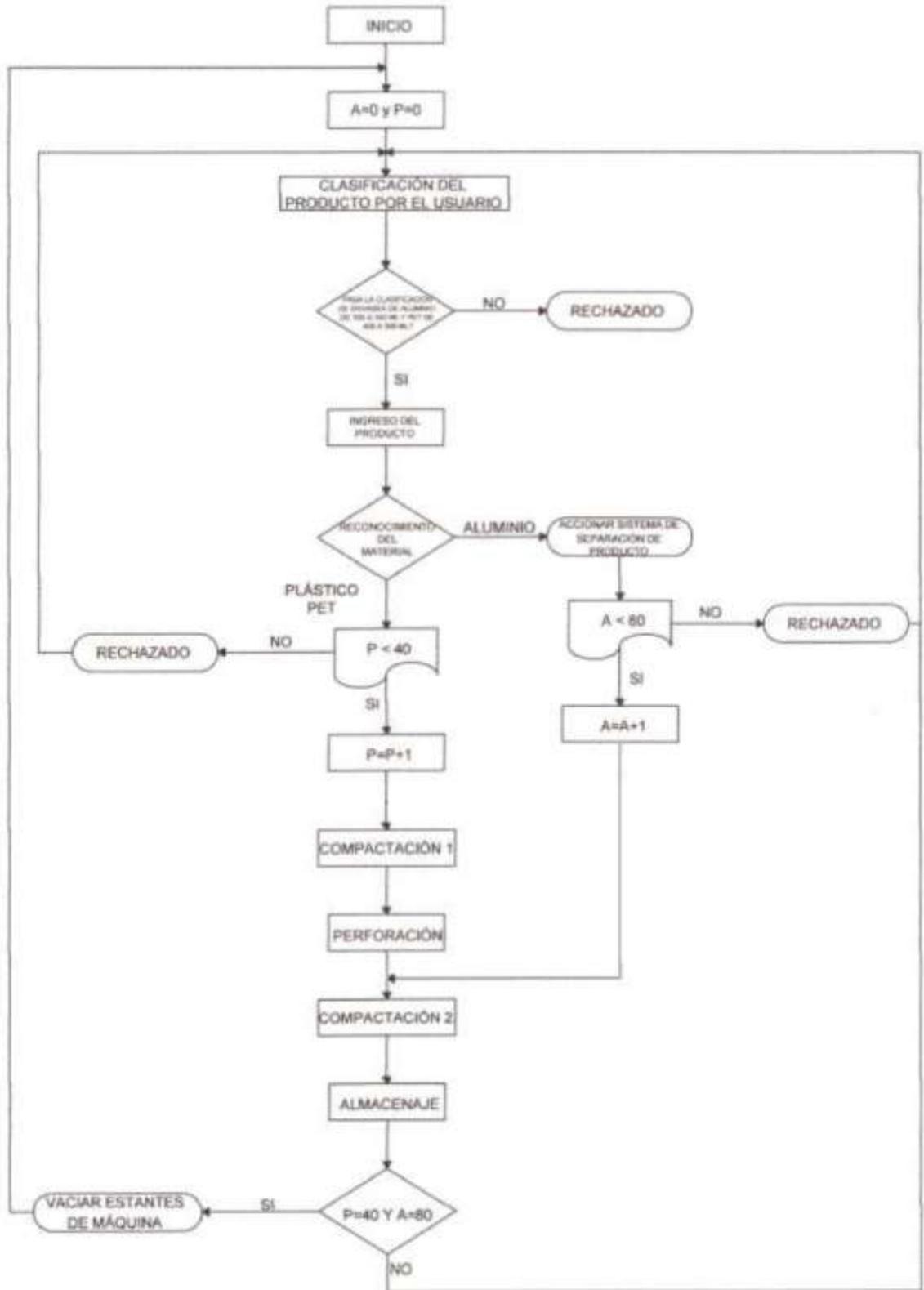
f) *Proceso de Fabricación*: Es necesario evitar procesos complicados o que requieran de maquina sofisticada, de esta manera estamos economizando tiempo y dinero, que es uno de los fines del proyecto.

3.3. ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA.

3.3.1. DIAGRAMA DE PROCESOS.

El diagrama de procesos es una representación de todos los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza. El organigrama que se presenta a continuación indica todos los pasos que seguirá la máquina cuando ingrese en funcionamiento, donde:

- A = Número de latas de aluminio.
- P = Número de botellas plásticas.



3.3.1. Diagrama de Procesos.

3.3.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

a) *Máquina recicladora vertical:* Este prototipo se caracteriza porque posee un único ingreso para botellas plásticas y latas de aluminio; y una sola camisa en la cual se alojarán estos elementos que previamente serán compactados. Además posee un sistema de separación del producto, el cual permitirá que cada elemento compactado (botellas plásticas y latas de aluminio) se dirija a su respectivo depósito (Ver figura 3.3.1.).

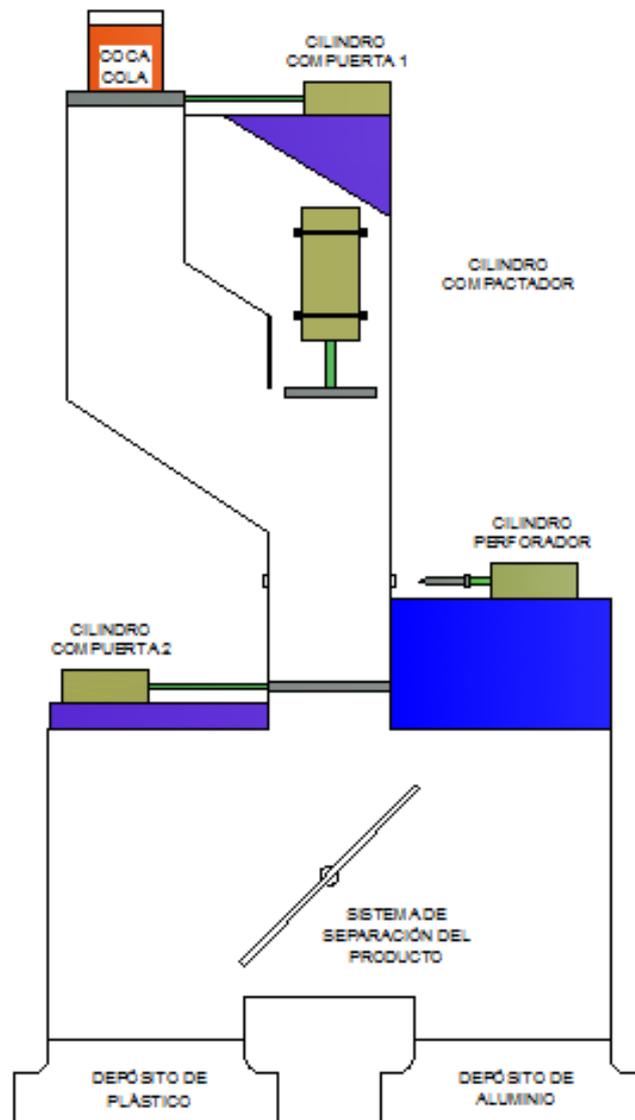


Figura 3.3.1. Máquina recicladora vertical.

b) *Máquina recicladora horizontal*: Este diseño es similar al anterior, con la única diferencia de que el cilindro de compactación y la camisa en la cual se encontrarán dichos elementos a compactar, son orientados de manera horizontal, además tiene la particularidad de poseer una sola entrada para el ingreso de los envases plásticos PET y de las latas de aluminio (Ver figura 3.3.2.).

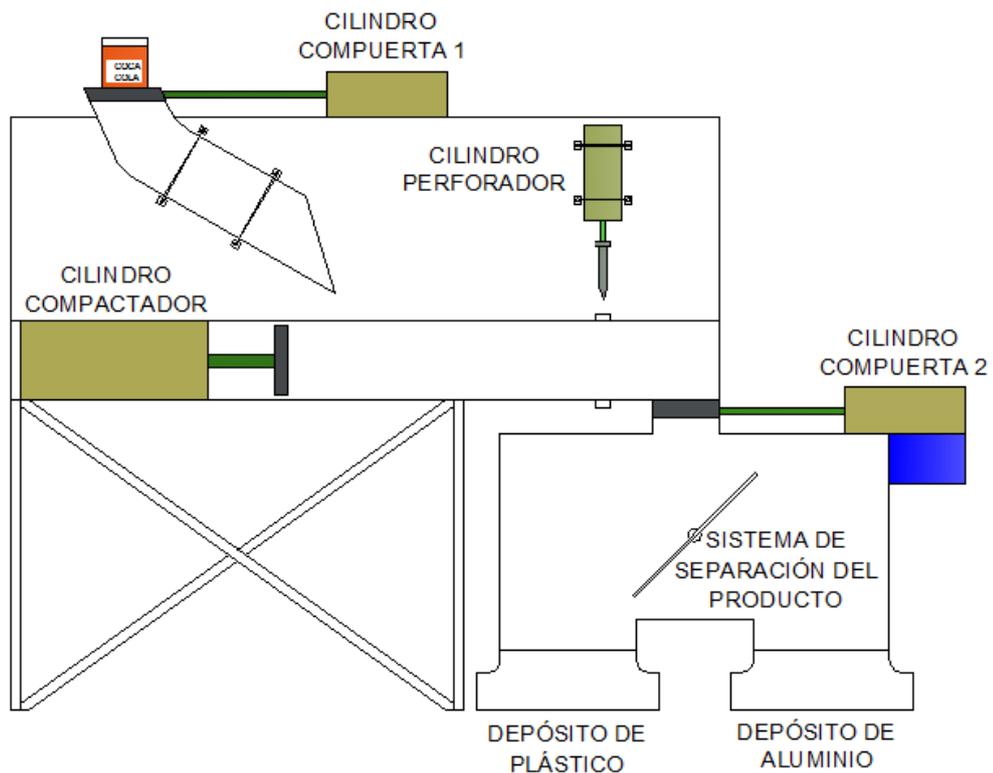


Figura 3.3.2. Máquina recicladora horizontal.

c) *Máquina recicladora vertical de doble camisa*: Esta máquina tiene como particularidad de que el sistema de separación del producto, separa las botellas plásticas y latas de aluminio antes de ser compactadas, lo cual permite que cada elemento a comprimir tenga su propio cilindro de compactación (Ver figura 3.3.3.).

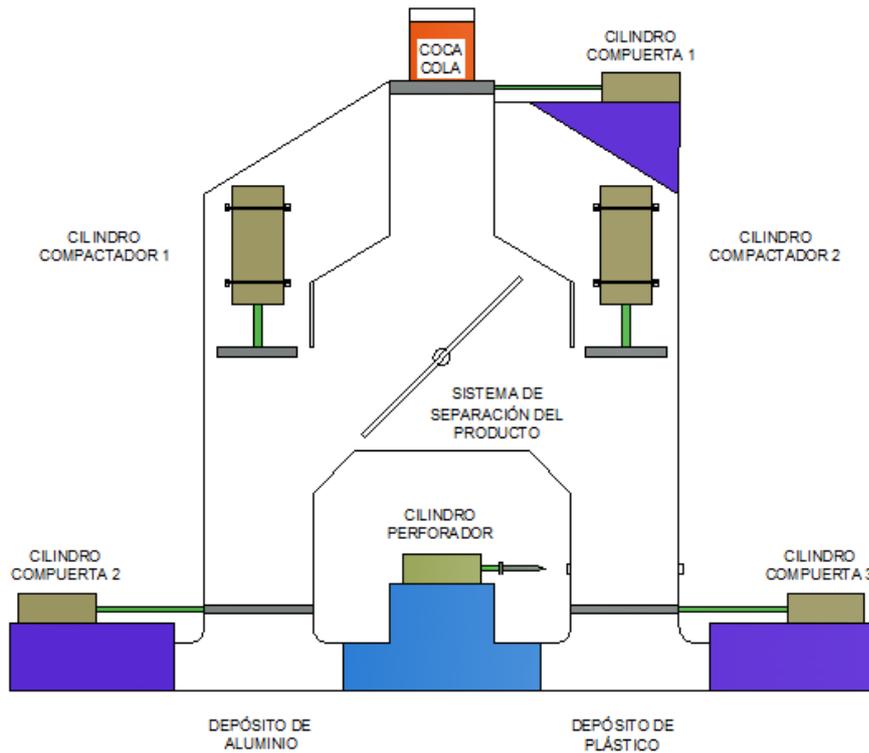


Figura 3.3.3. Máquina recicladora vertical de doble camisa.

d) Máquina recicladora de doble compartimiento: El objetivo de este prototipo es de compactar las botellas plásticas y latas de aluminio por separado, ya que, posee una entrada para plástico y una para aluminio, como así también un cilindro de compactación para cada material, lo que hace que no sea necesario tener un sistema de separación del producto. Cabe mencionar que en este diseño el sistema de compactación de botellas plásticas va a ser vertical, mientras que el sistema de compresión de latas de aluminio va a ser horizontal (Ver figura 3.3.4.).

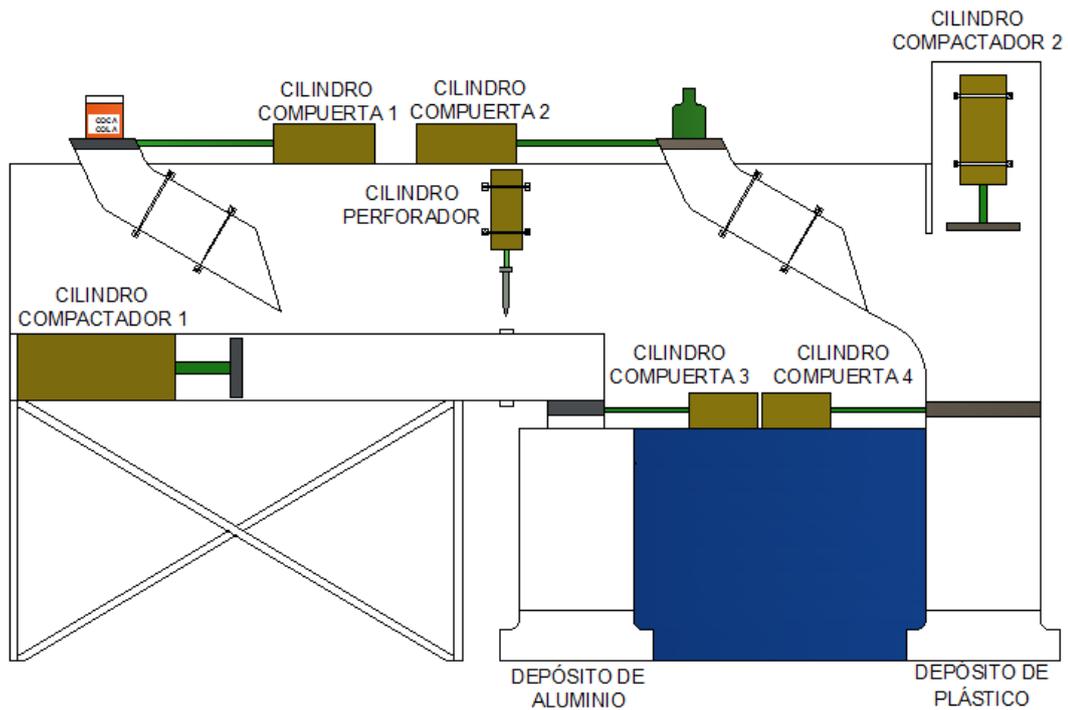


Figura 3.3.4. Máquina recicladora de doble compartimento.

3.4. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONALIDAD.

Se busca que cada elemento, que va a ser parte de este prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas PET y latas de aluminio, presente la mayor eficiencia en las funciones que le corresponda, es decir, debe ser práctico, eficaz y utilitario.

3.4.1. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Las alternativas de diseño se evaluarán con los criterios expuestos a continuación:

Tabla 3.4.1. Matriz de Decisión de Alternativa de Diseño de Máquina Recicladora.

Parámetros	Alternativas							
	Vertical		Horizontal		Vertical de Doble Camisa		Doble Compartimiento	
Desempeño	7		8		8		9	
Rendimiento	3	21	4	32	4	32	5	45
Mantenimiento	4	28	4	32	3	24	3	27
Fiabilidad	3	21	5	40	3	24	3	27
Operación de Control	4	28	4	32	4	32	3	27
Materiales	4	28	4	32	2	16	2	18
Proceso de Fabricación	3	21	3	24	2	16	2	18
Total	21	147	24	192	18	144	18	162

Una vez analizada las alternativas de diseño y construcción del prototipo de máquina recicladora, se ha optado por la máquina recicladora horizontal, ya que esta cumple de mejor manera los parámetros requeridos para el óptimo funcionamiento del mismo.

3.4.2. OPERATIVIDAD DEL PROCESO.

La máquina recicladora de botellas plásticas PET y latas de aluminio podrá ser operada por cualquier persona, ya que la misión de este prototipo está en almacenar el producto compactado en su respectivo compartimiento. La persona que se acerque al conducto de depósito de botellas o latas tendrá que oprimir el botón correspondiente para su respectivo reconocimiento, siendo enviado a una camisa en donde va hacer compactada y luego separada para ser transportada a su respectivo depósito.

El proceso de reconocimiento del producto, la compactación y la separación del producto será realizado en su totalidad por la máquina.

3.4.3. RECONOCIMIENTO DEL PRODUCTO ANTES DE LA COMPACTACIÓN.

Para el reconocimiento de la materia prima, se procederá a realizar una preclasificación de la misma, la cual permitirá eliminar líquidos y elementos no deseados que impedirán el óptimo desempeño de la máquina. Una vez realizada dicha actividad, el usuario debe colocar el producto en el cubículo de ingreso de la máquina. A continuación, se deberá oprimir el pulsador de latas de aluminio o el pulsador de botellas plásticas que permitirá que el prototipo entre en funcionamiento y que a través del uso de sensores capacitivos, permita reconocer si el material a compactar es o no metálico, y además consiga el arranque de 2 sistemas, los cuales son:

- Primer Sistema: Este sistema permite el paso del producto a la camisa de compactación.
- Segundo Sistema: Consiste en el dispositivo que permitirá que el producto compactado, se dirija al depósito correspondiente, según el tipo de material que sea.

3.4.4. COMPACTACIÓN DEL PRODUCTO.

Una vez que el producto es reconocido por la máquina, se accionará el sistema neumático, en el cual intervienen 4 cilindros:

- El primer cilindro es el que permitirá que el envase se dirija a la camisa en la cual será compactado.
- A continuación se accionará el cilindro que permite cerrar tanto la puerta de ingresa como salida de la camisa.
- Una vez realizado este proceso, intervendrá el cilindro que compactará al envase (Solo si es que el envase ingresado es de plástico, se acciona el cuarto cilindro, el cual perfora el envase plástico para que el aire existente dentro del mismo pueda fugar.

- Una vez compactado el producto, los cilindros regresarán a su posición inicial, permitiendo que el envase compactado descienda por gravedad al lugar donde será separado.

3.4.5. SEPARACIÓN DEL PRODUCTO A SU COMPARTIMIENTO.

Una vez, que el producto compactado descienda por gravedad al sistema de separación, se encontrará ya accionado los sopladores neumáticos correspondientes al envase compactado, el cual permitirá que dicho envase se dirija a su respectivo compartimiento.

3.4.6. MANTENIMIENTO.

Todo dispositivo mecánico-electrónico requiere de mantenimiento adecuado para que sus condiciones de funcionamiento sean las adecuadas y no tenga que realizar manutención.

El mantenimiento que se realizará a la máquina recicladora es:

- a) Mantenimiento Preventivo.

Es importante realizar un mantenimiento preventivo a la máquina, ya que esto nos permitirá un mejor desempeño de la misma y lograremos disminuir significativamente los tiempos de parada cuando se realice un mantenimiento mucho más estricto de todos los elementos que conforma la máquina recicladora.

3.5. CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN.

Estas características constan de:

- Facilidad de Construcción.
- Costos de Construcción.

3.5.1. FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.

La construcción del prototipo de máquina recicladora se basará en la adquisición de materiales cuyos precios sean accesibles para los integrantes de este proyecto, tratando de disponer del mercado nacional en su mayoría.

3.5.2. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.

Como se dijo anteriormente, la inversión, tecnología aplicada y la mano de obra calificada; solo se lo va a realizar en el mercado nacional.

3.6. MATRIZ DE DECISIONES.

Una vez obtenido los parámetros de prueba, se procederá a presentar las alternativas de los resultados obtenidos en la matriz de decisión para cada caso.

3.6.1. CILINDRO NEUMÁTICO.

Una vez analizado los diferentes tipos de cilindros, se puede manifestar que el cilindro neumático que servirá como compuerta para el paso del material a compactar, será de un cilindro de simple efecto, ya que los parámetros necesarios para la activación de dicho elemento, no son de gran complejidad. El cilindro neumático que servirá para compactar, perforar y cerrar todas las aberturas existentes en la camisa donde se compactará el producto, serán de doble efecto, ya que así podremos utilizar la presión generada por el compresor tanto para el avance como para el retorno del pistón, y así, lograremos alcanzar un mejor rendimiento de la máquina en cuanto a funcionalidad se refiere.

3.6.2. MONTAJE DEL CILINDRO.

El tipo de fijación depende del modo en que los cilindros se coloquen en dispositivos y máquinas. Si el tipo de fijación es definitivo, el cilindro puede ir

equipado de los accesorios de montaje necesarios. De lo contrario, como dichos accesorios se construyen según el sistema de piezas estandarizadas, también más tarde puede efectuarse la transformación de un tipo de fijación a otro. Este sistema de montaje facilita el almacenamiento en empresas que utilizan a menudo el aire comprimido, puesto que basta combinar el cilindro básico con las correspondientes piezas de fijación.

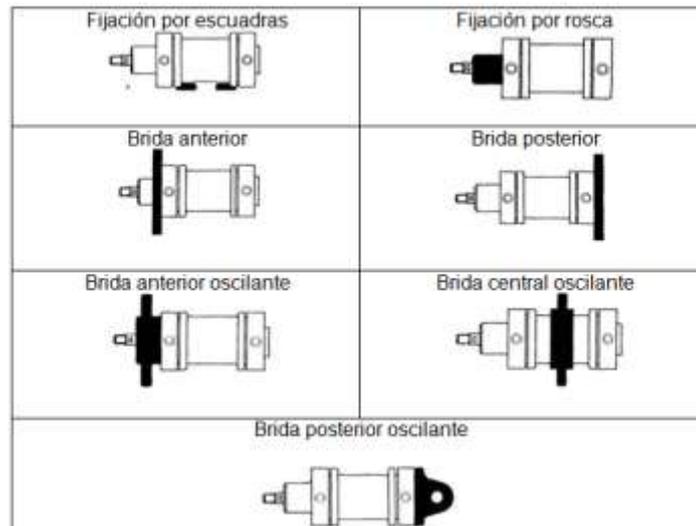


Figura 3.6.1. Montaje de Cilindro.²⁹

Después de analizar los diferentes tipos de fijaciones de los cilindros, se ha optado por la sujeción por escuadras, ya que con esta sujeción se obtiene una buena estanquidad del cilindro y evita cualquier movimiento al mismo.

3.6.3. SENSORES.

En el mercado, existen 2 tipos de sensores capacitivos que pueden ser utilizados, estos son los sensores blindados y los no blindados, pero para este tipo de aplicación utilizaremos 2 sensores capacitivos blindados ya que posee las siguientes características:

- Especial para posicionamiento.
- Distancias más cortas de detección.
- Sensado limitado al frente del sensor.

²⁹ www.serviciohidraulico.com/frame_cilindrosmontajes_contl

- Resistente a los golpes.

Debido a las características antes mencionadas, podemos garantizar un mejor desempeño del sistema al momento de reconocer el material del producto a compactar.

3.6.4. SISTEMA DE SEPARACIÓN DEL PRODUCTO

El sistema de separación del producto está compuesta por una rampa y un conducto, en donde para separar el producto se va a utilizar cuatro sopladores neumáticos circulares, dos para botellas plásticas y otros dos para latas de aluminio, los cuales permitirán, como se menciona anteriormente, enviar el producto a su respectivo compartimiento.

3.6.5. COMPRESOR.

Para poder realizar una buena elección del compresor que se utilizará para este proyecto, es necesario analizar los 7 parámetros que se mencionaron en el capítulo 2, a través de una matriz de decisión.

Tabla3.6.1. Matriz de Decisión de Elección del Compresor.

Parámetros	Alternativas													
	Pistón		De Diafragma		Multicelular		Tornillo		Roots		Axial		Radial	
Desempeño	7		7		6		8		7		7		6	
Caudal	4	28	4	28	3	18	5	40	2	14	5	35	4	24
Presión	4	28	3	21	5	30	5	40	3	21	3	21	3	18
Accionamiento	4	28	3	21	3	18	3	24	3	21	3	21	3	18
Regulación	2	14	2	14	1	6	2	16	3	21	3	21	3	18
Refrigeración	4	16	4	28	4	24	2	16	4	28	4	28	4	24
Ubicación de la unidad compresora	4	28	4	28	4	24	2	16	5	35	3	21	3	18
Acumulador de aire comprimido	4	28	4	28	1	6	1	8	3	21	3	21	2	12
Total	26	170	24	168	21	126	20	160	23	161	24	168	22	132

Después de analizar las opciones en cuanto a compresores se refiere, se ha llegado a la conclusión de que el compresor de pistón es el indicado, ya que este se encuentra más acorde a las necesidades del proyecto.

3.6.6. VÁLVULAS Y SISTEMA DE CONTROL.

Para el diseño de este prototipo, los tipos de válvulas mencionadas en el capítulo 2 son las más utilizadas en un sistema de control simple como es el utilizado en prensas neumáticas.

El sistema de control sirve para lograr un funcionamiento predeterminado, en este caso, del prototipo de recicladora, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallo y se obtengan los resultados deseados. Existen diversos tipos de sistemas, de los cuales los más importantes y que podrían aplicarse a este proyecto son:

- Sistema de control de lazo abierto: Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera.
- Sistema de control de lazo cerrado: Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia.

Debido a las características mencionadas anteriormente, el sistema de control a utilizar es de lazo cerrado, ya que la acción de control está en función de la señal de salida. El ejemplo que podemos mencionar para este prototipo es el control que se realizará a través de dos contadores que permitan que la máquina acepte solo un número limitado de latas de aluminio y botellas plásticas PET para su compactación y separación.

3.7. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y ESPECIFICACIONES DE UNA SOLUCIÓN.

En conclusión, se puede definir que la alternativa más económica y funcional con la para este prototipo es la de una máquina recicladora horizontal que va a utilizar una línea neumática ya que los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas e inclusive se puede manifestar que se logrará evitar daños en los componentes del circuito neumático ya que se trabaja únicamente con aire. El compresor que se utiliza para este circuito será uno de pistón ya que este es el tipo de compresor más difundido actualmente, y adicionalmente permite comprimir a baja, media o alta presión. El sistema de separación del producto será controlado por cuatro sopladores neumáticos, dos para botellas plásticas y otros dos para latas de aluminio, los mismos que entrarán en funcionamiento de acuerdo a los dos sensores capacitivos, los cuales permitirán que el producto compactado se dirija al estante respectivo según el tipo de material.

Finalmente, podemos manifestar que dicho proyecto puede tener como posibles beneficiarios a empresas como Coca Cola Company, Cervecería Nacional S.A., The Tesalia Springs Co, entre otros, llegando así estas empresas a reciclar sus propios envases, reduciendo costos de producción de nuevos bienes.

CAPÍTULO 4

CÁLCULO Y DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA

4.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO.

El diseño de este prototipo se lo realizará en tres partes. En la primera parte constarán los datos de ensayos de compresión realizados a las distintas botellas plásticas y latas de aluminio existentes en el mercado nacional, para poder conocer cuál es la fuerza crítica de compactación. En la segunda parte se analizará, se diseñará y se seleccionará los diferentes accesorios del sistema neumático, mientras que la tercera parte consta el diseño del bastidor o estructura metálica, en el cual se montarán todos los elementos especificados en la primera parte para así poder alcanzar la eficiencia y eficacia de la máquina.

4.2. ENSAYOS DE COMPRESIÓN A BOTELLAS PLÁSTICAS PET Y LATAS DE ALUMINIO.

Es importante conocer las diferentes botellas que hay en el mercado nacional y las fuerzas que son necesarias para poder compactarlas, para la cual se diseñó un émbolo y una camisa de prueba que permitirán simular las condiciones en las cuales se va a encontrar el objeto a comprimir y además ayudará a obtener una mejor lectura de dichas fuerzas; también se utilizará la máquina de ensayos universales MTS del laboratorio de resistencia de materiales del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército. A continuación se mencionarán las medidas de los diferentes envases, con sus respectivos pesos, para la cual se utilizó una balanza digital marca KERN 440-53 de apreciación = 1 gr y un peso máximo de peso = 5000 gr, ya que de esta manera se puede obtener un buen diseño de la camisa y émbolo de prueba.

Tabla 4.2.1. Dimensiones y Pesos de Envases Plásticos.

BOTELLAS PLÁSTICAS PET						
Descripción del Producto	Diámetro de la Tapa (cm)	Altura de la Tapa (cm)	Diámetro Gobernante (cm)	Altura Total de la Botella (cm)	Peso Con Líquido (gr)	Peso sin Líquido (gr)
Etiqueta: Profit. Contenido: 500ml.	3,00 2,00 (DP)	4,20	6,40	25,50	536	31 Tapa=4
Etiqueta: TH ₂ Onic. Contenido: 500ml	3,00	2,40	6,80	21,50	588	30 Tapa=2
Etiqueta: Guitig. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,60	25,00	520	29 Tapa=2
Etiqueta: Agua Supermaxi. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,70	21,50	554	30 Tapa=2
Etiqueta: Dasani Agua. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	7,00	21,50	529	32 Tapa=2
Etiqueta: Dasani Cola. Contenido: 500ml.	3,00	2,00	7,00	21,50	513	18 Tapa=2
Etiqueta: Vivant. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	7,00	23,30	547	24 Tapa=2
Etiqueta: All Natural. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,10	21,50	514	21 Tapa=2
Etiqueta: Manantial SG. Contenido: 500ml.	3,10	2,40	6,20	23,50	510	22 Tapa=2
Etiqueta: Manantial CG. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,50	23,50	518	30 Tapa=2
Etiqueta: Tesalia Agua Mineral SG. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,50	22,00	527	23 Tapa=2
Etiqueta: Tesalia Agua Mineral. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,90	20,5	525	23 Tapa=2

Tabla 4.2.1. Dimensiones y Pesos de Envases Plásticos (Continuación).

Descripción del Producto	Diámetro de la Tapa (cm)	Altura de la Tapa (cm)	Diámetro Gobernante (cm)	Altura Total de la Botella (cm)	Peso Con Líquido (gr)	Peso sin Líquido (gr)
Etiqueta: Tesalia Ice. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,50	23,00	545	29 Tapa=2
Etiqueta: Agua Plus. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,80	23,50	511	30 Tapa=2
Etiqueta: Ovit. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,50	23,50	515	26 Tapa=2
Etiqueta: Cifrut Tropical Punch. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,50	24,00	522	27 Tapa=2
Etiqueta: Tampico Citrus Punch. Contenido: 500ml.	3,00 2,00 (DP)	4,20	6,70	22,50	522	27 Tapa=4
Etiqueta: Toni Te. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,70	21,00	538	24 Tapa=2
Etiqueta: Nestea Te. Contenido: 500ml.	3,00	2,00	6,50	22,00	515	19 Tapa=2
Etiqueta: Coca-Cola. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,50	25,00	531	32 Tapa=2
Etiqueta: Fruit. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,60	24,00	571	26 Tapa=2
Etiqueta: Fanta. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,70	24,50	534	32 Tapa=2
Etiqueta: Orangine. Contenido: 500ml.	3,00	2,40	6,80	22,00	530	30 Tapa=2
Etiqueta: Fanta. Contenido: 410ml.	3,00	2,40	6,40	21,50	435	32 Tapa=2
Etiqueta: Coca-Cola. Contenido: 410ml.	3,00	2,40	6,40	22,00	435	32 Tapa=2
Etiqueta: Pepsi Company. Contenido: 400ml.	3,00	2,40	6,10	21,50	429	26 Tapa=2

Tabla 4.2.2. Dimensiones y Pesos de Latas de Aluminio.

LATAS DE ALUMINIO				
Descripción del Producto	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso con Líquido (gr)	Peso sin Líquido (gr)
Etiqueta: Coca-Cola. Contenido: 350ml.	6,70	12,40	378	14
Etiqueta: Florida Natural. Contenido: 340ml.	6,70	12,40	379	19
Etiqueta: Pony Malta. Contenido: 330ml.	6,60	11,70	350	12
Etiqueta: Cerveza Pilsener. Contenido: 330ml.	6,70	11,70	344	15

4.2.1. DISEÑO DE ÉMBOLO Y CAMISA DE PRUEBA.

De acuerdo a las medidas mencionadas que poseen los diferentes envases tanto plásticos como de aluminio. En este caso, no es indispensable realizar cálculos para la elección del tipo de material, pero debemos garantizar que el material tenga buenas propiedades mecánicas, por ello se ha visto la necesidad de elegir un acero de transmisión para estos 2 elementos. El diseño del émbolo y la camisa de prueba serán los que se muestran en las figuras 4.2.1. y 4.2.2.

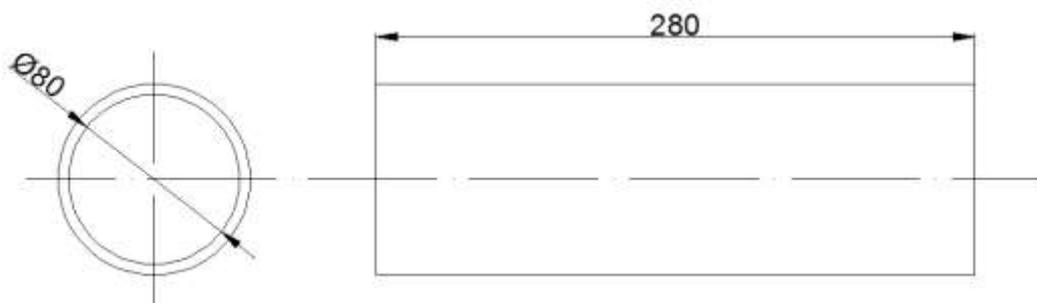


Figura 4.2.1. Diseño de Camisa de Prueba.

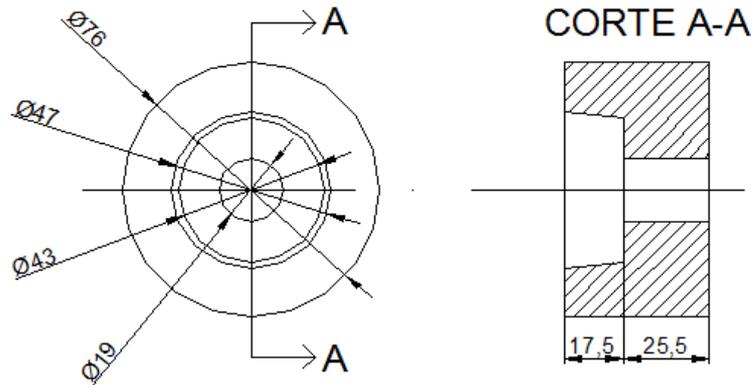


Figura 4.2.2. Diseño del Émbolo de Prueba.

4.2.2. ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y MEDICIÓN DE FUERZA CRÍTICA.

Para conocer las fuerzas necesarias para la compactación de las botellas plásticas y latas de aluminio se procedió a colocar uno de estos envases dentro de la camisa de prueba. A continuación se colocó el émbolo de prueba en la parte superior de la camisa, y a través de la máquina de ensayos universales MTS del laboratorio de resistencia de materiales (ver figura 4.4.3.). Se procedió a compactar los diferentes envases a una velocidad de 0.0042 m/s (4.2 mm/s) alcanzando diferentes fuerzas de compactación que serán mencionadas a continuación:

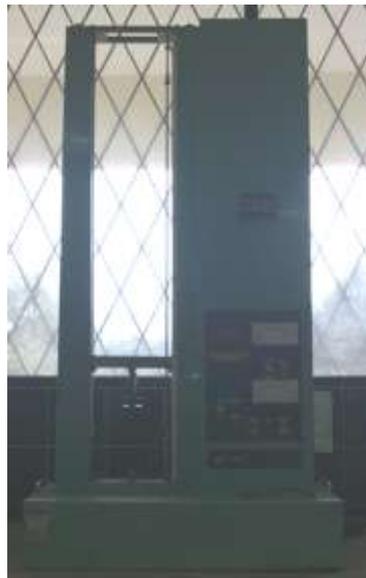


Figura 4.4.3. Máquina de Ensayos Universales MTS.

Características técnicas de la máquina de ensayos universal MTS.

Equipo: Máquina de ensayos universales MTS

Código: RM – 14

Manual: MRM – 14

Marca: MTS

Modelo: T 5002

Voltaje: 110 / 120 V

Fases : 1

Ciclos : 60 Hz

Peso: 300 Kg.

Capacidad max: 5000 N

Velocidad max. del motor: 20 plg / min

Tabla 4.2.3. Fuerzas de Compactación en Latas de Aluminio.

LATAS DE ALUMINIO			
Descripción del Producto	F1 (N)	F2 (N)	Fp (N)
Etiqueta: Coca-Cola. Contenido: 350ml.	914.00	867.00	890.50
Etiqueta: Florida Natural. Contenido: 340ml.	819.00	971.00	895.00
Etiqueta: Pony Malta. Contenido: 330ml.	942.00	814.00	878.00
Etiqueta: Cerveza Pilsener. Contenido: 330ml.	925.00	844.00	884.50

Tabla 4.2.4. Fuerzas de Compactación y Perforación en Envases Plásticos.

BOTELLAS PLÁSTICAS								
Tipo de Fuerza	Fuerza de Perforación				Fuerza de Compactación			
Descripción del Producto	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	Fp (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	Fp (N)
Etiqueta: Profit. Contenido: 500ml.	79.00	84.00	56.00	73.00	1100.00	982.00	986.00	1022.70
Etiqueta: TH ₂ Onic. Contenido: 500ml	58.00	71.00	54.00	61.00	893.00	1065.00	938.00	965.33
Etiqueta: Guitig. Contenido: 500ml.	64.00	66.00	70.00	66.66	1026.00	1519.00	1234.00	1259.70
Etiqueta: Agua Supermaxi. Contenido: 500ml.	61.00	66.00	60.00	62.33	568.00	589.00	614.00	590.33
Etiqueta: Dasani Agua. Contenido: 500ml.	65.00	62.00	64.00	63.70	1156.00	1317.00	1179.00	1217.33
Etiqueta: Dasani Cola. Contenido: 500ml.	63.00	70.00	61.00	64.70	1214.00	1092.00	1154.00	1153.33
Etiqueta: Vivant. Contenido: 500ml.	31.00	36.00	28.00	31.70	462.00	516.00	606.00	528.00
Etiqueta: All Natural. Contenido: 500ml.	54.00	62.00	62.00	59.33	876.00	912.00	892.00	893.33
Etiqueta: Manantial sin Gas. Contenido: 500ml.	72.00	68.00	73.00	71.00	932.00	945.00	1003.00	960.00
Etiqueta: Manantial con Gas. Contenido: 500ml.	61.00	56.00	65.00	60.70	654.00	599.00	615.00	624.33

**Tabla 4.2.4. Fuerzas de Compactación y Perforación en Envases Plásticos
(Continuación).**

Tipo de Fuerza	Fuerza de Perforación				Fuerza de Compactación			
	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	Fp (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	Fp (N)
Etiqueta: Tesalia Agua Mineral sin Gas. Contenido: 500ml.	54.00	72.00	50.00	58.70	475.00	533.00	606.00	538.00
Etiqueta: Tesalia Agua Mineral. Contenido: 500ml.	61.00	55.00	57.00	57.70	503.00	496.00	523.00	507.33
Etiqueta: Tesalia Ice. Contenido: 500ml.	56.00	64.00	60.00	60.00	601.00	558.00	589.00	582.70
Etiqueta: Agua Plus. Contenido: 500ml.	55.00	53.00	61.00	56.33	1595.00	1718.00	1012.00	1441.66
Etiqueta: Ovit. Contenido: 500ml.	81.00	74.00	70.00	75.00	763.00	812.00	832.00	802.33
Etiqueta: Cifrut Tropical Punch. Contenido: 500ml.	60.00	63.00	55.00	59.33	514.00	514.00	533.00	520.33
Etiqueta: Tampico Citrus Punch. Contenido: 500ml.	62.00	55.00	53.00	56.70	518.00	450.00	618.00	528.70
Etiqueta: Toni Te. Contenido: 500ml.	80.00	54.00	70.00	71.00	650.00	880.00	664.00	731.33
Etiqueta: Nestea Te. Contenido: 500ml.	55.00	50.00	56.00	53.70	450.00	485.00	491.00	475.33

**Tabla 4.2.4. Fuerzas de compactación y perforación en envases plásticos
(Continuación).**

Tipo de Fuerza	Fuerza de Perforación				Fuerza de Compactación			
	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	Fp (N)	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)	Fp (N)
Etiqueta: Coca-Cola. Contenido: 500ml.	282.00	215.00	189.00	228.70	1720.00	1035.00	1806.00	1520.33
Etiqueta: Fruit. Contenido: 500ml.	72.00	77.00	81.00	76.70	1130.00	1012.00	1056.00	1066.00
Etiqueta: Fanta. Contenido: 500ml.	97.00	70.00	84.00	83.66	1873.00	1424.00	1112.00	1469.66
Etiqueta: Orangine. Contenido: 500ml.	81.00	75.00	82.00	79.33	1321.00	1200.00	1258.00	1259.70
Etiqueta: Fanta. Contenido: 410ml.	103.00	72.00	86.00	87.00	1159.00	1469.00	1534.00	1387.33
Etiqueta: Coca-Cola. Contenido: 410ml.	78.00	48.00	72.00	66.00	1645.00	1326.00	1301.00	1424.00
Etiqueta: Pepsi Company. Contenido: 400ml.	56.00	55.00	62.00	57.70	819.00	832.00	832.00	827.70

Se puede ver que la fuerza crítica de perforación es de 228.70 N, mientras que la fuerza de compactación de mayor valor es la de 1520.33 N, los cuales resultan corresponder a la botella plástica PET marca COCA-COLA de 500 ml., por lo cual éstos serán los parámetros que regirán en la selección y cálculo de los elementos neumáticos a utilizar.

4.3. DISEÑO DE LA LÍNEA NEUMÁTICA Y ELÉCTRICA.

Es importante comenzar con el diseño del circuito neumático, ya que este circuito permitirá conocer qué y cuántos elementos neumáticos y eléctricos se necesitará para el cumplimiento de las necesidades del prototipo de máquina recicladora.

A continuación se explicará el principio de funcionamiento de la máquina recicladora de botellas PET de 400 a 500 ml y latas de aluminio de 330 a 350 ml.

Para el reconocimiento de la materia prima, se procederá a realizar una preclasificación de la misma. Una vez realizada dicha actividad, el usuario debe colocar el producto en un cubículo de ingreso (1), después, se deberá oprimir el pulsador de latas de aluminio o botellas plásticas (2) el cual permitirá que el prototipo entre en funcionamiento, abriéndose una compuerta de ingreso del producto la cual es accionada por un cilindro de simple efecto (3), pasando dicho producto por un conducto de ingreso (4), llegando a la camisa de compactación (5), en donde un vástago del cilindro compactador (6) recorra la carrera necesaria para lograr una compactación del producto hasta $\frac{1}{3}$ de su tamaño original. Al momento que cae el producto a la camisa, se cierran dos compuertas una superior (7) y una inferior (8) que son accionados por un cilindro neumático (9), la cual permite un cierre hermético de la camisa.

Después de la compactación del producto, cae a un sistema de separación (10) en donde se dirige a un conducto de separación (11), que por medio de unos sopladores de aire (12), el producto compactado es enviado a su respectivo recipiente, ya sea al recipiente de latas de aluminio (13) o al recipiente de botellas PET (14), cerrando todo el proceso de funcionamiento del prototipo de máquina recicladora.

La máquina prototipo se muestra en la siguiente figura (4.3.1.).

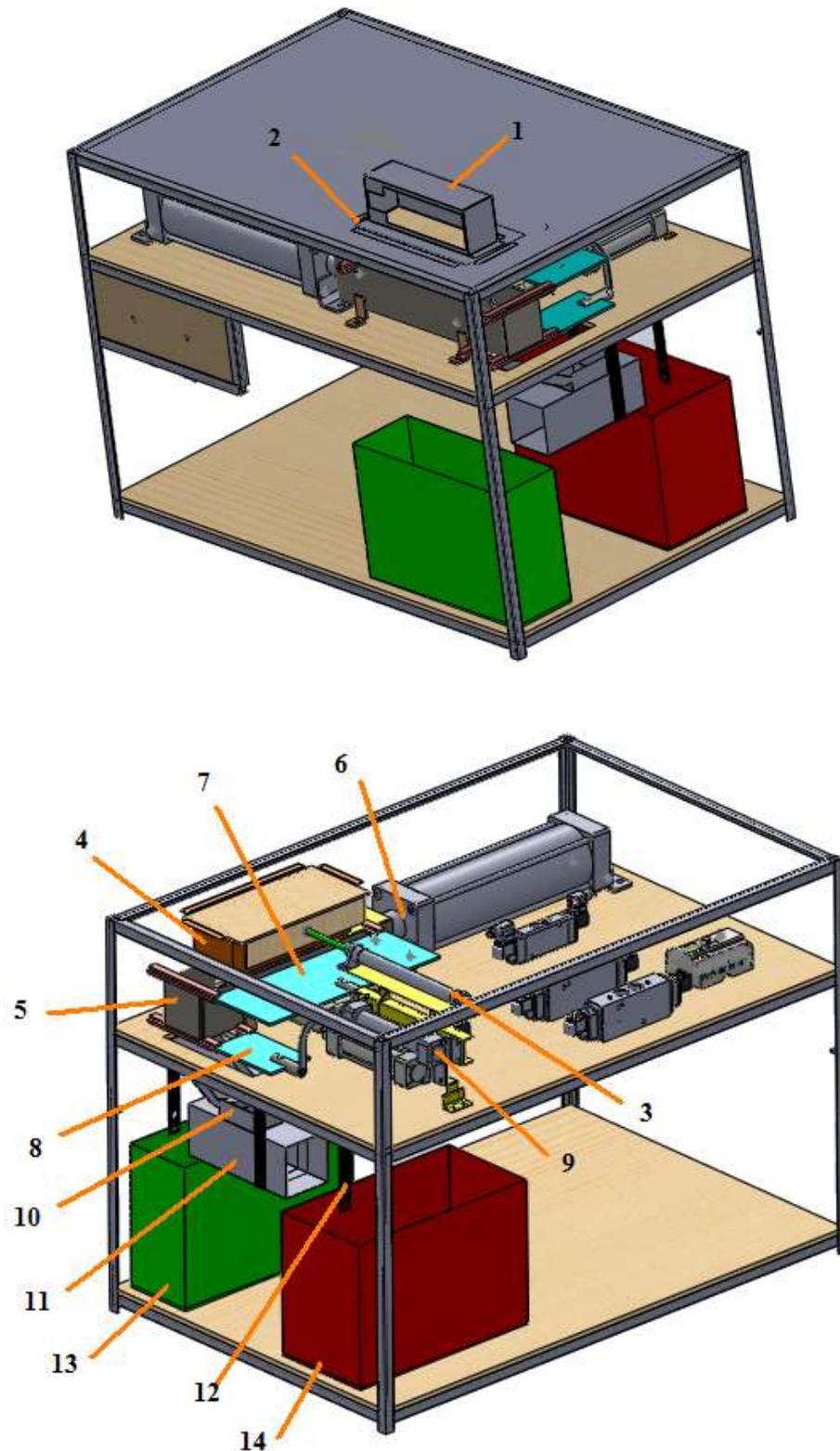


Figura 4.3.1. Prototipo de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.

El circuito de potencia y de control se mostrará en los siguientes diagramas:

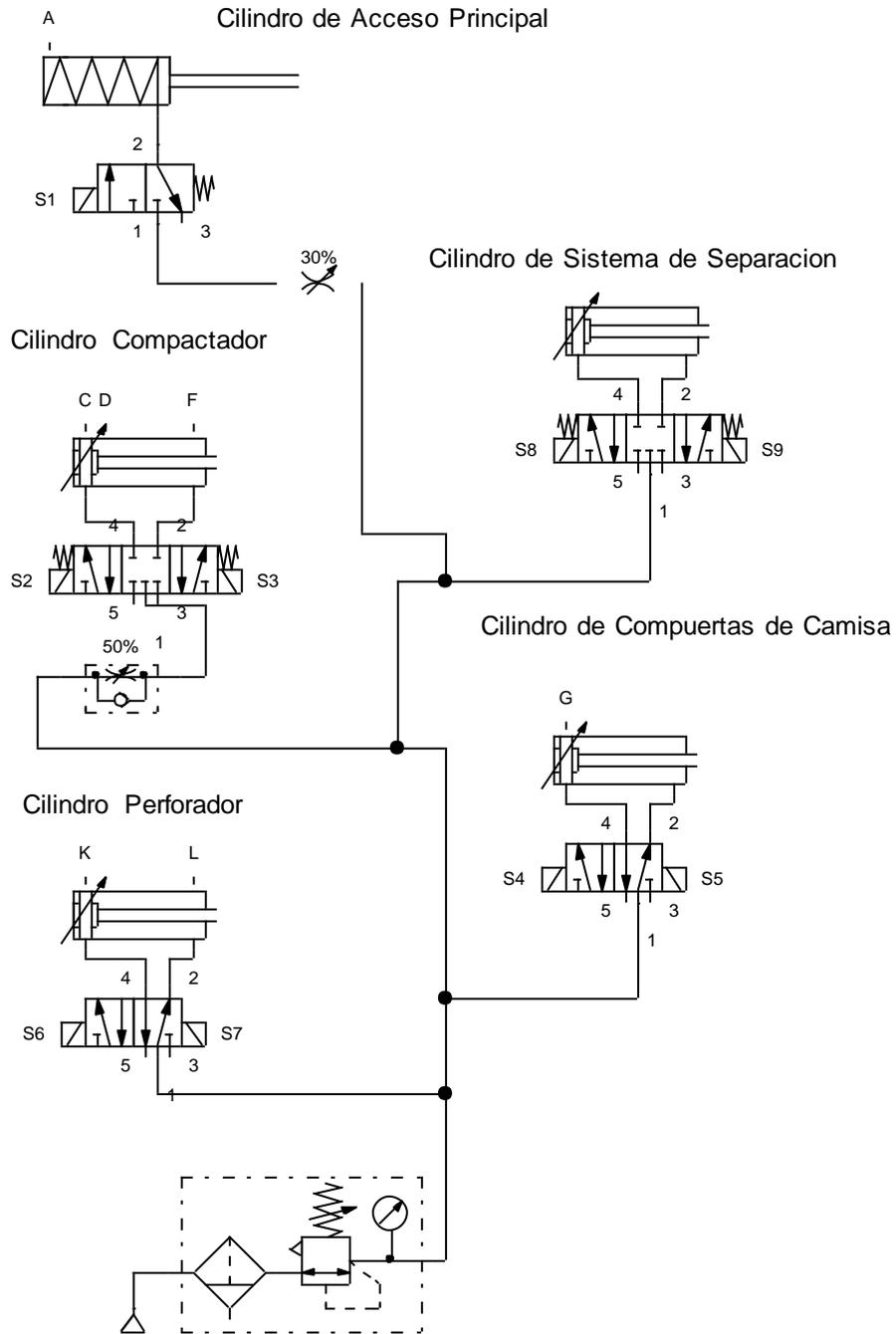


Diagrama 4.3.1. Diagrama de Potencia

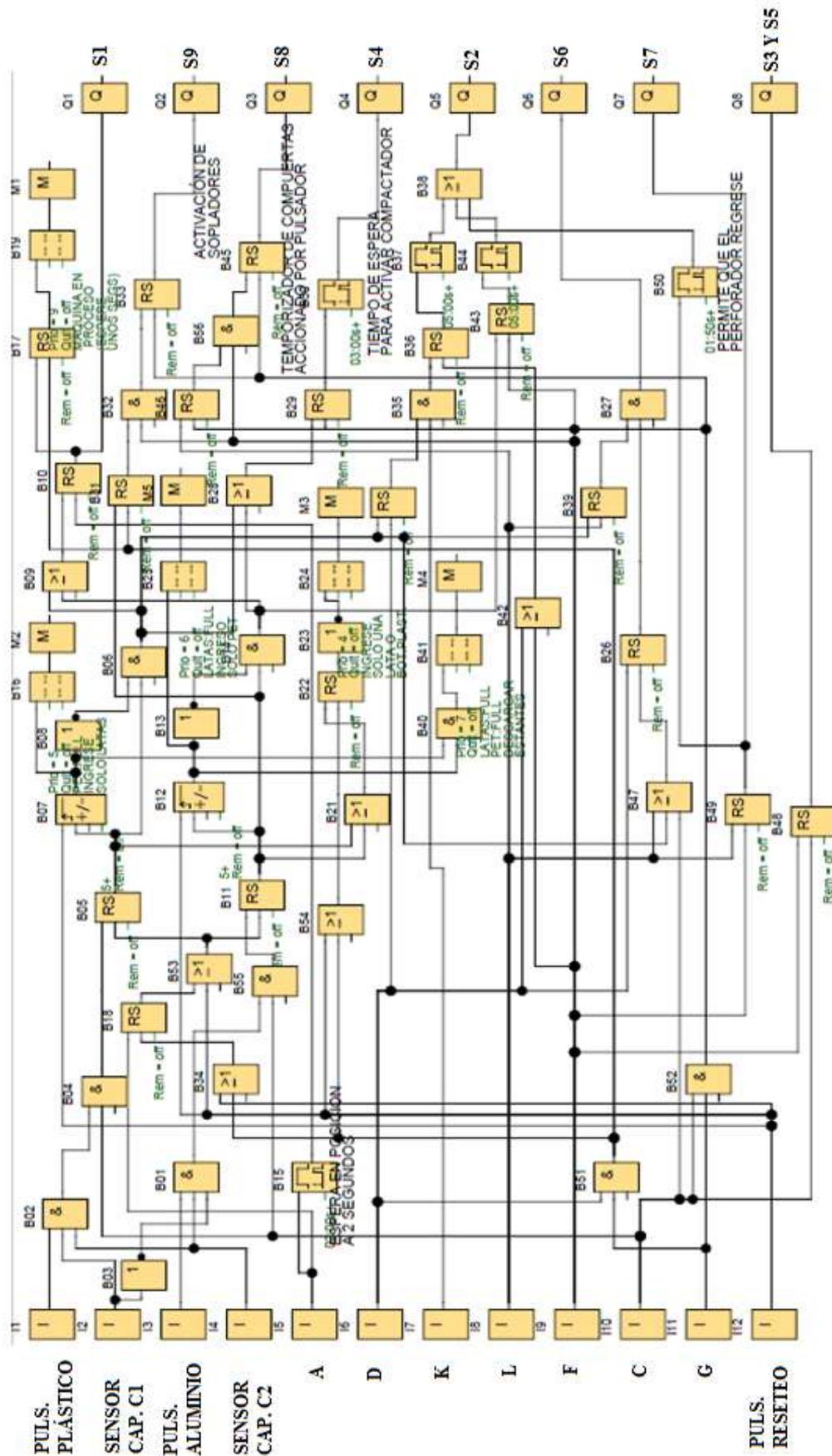


Diagrama 4.3.2. Diagrama de Control.

Se puede observar el sistema de control que se implementará a la máquina. Esta programación es realizada a través de un PLC marca LOGO, el cual debe tener 12 entradas y 8 salidas.

En estos diagramas se encuentran los siguientes elementos:

Circuito de Potencia.

- Tres cilindros neumáticos de doble efecto (un cilindro compacta el producto, otro actuador perfora el producto, un pistón permite cerrar la camisa).
- Un cilindro de simple efecto con muelle de avance (Sirve como compuerta para que el producto se dirija a la camisa).
- Un regulador de caudal unidireccional.
- Un regulador de caudal bidireccional.
- Dos válvulas 5/2 con accionamiento eléctrico (solenoides).
- Una válvula 3/2 con accionamiento eléctrico (solenoides) y mecánico (resorte).
- Dos válvulas 5/3 con accionamiento eléctrico (solenoides).
- Cuatro sopladores de aire (Simulado por un cilindro, sistema de separación). Cabe mencionar que cada par de sopladores estará conectado a una toma de la válvula 5/3.
- Compresor de Pistón.

Circuito de Control.

- Sensor capacitivo M18 C1.
- Sensor capacitivo M18 C2.
- PLC 12 in – 8 out.
- Tres Pulsadores.
- Siete sensores magnéticos.

De las características particulares que posean los elementos que se seleccionarán para el armado del circuito, dependerá el comportamiento del mismo.

4.4. SELECCIÓN DE COMPONENTES.

De acuerdo al requerimiento que demanda la compactación de las botellas plásticas y latas de aluminio, se puede decir que la fuerza que gobierna es de 1520 N, pero se tomará un factor de seguridad de 2.5, ya que, como se puede observar, existe una gran variación de la fuerza que se necesita para compactar los envases plásticos y metálicos, además este factor se utiliza para cargas dinámicas con una confianza promedio.

4.4.1. CILINDROS NEUMÁTICOS.

Los actuadores neumáticos serán analizados por el manual de la empresa CAMOZZI y MINDMAN, para así obtener una selección de cilindros adecuada.

4.4.1.1. Cilindro Compactador.

a) CAMOZZI.

Para el diseño, vamos a elegir un factor de seguridad de 2.5.

FS = 2.5 Factor de seguridad.

La fuerza crítica de compactación de realizada en el laboratorio es de 1520.33 N.

$F_p = 1520.33 \text{ N}$ Fuerza crítica de perforación.

$F_{\max} = F_p * FS$ Ec. 4.4.1.

$F_{\max} = 3801 \text{ N}$ Fuerza permisible de compactación.

La fuerza de 3801 N, será el parámetro que permitirá conocer que cilindro neumático se puede usar.

En este caso, la fuerza y la presión que se toma para el cálculo del cilindro, será la misma de 3801 N y 6 Bar respectivamente. Según el catálogo de la empresa CAMOZZI y por el grado de exigencias de la máquina recicladora, la serie del cilindro a seleccionar será la Serie número 40 (DIN/ISO 6431).

Características Generales.

Tabla 4.4.1. Características Generales de Cilindros Serie 40.

Características generales	
tipo de construcción	de tirantes
funcionamiento	de simple y doble efecto
materiales	cabezales AL - otros ver codificación
tipos de sujeción	con tirantes - brida anterior - brida posterior - patas - charnela intermedia - charnela anterior y posterior - charnela combinada - charnela basculante
carreras	standard ver tabla
diámetros	∅ 32, 40, 50, 63, 80, 100
conexiones	32=1/8", 40/50=1/4", 63/80=3/8", 100=1/2"
posición de montaje	a elección
temperatura de ejercicio	0+80°C (con aire seco -20°C)
ejecuciones especiales	para utilización en ambientes húmedos, polvorientos, químicos
Características neumáticas	
presión de ejercicio	1+10 bar
velocidad	10+1000 mm/seg. (sin carga)
fluido	aire filtrado y lubricado o en ausencia de lubricación

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie 40.

Tabla 4.4.2. Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie 40.

Tabla de las fuerzas de los cilindros Serie 40

∅ cil. en mm.	∅ vástago en mm.	Superficie útil en cm ²	Presión de trabajo en bar										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fuerza desarrollada en N considerando un rendimiento 0,9													
32	12	Cara empuje	6,03	70	140	210	283	354	425	494	565	635	706
		Cara tracción	6,9	60	120	180	243	305	365	426	487	548	608
40	16	Cara empuje	12,56	110	220	330	443	554	664	775	886	998	1108
		Cara tracción	10,56	93	186	280	375	465	559	652	745	838	931
50	20	Cara empuje	19,6	173	346	518	692	865	1037	1210	1382	1556	1729
		Cara tracción	16,48	145	290	436	582	727	872	1017	1163	1308	1454
63	20	Cara empuje	31,15	275	550	824	1098	1373	1650	1923	2198	2472	2747
		Cara tracción	28	247	494	740	988	1235	1480	1729	1976	2222	2470
80	25	Cara empuje	50,25	443	886	1330	1772	2216	2660	3100	3545	3990	4432
		Cara tracción	45,35	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000
100	25	Cara empuje	78,2	692	1385	2077	2770	3450	4154	4847	5540	6230	6923
		Cara tracción	73,6	650	1300	1948	2608	3245	3895	4544	5193	5842	6492

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Teniendo en cuenta que la presión de funcionamiento y la fuerza es de 6 Bar y de 3801 N respectivamente, el cilindro que puede satisfacer mejor estas condiciones, es el que tiene como diámetro del cilindro de 100 mm y diámetro del vástago de 25 mm, ya que proporciona una fuerza de hasta 4154 N en la carrera de avance y una fuerza de 3895 N en la carrera de retroceso.

D = 100 mm Diámetro del cilindro.
d = 25 mm Diámetro del vástago.
F1 = 4154 N Fuerza de avance.
F2 = 3895 N Fuerza de retroceso.

Tablas de carreras Estándar para cilindros de doble efecto Serie 40.

Tabla 4.4.3. Tabla de Carreras Estándar para cilindros de doble efecto Serie 40

Tabla carreras standard para cilindros de doble efecto serie 40

Serie	∅	Carreras disponibles en almacén																		
		25	50	75	80	100	125	150	160	200	250	300	320	400	500	600	700	800	900	1000
40	32	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	40	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	50	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	63		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	80		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	100		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

La carrera a seleccionar será de 320 mm ya que así se logra mayor espacio para el diseño y construcción del ducto por el cual se va a deslizar el producto y de la camisa, en la cual se alojará dicho elemento a compactar.

l1 = 320 mm Carrera.

Tabla de consumos de los cilindros Serie 40.

Tabla 4.4.4. Tabla de Consumos de los Cilindros Serie 40.

Tabla de los consumos de los cilindros Serie 40

Ø cil. en mm.	Ø vástago en mm.	Superficie útil en cm ²	Presión de trabajo en bar										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			Consumo aire en l/min. para cada 10 mm. de carrera										
32	12	Cara empuje	8,03	0,016	0,024	0,032	0,040	0,048	0,056	0,064	0,072	0,080	0,088
		Cara tracción	6,9	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076
40	16	Cara empuje	12,56	0,025	0,038	0,050	0,063	0,075	0,088	0,100	0,113	0,126	0,138
		Cara tracción	10,56	0,021	0,032	0,042	0,053	0,063	0,074	0,085	0,095	0,106	0,116
50	20	Cara empuje	19,6	0,039	0,059	0,079	0,098	0,118	0,137	0,157	0,177	0,196	0,216
		Cara tracción	16,48	0,033	0,050	0,066	0,083	0,099	0,115	0,132	0,148	0,165	0,182
63	20	Cara empuje	31,15	0,062	0,094	0,125	0,156	0,187	0,218	0,249	0,280	0,312	0,343
		Cara tracción	28	0,056	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280	0,308
80	25	Cara empuje	50,25	0,101	0,151	0,201	0,251	0,302	0,352	0,402	0,452	0,503	0,553
		Cara tracción	45,35	0,091	0,136	0,181	0,227	0,272	0,317	0,363	0,408	0,454	0,499
100	25	Cara empuje	78,5	0,157	0,235	0,312	0,392	0,471	0,550	0,628	0,707	0,785	0,864
		Cara tracción	73,6	0,147	0,221	0,295	0,368	0,441	0,515	0,589	0,663	0,736	0,810

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

La tabla anterior manifiesta que el actuador neumático de 100 mm de diámetro de cilindro y 25 mm de diámetro de vástago consume en la carrera de avance 0.550 lts/min por cada 10 mm y en la carrera de retroceso consume 0.515 lts/min por cada 10 mm, pero como la carrera del cilindro es de 320 mm, entonces el consumo real en la carrera de avance y retroceso del cilindro será:

$$nc = 4$$

Número de ciclos por minuto.

$$Q_s = 0.550 * \frac{l1}{10}$$

Ec. 4.4.2.

$$Q_s = 17.6 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

Consumo de aire en la carrera de retroceso.

$$Q_f = 0.515 * \frac{l1}{10}$$

Ec. 4.4.3.

$$Q_s = 16.48 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

Consumo de aire en la carrera de retroceso.

$$Q_n = (Q_s + Q_f) * nc$$

Consumo total de aire.

$$Q_n = 136.32 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

Ec. 4.4.4.

Diagrama de Pandeo.

Diagrama del vástago en función de la carrera l y de la fuerza F.

En este caso, lo que se busca; es el diámetro del vástago, para el cual se impone el valor de la carrera de 320 mm y con la fuerza de 4240 N se tiene un valor de diámetro del vástago de 16 mm, pero se eligió el inmediato superior para una mejor selección del actuador que el valor del diámetro del vástago de 20 mm.

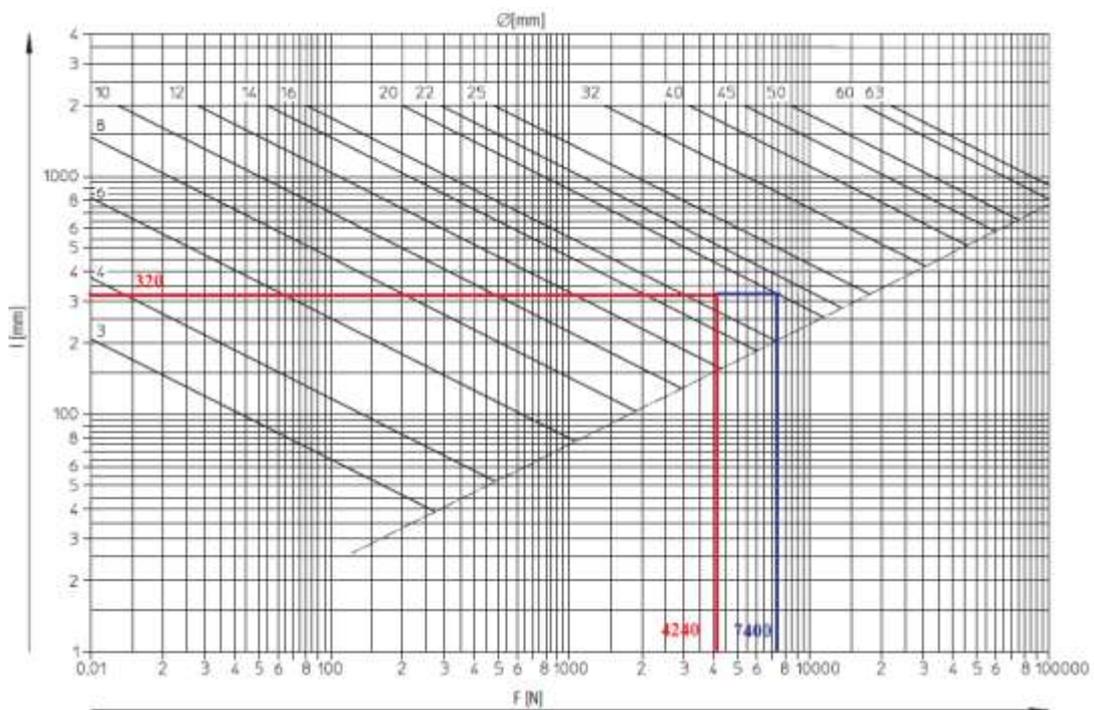


Diagrama 4.4.1. Diagrama de Pandeo.³⁰

³⁰ FESTO, Condiciones para utilización de actuadores (2009).

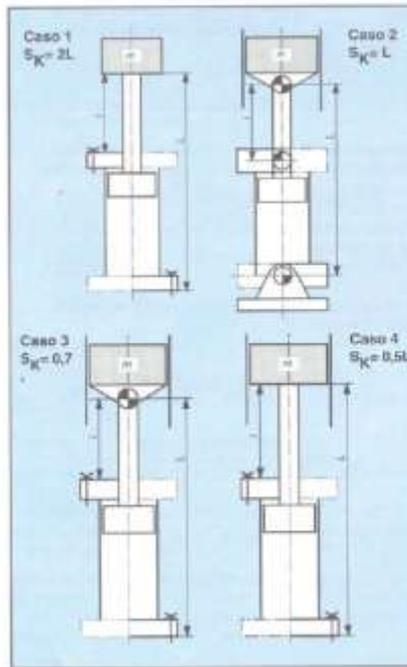


Figura 4.4.1. Tipos de Carga.³¹

Los tipos de carga mencionados anteriormente son:

Caso1: Cilindro fijo, carga libre.

Caso2: Cilindro y carga articuladas.

Caso3: Cilindro fijo, carga sobre articulación.

Caso 4: Cilindro y cargas fijas.

En este caso, debido al tipo de carga y el cilindro son fijos, se toma el caso 4 como parámetro para analizar el pandeo admisible.

El pandeo admisible se calcula de la siguiente manera:

³¹ Neumática Básica, Mannesman Rexroth Pneumatic GmbH, Tomo I.

$l = 320 \text{ mm}$	Carrera.
$l_2 = l_1 * 2$	Ec. 4.4.5.
$l_2 = 640 \text{ mm}$	Largo sujeto a pandeo.
$S_n = 5$	Coefficiente de seguridad.
$S_k = 0.5 * l_2$	Ec. 4.4.6.
$S_k = 320 \text{ mm}$	
$d = 25 \text{ mm}$	Diámetro del vástago.
$E_a = 2.058 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Módulo de elasticidad del acero.
$J = \frac{\pi * d^4}{64}$	Ec. 4.4.7.
$J = 7.854 * 10^3 \text{ mm}^4$	Momento de inercia.
$F_k = \frac{\pi^2 * E_a * J}{S_k^2 * S_n}$	Ec. 4.4.8.
$F_k = 3.116 * 10^4 \text{ N}$	Fuerza de pandeo.

De los cálculos realizados anteriormente, se puede ver que las dimensiones del cilindro compactador van a ser de:

- Diámetro del émbolo: 100 mm.
- Diámetro del vástago: 20 mm.
- Carrera: 320 mm.

b) MINDMAN.

En este caso, la fuerza y la presión que se tomo para el cálculo del cilindro, será la misma de 3801 N a 6 Bar respectivamente que se calculó y se tomó en el caso anterior. Según el catálogo de la empresa MINDMAN y por el grado de exigencias de la máquina recicladora, los cilindros a seleccionar será la serie MCQP.

Características Generales.

Tabla 4.4.5. Características Generales de Cilindros Serie MCQP.

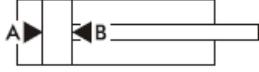
Model	MCQP			
Tube I.D. (mm)	32,40	50,63	80	100
Medium	Air			
Operating pressure range	0.5~9.9 kgf/cm ²			
Proof pressure	15 kgf/cm ²			
Ambient temperature	- 5~ + 60 °C (No freezing)			
Sensor switch	RCA			
Sensor switch holder	HP1	HP2	HP3	HP4

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie MCQP.

Tabla 4.4.6. Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie MCQP.

Cylinders' theoretic force



unit: N

Bore (mm)		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	
Rod (mm)		6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50	
Area (mm ²)	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31400	
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29437	
Operating pressure (MPa)	0.1	A	11	20	31	49	80	126	196	312	502	785	1227	1767	3140
		B	8.5	17	26	41	69	106	165	280	453	736	1131	1642	2944
	0.2	A	23	40	63	98	161	251	393	623	1005	1571	2454	3534	6280
		B	17	35	53	82	138	211	330	561	907	1473	2262	3283	5888
	0.3	A	34	60	94	147	241	377	589	935	1508	2356	3681	5301	9420
		B	25	52	79	124	207	317	495	841	1361	2209	3393	4925	8832
	0.4	A	45	80	126	196	322	503	785	1247	2011	3142	4908	7068	12560
		B	34	69	106	165	276	422	660	1121	1814	2945	4524	6566	11776
	0.5	A	57	101	157	245	402	629	982	1559	2514	3927	6135	8836	15700
		B	42	87	132	206	346	528	825	1402	2268	3682	5655	8208	14720
	0.6	A	68	121	189	294	482	754	1178	1870	3016	4712	7363	10603	18840
		B	51	104	158	247	415	634	989	1682	2722	4418	6785	9849	17664
0.7	A	79	141	220	343	563	880	1374	2182	3519	5498	8589	12370	21980	
	B	59	121	185	289	484	739	1154	1962	3175	5154	7916	11491	20608	
0.8	A	90	161	251	393	643	1006	1570	2494	4022	6283	9816	14137	25120	
	B	68	138	211	330	553	845	1319	2242	3629	5890	9047	13132	23552	
0.9	A	102	181	283	442	724	1131	1767	2805	4524	7069	11043	15904	28260	
	B	76	155	238	371	622	950	1484	2523	4082	6627	10178	14774	26496	
1.0	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31400	
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29440	

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Teniendo en cuenta que la presión de funcionamiento de 0.6 MPa (6 Bar) y la fuerza de 3801 N, el cilindro que puede satisfacer mejor estas condiciones, es el que tiene como diámetro del cilindro de 100 mm y diámetro del vástago de 25 mm, ya que proporciona una fuerza de hasta 4712 N en la carrera de avance y una fuerza de 4418 N en la carrera de retroceso.

D = 100 mm

Diámetro del cilindro.

d = 25 mm

Diámetro del vástago.

F1 = 4712 N

Fuerza de avance.

F2 = 4418 N

Fuerza de retroceso.

Tablas de carreras Estándar para cilindros de doble efecto Serie MCQP.

Tabla 4.4.7. Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Doble Efecto Serie MCQP.

Table for standard stroke

Tube I.D.	Stroke (mm)
φ 32,40	50,75,100,125,150,175,200,250,300,350,400,450,500
φ 50,63	↑ 600
φ 80,100	↑ 600,700

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

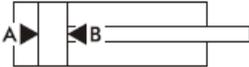
La carrera a seleccionar será de 320 mm ya que así se logrará mayor espacio para el diseño y construcción del ducto por el cual se va a deslizar el producto y de la camisa, en la cual se alojara dicho elemento a compactar.

$l_1 = 320 \text{ mm}$ Carrera.

Tabla de consumos de los cilindros Serie MCQP.

Tabla 4.4.8. Tabla de Consumos de los Cilindros Serie MCQP.

Compressed air consumption



unit : l/min

Bore (mm)		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200
Rod (mm)		6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50
Area (mm ²)	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31416
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29452
Operating pressure (MPa)	0.1	0.040	0.075	0.116	0.181	0.299	0.462	0.722	1.183	1.912	3.042	4.714	6.814	12.168
	0.2	0.059	0.112	0.173	0.271	0.448	0.693	1.083	1.775	2.867	4.563	7.071	10.221	18.252
	0.3	0.079	0.150	0.231	0.361	0.598	0.924	1.444	2.367	3.823	6.084	9.428	13.628	24.336
	0.4	0.099	0.187	0.289	0.451	0.747	1.156	1.805	2.959	4.779	7.605	11.785	17.035	30.420
	0.5	0.119	0.224	0.347	0.542	0.897	1.387	2.167	3.550	5.734	9.126	14.142	20.441	36.502
	0.6	0.138	0.262	0.405	0.632	1.046	1.618	2.528	4.142	6.690	10.647	16.499	23.848	42.586
	0.7	0.158	0.299	0.463	0.722	1.196	1.849	2.889	4.734	7.646	12.168	18.856	27.255	48.670
	0.8	0.178	0.336	0.520	0.812	1.345	2.080	3.250	5.325	8.602	13.689	21.213	30.662	54.754
	0.9	0.198	0.374	0.578	0.903	1.495	2.311	3.611	5.917	9.557	15.209	23.570	34.069	60.838
	1.0	0.218	0.411	0.636	0.993	1.644	2.542	3.972	6.509	10.513	16.927	25.927	37.476	66.922

● The table is for a complete cycle with 100mm stroke in one minute.

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

La tabla anterior manifiesta que el actuador neumático de 100 mm de diámetro de cilindro y 25 mm de diámetro de vástago consume en la carrera 10.647 lts/min por cada 100 mm, pero como la carrera del cilindro es de 320 mm, entonces el consumo real en la carrera de avance y retroceso será:

$l_1 = 320 \text{ mm}$ Carrera.

$n_c = 4$ Número de ciclos por minuto.

$Q_n = 10.647 * \frac{l_1}{100} * n_c$ Ec. 4.4.9.

$Q_n = 136.282 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$ Consumo total de aire.

4.4.1.2. Cilindro Perforador.

a) CAMOZZI.

Para el diseño, se va a elegir un factor de seguridad de 2.5.

$FS = 2.5$ Factor de seguridad.

La fuerza crítica de perforación realizada en laboratorio es de 228.70 N.

$F_e = 228.70 \text{ N}$ Fuerza crítica de perforación.

$F_{em} = F_e * FS$ Ec. 4.4.10.

$F_{em} = 571.75 \text{ N}$ Fuerza permisible de perforación.

La fuerza de 571.75 N, será el parámetro que permitirá conocer que cilindro neumático se puede utilizar.

Según el catálogo de la empresa CAMOZZI y por el grado de exigencias de la máquina recicladora, la serie del cilindro a seleccionar será la Serie número 40 (DIN/ISO 6431).

Características Generales.

Corresponde al cuadro presentado anteriormente en el cilindro compactador, pero lo incluirá nuevamente ya que cada actuador cumple diferente función.

Tabla 4.4.1. Características Generales de Cilindros Serie 40.

Características generales	
tipo de construcción	de tirantes
funcionamiento	de simple y doble efecto
materiales	cabezales AL - otros ver codificación
tipos de sujeción	con tirantes - brida anterior - brida posterior - patas - charnela intermedia - charnela anterior y posterior - charnela combinada - charnela basculante
carreras	standard ver tabla
diámetros	∅ 32, 40, 50, 63, 80, 100
conexiones	32=1/8"; 40/50=1/4"; 63/80=3/8"; 100=1/2"
posición de montaje	a elección
temperatura de ejercicio	0+80°C (con aire seco -20°C)
ejecuciones especiales	para utilización en ambientes húmedos, polvorientos, químicos
Características neumáticas	
presión de ejercicio	1+10 bar
velocidad	10+1000 mm/seg. (sin carga)
fluido	aire filtrado y lubricado o en ausencia de lubricación

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Tabla de Fuerzas de los cilindros Serie 40.

Tabla 4.4.2. Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie 40.

Tabla de las fuerzas de los cilindros Serie 40			Presión de trabajo en bar										
∅ cil. en mm.	∅ vástago en mm.	Superficie útil en cm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fuerza desarrollada en N considerando un rendimiento 0,9													
32	12	Cara empuje	8,03	70	140	210	283	354	425	494	595	635	705
		Cara tracción	6,9	60	120	180	243	305	365	426	487	548	608
40	16	Cara empuje	12,56	110	220	330	443	554	664	775	885	998	1108
		Cara tracción	10,56	93	186	280	375	465	559	652	745	838	931
50	20	Cara empuje	19,6	173	346	518	692	865	1037	1210	1382	1556	1729
		Cara tracción	16,48	145	290	436	582	727	872	1017	1163	1308	1454
63	20	Cara empuje	31,15	275	550	824	1098	1373	1650	1923	2198	2472	2747
		Cara tracción	28	247	494	740	988	1235	1480	1729	1976	2222	2470
80	25	Cara empuje	50,25	443	886	1330	1772	2216	2660	3100	3545	3990	4432
		Cara tracción	45,35	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000
100	25	Cara empuje	78,5	692	1385	2077	2770	3460	4154	4847	5540	6230	6923
		Cara tracción	73,6	650	1300	1948	2606	3245	3895	4544	5193	5842	6492

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Teniendo en cuenta que la presión de funcionamiento de 6 Bar y la fuerza de 571.75 N respectivamente, el cilindro que puede satisfacer mejor estas condiciones, es el que tiene como diámetro del cilindro de 40 mm y diámetro del vástago de 16 mm, ya que proporciona una fuerza de hasta 664 N en la carrera de avance y una fuerza de 559 N en la carrera de retroceso.

D = 40 mm Diámetro del cilindro.
d = 16 mm Diámetro del vástago.
F1 = 664 N Fuerza de avance.
F2 = 559 N Fuerza de retroceso.

Tablas de carreras estándar para cilindros de doble efecto Serie 26 y Serie 20.

Tabla 4.4.3. Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Doble Efecto Serie 40.

Tabla carreras standard para cilindros de doble efecto serie 40

		Carreras disponibles en almacén																			
Serie	∅	25	50	75	80	100	125	150	160	200	250	300	320	400	500	600	700	800	900	1000	
40	32	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	40	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	50	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	63		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	80		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	100		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

La carrera a seleccionar será de 100 mm ya que así se logrará mayor espacio para el diseño y construcción del ducto por el cual se va a deslizar el producto y de la camisa, en la cual se alojará dicho elemento a compactar.

l1 = 100 mm Carrera.

Tabla de consumos de los cilindros Serie 40.

Tabla 4.4.4. Tabla de Consumos de los Cilindros Serie 40.

Tabla de los consumos de los cilindros Serie 40

Ø cil. en mm.	Ø vástago en mm.	Superficie útil en cm ²	Presión de trabajo en bar										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			Consumo aire en l/min. por cada 10 mm. de carrera										
32	12	Cara empuje	8,03	0,016	0,024	0,032	0,040	0,048	0,056	0,064	0,072	0,080	0,088
		Cara tracción	6,9	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076
40	16	Cara empuje	12,56	0,025	0,038	0,050	0,063	0,075	0,088	0,100	0,113	0,126	0,138
		Cara tracción	10,56	0,021	0,032	0,042	0,053	0,063	0,074	0,085	0,095	0,106	0,116
50	20	Cara empuje	19,6	0,037	0,057	0,077	0,098	0,118	0,137	0,157	0,177	0,196	0,216
		Cara tracción	16,48	0,033	0,050	0,066	0,083	0,099	0,115	0,132	0,148	0,165	0,182
63	20	Cara empuje	31,15	0,052	0,094	0,126	0,156	0,187	0,218	0,249	0,280	0,312	0,343
		Cara tracción	28	0,056	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280	0,308
80	25	Cara empuje	50,25	0,101	0,151	0,201	0,251	0,302	0,352	0,402	0,452	0,503	0,553
		Cara tracción	45,35	0,091	0,136	0,181	0,227	0,272	0,317	0,363	0,408	0,454	0,499
100	25	Cara empuje	78,5	0,157	0,235	0,314	0,392	0,471	0,550	0,628	0,707	0,785	0,864
		Cara tracción	73,6	0,147	0,221	0,295	0,368	0,441	0,515	0,589	0,663	0,736	0,810

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

La tabla anterior permite saber que el actuador de 40 mm de diámetro de cilindro y 16 mm de diámetro de vástago consume en la carrera de avance 0.088 lts/min por cada 10 mm y en la carrera de retroceso consume 0.074 lts/min por cada 10 mm, pero como la carrera del cilindro es de 100 mm, entonces el consumo real en la carrera de avance y retroceso del cilindro será:

$$nc = 4$$

Número de ciclos por minuto.

$$Q_s = 0.088 * \frac{11}{10}$$

Ec. 4.4.11.

$$Q_s = 0.88 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

Consumo de aire en la carrera de retroceso.

$$Q_f = 0.074 * \frac{11}{10}$$

Ec. 4.4.12.

$$Q_s = 0.74 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

Consumo de aire en la carrera de retroceso.

$$Q_n = (Q_s + Q_f) * nc$$

Ec. 4.4.13.

$$Q_n = 6.48 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

Consumo total de aire.

Diagrama de Pandeo.

Diagrama del vástago en función de la carrera l y de la fuerza F.

En este caso, se busca el diámetro del vástago, para el cual se impone el valor de la carrera de 100 mm y con la fuerza de 679 N se tiene un valor de diámetro del vástago de 6 mm.

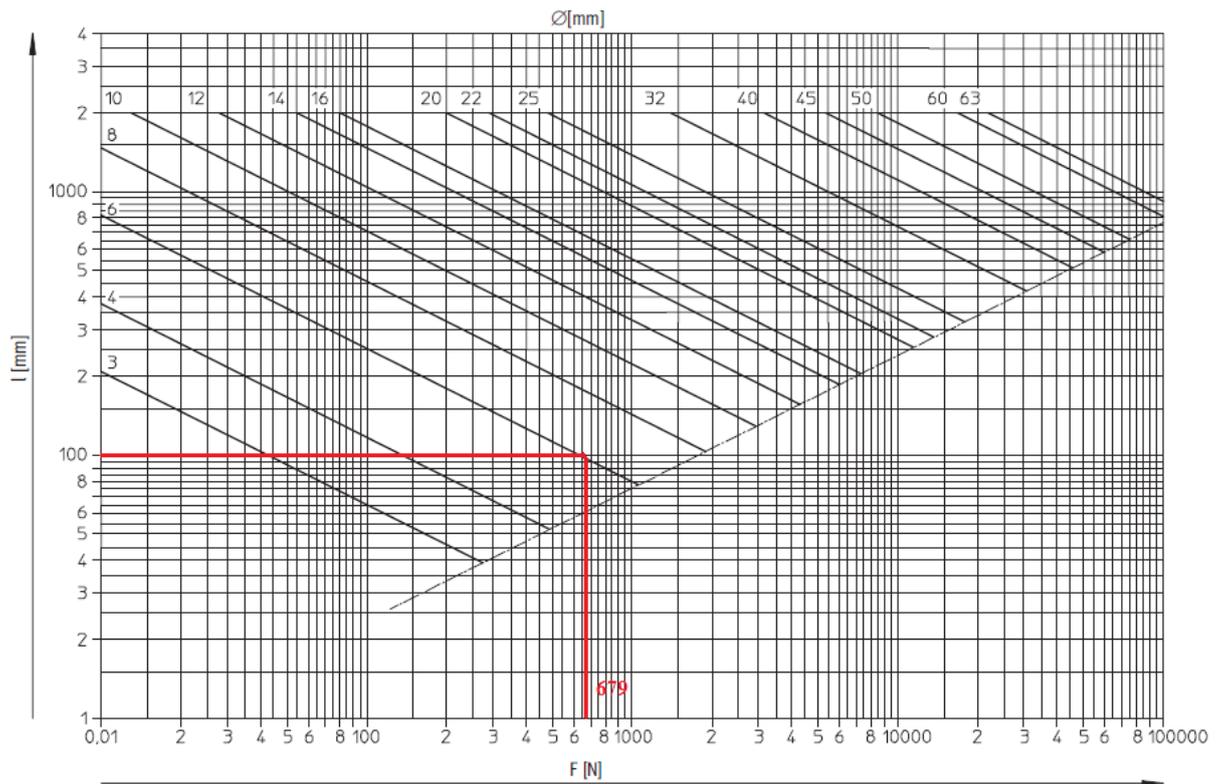


Diagrama 4.4.1. Diagrama de Pandeo.

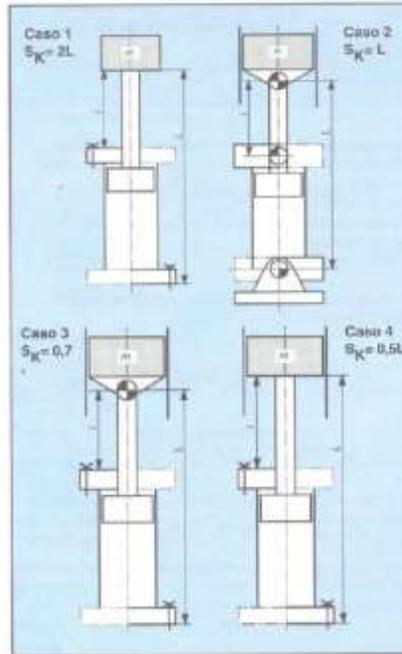


Figura 4.4.1. Tipos de Carga

Los tipos de carga mencionados anteriormente son:

Caso1: Cilindro fijo, carga libre.

Caso2: Cilindro y carga articuladas.

Caso3: Cilindro fijo, carga sobre articulación.

Caso 4: Cilindro y cargas fijas.

En este caso, debido al tipo de carga y el cilindro son fijos, se toma el caso 4 como parámetro para analizar el pandeo admisible.

El pandeo admisible se calcula de la siguiente manera:

$l_1 = 100 \text{ mm}$ Carrera.

$l_2 = l_1 * 2$ Ec. 4.4.14.

$l_2 = 200 \text{ mm}$ Largo sujeto a pandeo.

$S_n = 5$ Coeficiente de seguridad

$S_k = 0.5 * l_2$ Ec. 4.4.15.

$S_k = 100 \text{ mm}$

$d = 16 \text{ mm}$ Diámetro del vástago.

$E_a = 2.058 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ Módulo de elasticidad del acero.

$J = \frac{\pi * d^4}{64}$ Ec. 4.4.16.

$J = 63.617 \text{ mm}^4$ Momento de inercia.

$F_k = \frac{\pi^2 * E_a * J}{S_k^2 * S_n}$ Ec. 4.4.17.

$F_k = 2.584 * 10^3 \text{ N}$ Fuerza de pandeo.

De los cálculos realizados anteriormente, se puede ver que las dimensiones del cilindro compactador van a ser de:

- Diámetro del émbolo: 40 mm.
- Diámetro del vástago: 6 mm.
- Carrera: 100 mm.

b) MINDMAN.

En este caso, la fuerza y la presión que se tomo para el cálculo del cilindro, será la misma de 571.75 N a 6 Bar respectivamente que se calculó y se tomó en el caso anterior. Según el catalogo de la empresa MINDMAN y por el grado de exigencias de la maquina recicladora, los cilindros a seleccionar será la serie MCQP.

Características Generales.

Tabla 4.4.5. Características Generales de Cilindros MCQP.

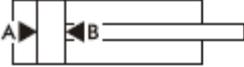
Model	MCQP			
Tube I.D. (mm)	32,40	50,63	80	100
Medium	Air			
Operating pressure range	0.5~9.9 kgf/cm ²			
Proof pressure	15 kgf/cm ²			
Ambient temperature	- 5~ +60 °C (No freezing)			
Sensor switch	RCA			
Sensor switch holder	HP1	HP2	HP3	HP4

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie MCQP.

Tabla 4.4.6. Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie MCQP.

Cylinders' theoretic force



unit: N

Bore (mm)		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	
Rod (mm)		6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50	
Area (mm ²)		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Operating pressure (MPa)	0,1	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31400
		B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29437
	0,2	A	11	20	31	49	80	126	196	312	502	785	1227	1767	3140
		B	8,5	17	26	41	69	106	165	280	453	736	1131	1642	2944
	0,3	A	23	40	63	98	161	251	393	623	1005	1571	2454	3534	6280
		B	17	35	53	82	138	211	330	561	907	1473	2262	3283	5888
	0,4	A	34	60	94	147	241	377	589	935	1508	2356	3681	5301	9420
		B	25	52	79	124	207	317	495	841	1361	2209	3393	4925	8832
	0,5	A	45	80	126	196	322	503	785	1247	2011	3142	4908	7068	12560
		B	34	69	106	165	276	422	660	1121	1814	2945	4524	6566	11776
	0,6	A	57	101	157	245	402	629	982	1559	2514	3927	6135	8836	15700
		B	42	87	132	206	346	528	825	1402	2268	3682	5655	8208	14720
	0,7	A	68	121	189	294	482	754	1178	1870	3016	4712	7363	10603	18840
		B	51	104	158	247	415	634	989	1682	2722	4418	6785	9849	17664
	0,8	A	79	141	220	343	563	880	1374	2182	3519	5498	8589	12370	21980
		B	59	121	185	289	484	739	1154	1962	3175	5154	7916	11491	20608
	0,9	A	90	161	251	393	643	1006	1570	2494	4022	6283	9816	14137	25120
		B	68	138	211	330	553	845	1319	2242	3629	5890	9047	13132	23552
	1,0	A	102	181	283	442	724	1131	1757	2805	4524	7069	11043	15904	28260
		B	76	155	238	371	622	950	1484	2523	4082	6627	10178	14774	26496
1,0	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31400	
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29440	

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Teniendo en cuenta que la presión de funcionamiento y la fuerza es de 0.6 MPa y de 571.75 N respectivamente, el cilindro que puede satisfacer mejor estas condiciones, es el que tiene como diámetro del cilindro de 40 mm y diámetro del vástago de 16 mm, ya que proporciona una fuerza de hasta 754 N en la carrera de avance y una fuerza de 634 N en la carrera de retroceso.

- D = 40 mm Diámetro del cilindro.
- d = 16 mm Diámetro del vástago.
- F1 = 754 N Fuerza de avance.
- F2 = 634 N Fuerza de retroceso.

Tablas de carreras Estándar para cilindros de doble efecto Serie MCQP.

Tabla 4.4.7. Tabla de carreras Estándar para cilindros de doble efecto Serie MCQP.

Table for standard stroke

Tube I.D.	Stroke (mm)
φ 32,40	50,75,100,125,150,175,200,250,300,350,400,450,500
φ 50,63	↑ 600
φ 80,100	↑ 600,700

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

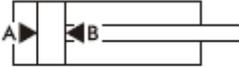
La carrera a seleccionar será de 100 mm ya que así se lograra mayor espacio para el diseño y construcción del ducto por el cual se va a deslizar el producto y de la camisa, en la cual se alojara dicho elemento a compactar.

l1 = 100 mm Carrera.

Tabla de consumos de los cilindros Serie MCQP.

Tabla 4.4.8. Tabla de Consumos de los Cilindros Serie MCQP.

Compressed air consumption



unit : l/min

Bore (mm)	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	
Rod (mm)	6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50	
Area (mm ²)	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31416
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29452
Operating pressure (MPa)	0,1	0,040	0,075	0,116	0,181	0,299	0,462	0,722	1,183	1,912	3,042	4,714	6,814	12,168
	0,2	0,059	0,112	0,173	0,271	0,448	0,693	1,083	1,775	2,867	4,563	7,071	10,221	18,252
	0,3	0,079	0,150	0,231	0,361	0,598	0,924	1,444	2,367	3,823	6,084	9,428	13,628	24,336
	0,4	0,099	0,187	0,289	0,451	0,747	1,156	1,805	2,959	4,779	7,605	11,785	17,035	30,420
	0,5	0,119	0,224	0,347	0,542	0,897	1,387	2,167	3,550	5,734	9,126	14,142	20,441	36,502
	0,6	0,138	0,262	0,405	0,632	1,046	1,618	2,528	4,142	6,690	10,647	16,499	23,848	42,586
	0,7	0,158	0,299	0,463	0,722	1,196	1,849	2,889	4,734	7,646	12,168	18,856	27,255	48,670
	0,8	0,178	0,336	0,520	0,812	1,345	2,080	3,250	5,325	8,602	13,689	21,213	30,662	54,754
	0,9	0,198	0,374	0,578	0,903	1,495	2,311	3,611	5,917	9,557	15,209	23,570	34,069	60,838
	1,0	0,218	0,411	0,636	0,993	1,644	2,542	3,972	6,509	10,513	16,927	25,927	37,476	66,922

● The table is for a complete cycle with 100mm stroke in one minute.

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

La tabla anterior manifiesta que el actuador neumático de 40 mm de diámetro del cilindro y 16 mm de diámetro de vástago consume en la carrera 1.618

lts/min por cada 100 mm, pero como la carrera del cilindro es de 100 mm, entonces el consumo real en la carrera de avance y retroceso será:

$l_1 = 100 \text{ mm}$ Carrera.

$n_c = 4$ Número de ciclos por minuto.

$Q_n = 1.618 * \frac{l_1}{100} * n_c$ Ec. 4.4.18.

$Q_n = 6.472 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$ Consumo total de aire.

4.4.1.3. Cilindros Secundarios.

Estos actuadores son 2 en total los cuales permiten:

- Cilindro de Acceso Principal: Es un cilindro de simple efecto que permitirá que la botella ingrese a la camisa donde dicho producto va a ser compactado.
- Cilindro de Compuertas de Camisa: Este actuador es de doble efecto y permite abrir y cerrar 2 compuertas que cierran herméticamente la camisa de compactación.

4.4.1.3.1. Cilindro de Acceso Principal.

a) CAMOZZI.

Debido a que no tienen demasiadas exigencias para cumplir dichas funciones, se optará por escoger un cilindro de simple de la serie número 40 (DIN/ISO 6431) marca CAMOZZI, cuyas características, dimensiones y consumos de aire serán:

Características Generales.

Tabla 4.4.1. Características Generales de Cilindros Serie 40.

Características generales	
tipo de construcción	de tirantes
funcionamiento	de simple y doble efecto
materiales	cabezales AL - otros ver codificación
tipos de sujeción	con tirantes - brida anterior - brida posterior - patas - charnela intermedia - charnela anterior y posterior - charnela combinada - charnela basculante
carreras	standard ver tabla
diámetros	∅ 32, 40, 50, 63, 80, 100
conexiones	32=1/8", 40/50=1/4", 63/80=3/8", 100=1/2"
posición de montaje	a elección
temperatura de ejercicio	0+80°C (con aire seco -20°C)
ejecuciones especiales	para utilización en ambientes húmedos, polvorientos, químicos
Características neumáticas	
presión de ejercicio	1+10 bar
velocidad	10+1000 mm/seg. (sin carga)
fluido	aire filtrado y lubricado o en ausencia de lubricación

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Tabla de las fuerzas de los cilindros Serie 40.

Tabla 4.4.2. Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie 40.

Tabla de las fuerzas de los cilindros Serie 40

∅ cil. en mm.	∅ vástago en mm.	Superficie útil en cm ²	Presión de trabajo en bar										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fuerza desarrollada en el pistón (carga = rendimiento 0,9)													
32	12	Cara empuje	8,03	70	140	210	283	354	425	494	595	635	706
		Cara tracción	6,9	60	120	180	243	305	365	426	487	548	608
40	16	Cara empuje	12,56	110	220	330	443	554	664	775	885	998	1108
		Cara tracción	10,56	93	186	280	375	465	559	652	745	838	931
50	20	Cara empuje	19,6	173	346	518	692	866	1037	1210	1382	1556	1729
		Cara tracción	16,48	145	290	436	582	727	872	1017	1163	1308	1454
63	20	Cara empuje	31,15	275	550	824	1098	1373	1650	1923	2198	2472	2747
		Cara tracción	28	247	494	740	988	1235	1480	1729	1976	2222	2470
80	25	Cara empuje	50,25	443	886	1330	1772	2216	2660	3100	3545	3990	4432
		Cara tracción	45,35	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000
100	25	Cara empuje	78,5	692	1385	2077	2770	3460	4154	4847	5540	6230	6923
		Cara tracción	73,6	650	1300	1948	2606	3245	3895	4544	5193	5842	6492

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Como se puede ver, se escogió el cilindro más pequeño, que tiene 32 mm de diámetro de cilindro y 12 mm de diámetro del vástago; además posee grandes características respecto a las fuerzas que puede brindar.

Tabla carreras estándar para cilindros de simple efecto Serie 40.

Tabla 4.4.9. Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Simple Efecto Serie 40.

Características cilindros de simple efecto serie 40-41-42

Serie	∅	carrera min.+máx.	Empuje en N a 6 bar	Fuerza del muelle en reposo N	Fuerza del muelle accionado N
40	32	10+75	425	31	57
40	40	10+75	664	35	57
40	50	10+75	1037	60	115
40	63	10+75	1650	60	115
40	80	10+75	2660	84	133
40	100	10+75	4154	84	133

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Como se puede observar, en la tabla 4.4.6., la carrera a elegir para estos actuadores tiene como carrera mínima y máxima valores de 10 y 75 mm respectivamente, pero debido a los requerimientos geométricos que se necesitan y sabiendo que si existen carreras mucho más grandes de esta clase de cilindros, por ello la carrera a elegir será de 100 mm para el cilindro de simple efecto.

Tabla de consumos de los cilindros Serie 40.

Tabla 4.4.4. Tabla de consumos de los cilindros Serie 40.

Tabla de los consumos de los cilindros Serie 40

∅ cil. en mm.	∅ vástago en mm.	Superficie útil en cm ²	Presión de trabajo en bar										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	12	Cara empuje	8.03	0.016	0.024	0.032	0.040	0.048	0.056	0.064	0.072	0.080	0.088
		Cara tracción	6.9	0.014	0.021	0.028	0.035	0.042	0.048	0.055	0.062	0.069	0.076
40	16	Cara empuje	12.56	0.025	0.038	0.050	0.063	0.075	0.088	0.100	0.113	0.126	0.138
		Cara tracción	10.56	0.021	0.032	0.042	0.053	0.063	0.074	0.085	0.095	0.106	0.116
50	20	Cara empuje	19.6	0.039	0.059	0.079	0.098	0.118	0.137	0.157	0.177	0.196	0.216
		Cara tracción	16.48	0.033	0.050	0.066	0.083	0.099	0.115	0.132	0.148	0.165	0.182
63	20	Cara empuje	31.15	0.052	0.094	0.125	0.156	0.187	0.218	0.249	0.280	0.312	0.343
		Cara tracción	28	0.056	0.084	0.112	0.140	0.168	0.196	0.224	0.252	0.280	0.308
80	25	Cara empuje	50.25	0.101	0.151	0.201	0.251	0.302	0.352	0.402	0.452	0.503	0.553
		Cara tracción	45.35	0.091	0.136	0.181	0.227	0.272	0.317	0.363	0.408	0.454	0.499
100	25	Cara empuje	78.5	0.157	0.235	0.314	0.392	0.471	0.550	0.628	0.707	0.785	0.864
		Cara tracción	73.6	0.147	0.221	0.295	0.368	0.441	0.515	0.589	0.663	0.736	0.810

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Se puede ver que el consumo de aire en la carrera de avance es de 0.056 lts/min por cada 10 mm y en la carrera de retroceso consume 0.048 lts/min por cada 10 mm, la carrera es de 75 mm para el de simple efecto, entonces el

consumo real en la carrera de este cilindro solo será en la de avance, por ello el consumo es:

$l_1 = 100 \text{ mm}$ Carrera.

$n_c = 4$ Número de ciclos por minuto.

$Q_n = 0.056 * \frac{l_1}{10} * n$ Ec. 4.4.19.

$Q_n = 2.24 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$ Consumo total de aire.

b) MINDMAN.

Como se menciona anteriormente este cilindro no tienen demasiadas exigencias para cumplir dichas funciones, por eso se opto por escoger un cilindro de simple efecto de la serie MCQP marca MINDMAN, cuyas características, dimensiones y consumos de aire serán:

Características Generales.

Tabla 4.4.5. Características Generales de Cilindros Serie MCQP.

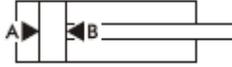
Model	MCQP			
Tube I.D. (mm)	32,40	50,63	80	100
Medium	Air			
Operating pressure range	0.5~9.9 kgf/cm ²			
Proof pressure	15 kgf/cm ²			
Ambient temperature	- 5~ + 60 °C (No freezing)			
Sensor switch	RCA			
Sensor switch holder	HP1	HP2	HP3	HP4

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Tabla de las fuerzas de los cilindros Serie MCQP.

Tabla 4.4.6. Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie MCQP.

Cylinders' theoretic force



unit: N

Bore (mm)		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	
Rod (mm)		6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50	
Area (mm ²)	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31400	
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29437	
Operating pressure (MPa)	0,1	A	11	20	31	49	80	126	196	312	502	785	1227	1767	3140
		B	8,5	17	26	41	69	106	165	280	453	736	1131	1642	2944
	0,2	A	23	40	63	98	161	251	393	623	1005	1571	2454	3534	6280
		B	17	35	53	82	138	211	330	561	907	1473	2262	3283	5888
	0,3	A	34	60	94	147	241	377	589	935	1508	2356	3681	5301	9420
		B	25	52	79	124	207	317	495	841	1361	2209	3393	4925	8832
	0,4	A	45	80	126	196	322	503	785	1247	2011	3142	4908	7068	12560
		B	34	69	106	165	276	422	660	1121	1814	2945	4524	6566	11776
	0,5	A	57	101	157	245	402	629	982	1559	2514	3927	6135	8836	15700
		B	42	87	132	206	346	528	825	1402	2268	3682	5655	8208	14720
	0,6	A	68	121	189	294	482	754	1178	1870	3016	4712	7363	10603	18840
		B	51	104	158	247	415	634	989	1682	2722	4418	6785	9849	17664
	0,7	A	79	141	220	343	563	880	1374	2182	3519	5498	8589	12370	21980
		B	59	121	185	289	484	739	1154	1962	3175	5154	7916	11491	20608
0,8	A	90	161	251	393	643	1006	1570	2494	4022	6283	9816	14137	25120	
	B	68	138	211	330	553	845	1319	2242	3629	5890	9047	13132	23552	
0,9	A	102	181	283	442	724	1131	1767	2805	4524	7069	11043	15904	28260	
	B	76	155	238	371	622	950	1484	2523	4082	6627	10178	14774	26496	
1,0	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31400	
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29440	

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Como se puede ver, se escogió el cilindro promedio, que tiene 32 mm de diámetro de cilindro y 12 mm de diámetro del vástago; además posee grandes características respecto a las fuerzas que puede brindar.

Tabla carreras estándar para cilindros de simple efecto Serie MCQP.

Tabla 4.4.10. Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Simple Efecto Serie MCQP.

Tube I.D.	Stroke (mm)
φ 32,40	50,75,100,125,150,175,200,250,300,350,400,450,500
φ 50,63	↑ 600
φ 80,100	↑ 600,700

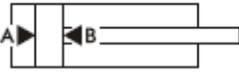
Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Como se puede observar, en la tabla 4.4.7., las carreras existentes para estos actuadores están entre 50 y 100 mm, pero el valor de la carrera a elegir será de 100 mm para el cilindro de simple efecto.

Tabla de consumos de los cilindros Serie MCQP.

Tabla 4.4.8. Tabla de Consumos de los Cilindros Serie MCQP.

Compressed air consumption



unit : l/min

Bore (mm)	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	
Rod (mm)	6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50	
Area (mm ²)	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31416
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29452
Operating pressure (MPa)	0,1	0,040	0,075	0,116	0,181	0,299	0,462	0,722	1,183	1,912	3,042	4,714	6,814	12,168
	0,2	0,059	0,112	0,173	0,271	0,448	0,693	1,083	1,775	2,867	4,563	7,071	10,221	18,252
	0,3	0,079	0,150	0,231	0,361	0,598	0,924	1,444	2,367	3,823	6,084	9,428	13,628	24,336
	0,4	0,099	0,187	0,289	0,451	0,747	1,156	1,805	2,959	4,779	7,605	11,785	17,035	30,420
	0,5	0,119	0,224	0,347	0,542	0,897	1,387	2,167	3,550	5,734	9,126	14,142	20,441	36,502
	0,6	0,138	0,262	0,405	0,632	1,046	1,618	2,528	4,142	6,690	10,647	16,499	23,848	42,586
	0,7	0,158	0,299	0,463	0,722	1,196	1,849	2,889	4,734	7,646	12,168	18,856	27,255	48,670
	0,8	0,178	0,336	0,520	0,812	1,345	2,080	3,250	5,325	8,602	13,689	21,213	30,662	54,754
	0,9	0,198	0,374	0,578	0,903	1,495	2,311	3,611	5,917	9,557	15,209	23,570	34,069	60,838
	1,0	0,218	0,411	0,636	0,993	1,644	2,542	3,972	6,509	10,513	16,927	25,927	37,476	66,922

● The table is for a complete cycle with 100mm stroke in one minute.

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Se puede ver que el consumo de aire en la carrera de avance es de 1.046 lts/min por cada 100 mm la carrera es de 100 mm para el de simple efecto, entonces el consumo real en la carrera de este cilindro solo será en la de avance, por ello el consumo es:

$l_1 = 100 \text{ mm}$

Carrera.

$P = 0.6 \text{ MPa}$

Presión de Trabajo.

$A_a = 804 \text{ mm}^2$

Área de Trabajo.

$nc = 4$

Número de ciclos por minuto.

$$Q_n = A_a * l_1 * \left(\frac{P+0.101}{0.101} \right) * nc * 10^{-6} \quad \text{Ec. 4.4.20.}$$

$$Q_n = 2.232 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$$

Consumo total de aire.

4.4.1.3.2. Cilindro de Compuertas de Camisa.

a) CAMOZZI.

Este cilindro es de serie número 40 (DIN/ISO 6431) marca CAMOZZI, cuyas características, dimensiones y consumos de aire serán:

Características Generales.

Tabla 4.4.1. Características Generales de Cilindros Serie 40.

Características generales	
tipo de construcción	de tirantes
funcionamiento	de simple y doble efecto
materiales	cabezales AL - otros ver codificación
tipos de sujeción	con tirantes - brida anterior - brida posterior - patas - charnela intermedia - charnela anterior y posterior - charnela combinada - charnela basculante
carreras	standard ver tabla
diámetros	∅ 32, 40, 50, 63, 80, 100
conexiones	32=1/8", 40/50=1/4", 63/80=3/8", 100=1/2"
posición de montaje	a elección
temperatura de ejercicio	0+80°C (con aire seco -20°C)
ejecuciones especiales	para utilización en ambientes húmedos, polvorientos, químicos
Características neumáticas	
presión de ejercicio	1+10 bar
velocidad	10+1000 mm/seg. (sin carga)
fluido	aire filtrado y lubricado o en ausencia de lubricación

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Tabla de las fuerzas de los cilindros Serie 40

Tabla 4.4.2. Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie 40.

Tabla de las fuerzas de los cilindros Serie 40

Ø cil. en mm.	Ø vástago en mm.	Superficie útil en cm ²	Presión de trabajo en bar									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	12	Cara empuje 8,03	70	140	210	283	354	425	494	565	635	705
		Cara tracción 6,9	60	120	180	243	305	365	426	487	548	608
40	16	Cara empuje 12,55	110	220	330	441	554	664	775	886	998	1108
		Cara tracción 10,56	93	186	280	375	465	559	652	745	838	931
50	20	Cara empuje 19,6	173	346	518	692	866	1037	1210	1382	1556	1729
		Cara tracción 16,48	145	290	436	582	727	872	1017	1163	1308	1454
63	20	Cara empuje 31,15	275	550	824	1098	1373	1650	1923	2198	2472	2747
		Cara tracción 28	247	494	740	988	1235	1480	1729	1976	2222	2470
80	25	Cara empuje 50,25	443	886	1330	1772	2216	2660	3100	3545	3990	4432
		Cara tracción 45,35	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000
100	25	Cara empuje 78,5	692	1385	2077	2770	3460	4154	4847	5540	6230	6923
		Cara tracción 73,6	650	1300	1948	2608	3245	3895	4544	5193	5842	6492

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Tablas de carreras estándar para cilindros de doble efecto Serie 40.

Tabla 4.4.3. Tabla de Carreras Estándar para Cilindros de Doble Efecto. Serie 40.

Tabla carreras standard para cilindros de doble efecto serie 40

Serie	Ø	Carreras disponibles en almacén																		
		25	50	75	80	100	125	150	160	200	250	300	320	400	500	600	700	800	900	1000
40	32	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	40	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	50	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	63	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	80	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	100	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

Este cilindro tendrá una carrera de 125 mm debido a que con esto se obtendrá un mejor manejo de las compuertas que va a cerrar la camisa.

Tabla de consumos de los cilindros Serie 40.

Tabla 4.4.4. Tabla de Consumos de los Cilindros Serie 40.

Tabla de los consumos de los cilindros Serie 40

Ø cil. en mm.	Ø vástago en mm.	Superficie útil en cm ²	Presión de trabajo en bar										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	12	Cara empuje	8,03	0,016	0,024	0,032	0,040	0,048	0,056	0,064	0,072	0,080	0,088
		Cara tracción	6,9	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076
40	16	Cara empuje	12,56	0,025	0,038	0,050	0,063	0,075	0,088	0,100	0,113	0,126	0,138
		Cara tracción	10,56	0,021	0,032	0,042	0,053	0,063	0,074	0,085	0,095	0,106	0,116
50	20	Cara empuje	19,6	0,039	0,059	0,079	0,098	0,118	0,137	0,157	0,177	0,196	0,216
		Cara tracción	16,48	0,033	0,050	0,066	0,083	0,099	0,115	0,132	0,148	0,165	0,182
63	20	Cara empuje	31,15	0,062	0,094	0,125	0,156	0,187	0,218	0,249	0,280	0,312	0,343
		Cara tracción	28	0,056	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280	0,308
80	25	Cara empuje	50,25	0,101	0,151	0,201	0,251	0,302	0,352	0,402	0,452	0,503	0,553
		Cara tracción	45,35	0,091	0,136	0,181	0,227	0,272	0,317	0,363	0,408	0,454	0,499
100	25	Cara empuje	78,5	0,157	0,235	0,314	0,392	0,471	0,550	0,628	0,707	0,785	0,864
		Cara tracción	73,6	0,147	0,221	0,295	0,368	0,441	0,515	0,589	0,663	0,736	0,810

Fuente: CAMOZZI, Catálogo de Elementos Neumáticos (2009).

$l_1 = 125 \text{ mm}$

Carrera.

$n_c = 4$

Número de ciclos por minuto.

$$Q_n = 0.056 * \frac{l_1}{10}$$

Ec. 4.4.21.

$$Q_n = 0.7 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$$

Consumo total de aire.

$$Q_f = 0.048 * \frac{l_1}{10}$$

Ec. 4.4.22.

$$Q_f = 0.6 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$$

Consumo total de aire.

$$Q_N = (Q_s + Q_f) * n_c$$

Ec. 4.4.23.

$$Q_N = 5.2 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$$

Consumo total de aire.

El consumo de 5.2 Its/min, es para este cilindro.

b) MINDMAN.

Como se menciona anteriormente este cilindro no tienen demasiadas exigencias para cumplir dichas funciones, por eso se opto por escoger cilindros de doble efecto de la serie MCQP marca MINDMAN, cuyas características, dimensiones y consumos de aire serán:

Características Generales.

Tabla 4.4.5. Características Generales de Cilindros Serie MCQP.

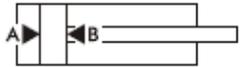
Model	MCQP			
Tube I.D. (mm)	32,40	50,63	80	100
Medium	Air			
Operating pressure range	0.5~9.9 kgf/cm ²			
Proof pressure	15 kgf/cm ²			
Ambient temperature	- 5~+ 60 °C (No freezing)			
Sensor switch	RCA			
Sensor switch holder	HP1	HP2	HP3	HP4

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010)

Tabla de las fuerzas de los cilindros Serie MCQP.

Tabla 4.4.6. Tabla de Fuerzas de los Cilindros Serie MCQP.

Cylinders' theoretic force



unit: N

Bore (mm)		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200										
Rod (mm)		6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50										
Area (mm ²)		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A										
Operating pressure (MPa)	0,1	113	85	201	173	314	264	491	412	691	604	1257	1056	1963	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29437			
	0,2	23	17	40	30	63	49	98	80	161	126	251	196	393	312	502	393	623	1005	1571	2454	3534	6280	
	0,3	34	25	60	45	94	70	147	110	241	177	377	283	589	435	868	645	1306	1008	2356	1761	3681	5301	9420
	0,4	45	34	80	60	126	94	196	143	322	241	503	378	785	581	1247	921	2011	3142	4908	7068	10603	15700	
	0,5	57	42	101	77	157	115	245	184	402	306	629	472	982	729	1559	1164	2514	3927	6135	9135	14137	21200	
	0,6	68	51	121	92	189	142	294	223	482	365	754	563	1178	882	1870	1396	3016	4712	7363	11043	16603	24440	
	0,7	79	59	141	107	220	165	343	262	563	435	880	663	1374	1031	2182	1619	3519	5498	8589	12370	18490	27000	
	0,8	90	68	161	121	251	185	393	299	643	491	1006	757	1570	1177	2494	1862	4022	6283	9816	14137	21200	31200	
	0,9	102	76	181	138	283	211	442	330	724	553	1131	845	1767	1319	2805	2242	4524	7069	11043	15904	23260	34400	
	1,0	113	85	201	150	314	242	491	371	804	622	1257	950	1963	1484	3117	2523	5027	7854	12271	17671	26496	39440	

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Como se puede ver, se escogió el cilindro promedio, que tiene 32 mm de diámetro de cilindro y 12 mm de diámetro del vástago; además posee grandes características respecto a las fuerzas que nos puede brindar.

Tabla carreras estándar para cilindros de simple efecto Serie MCQP.

Tabla 4.4.10. Tabla carreras estándar para cilindros de simple efecto Serie MCQP.

Tube I.D.	Stroke (mm)
φ 32,40	50,75,100,125,150,175,200,250,300,350,400,450,500
φ 50,63	↑ 600
φ 80,100	↑ 600,700

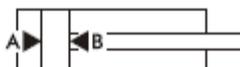
Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Como se puede observar, en la tabla 4.4.10., la carrera a elegir para este actuador tiene una carrera de 125 mm.

Tabla de consumos de los cilindros Serie MCQP.

Tabla 4.4.8. Tabla de Consumos de los Cilindros Serie MCQP.

Compressed air consumption



unit : l/min

Bore (mm)	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	
Rod (mm)	6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50	
Area (mm ²)	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12271	17671	31416
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11309	16415	29452
Operating pressure (MPa)	0,1	0,040	0,075	0,116	0,181	0,299	0,462	0,722	1,183	1,912	3,042	4,714	6,814	12,168
	0,2	0,059	0,112	0,173	0,271	0,448	0,693	1,083	1,775	2,867	4,563	7,071	10,221	18,252
	0,3	0,079	0,150	0,231	0,361	0,598	0,924	1,444	2,367	3,823	6,084	9,428	13,628	24,336
	0,4	0,099	0,187	0,289	0,451	0,747	1,156	1,805	2,959	4,779	7,605	11,785	17,035	30,420
	0,5	0,119	0,224	0,347	0,542	0,897	1,387	2,167	3,550	5,734	9,126	14,142	20,441	36,502
	0,6	0,138	0,262	0,405	0,632	1,046	1,618	2,528	4,142	6,690	10,647	16,499	23,848	42,586
	0,7	0,158	0,299	0,463	0,722	1,196	1,849	2,889	4,734	7,646	12,168	18,856	27,255	48,670
	0,8	0,178	0,336	0,520	0,812	1,345	2,080	3,250	5,325	8,602	13,689	21,213	30,662	54,754
	0,9	0,198	0,374	0,578	0,903	1,495	2,311	3,611	5,917	9,557	15,209	23,570	34,069	60,838
	1,0	0,218	0,411	0,636	0,993	1,644	2,542	3,972	6,509	10,513	16,927	25,927	37,476	66,922

● The table is for a complete cycle with 100mm stroke in one minute.

Fuente: MINDMAN, Catálogo de Elementos Neumáticos (2010).

Se puede ver que el consumo de aire en la carrera de avance es de 1.046 lts/min por cada 100 mm, la carrera es de 125 mm para el de doble efecto,

entonces el consumo real en la carrera de este cilindro solo será en la de avance, por ello el consumo es:

$l_1 = 125 \text{ mm}$ Carrera.

$n_c = 4$ Número de ciclos por minuto.

$$Q_n = 1.046 * \frac{l_1}{100} * n_c \quad \text{Ec. 4.4.24.}$$

$$Q_n = 5.23 \frac{\text{Lts}}{\text{min}} \quad \text{Consumo total de aire.}$$

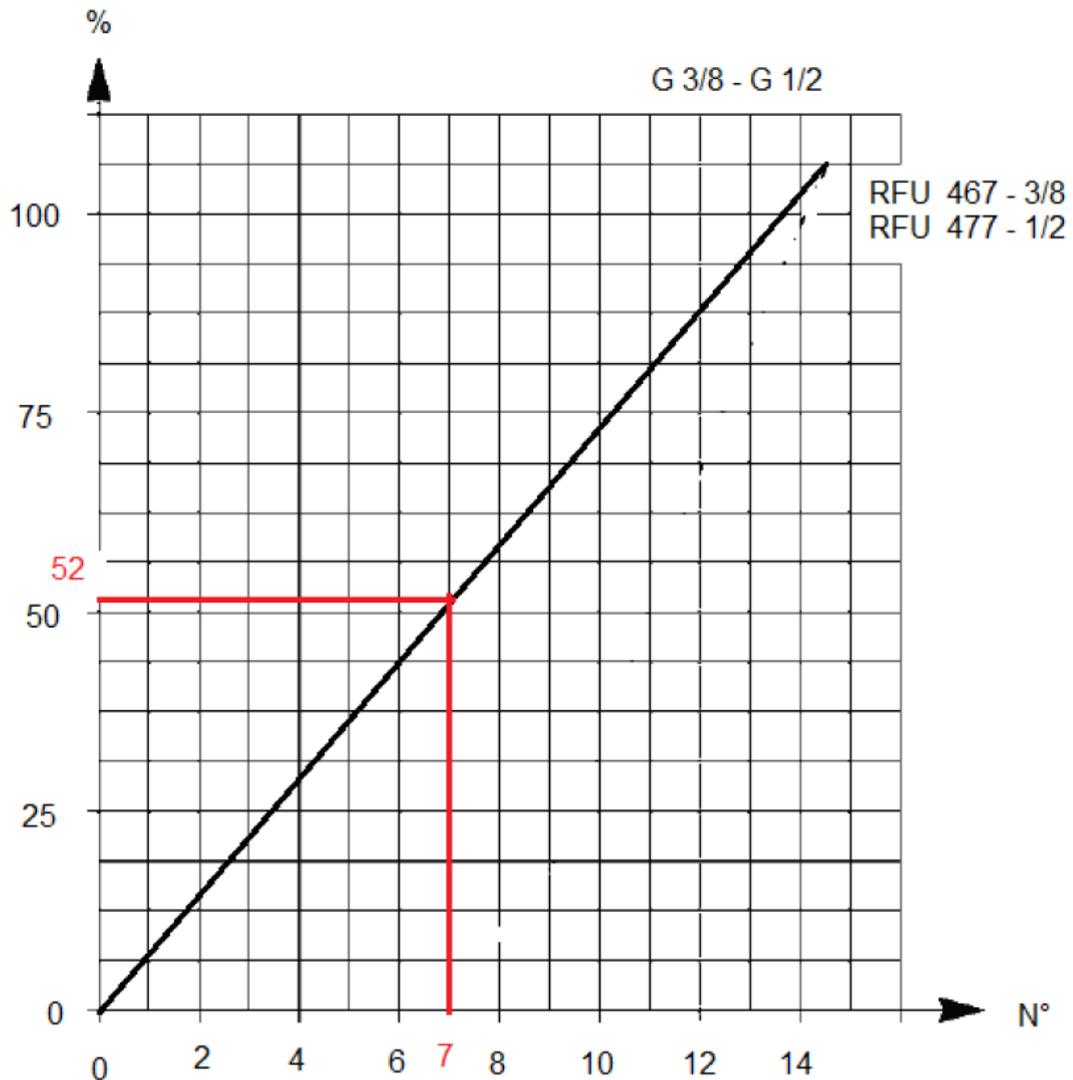
El consumo de aire para cada cilindro es de 5.23 Lts/min.

4.4.1.3.3. Regulación del caudal del cilindro compactador.



Figura 4.4.2. Válvula Reguladora de Flujo Unidireccional Serie RFU.

Diagrama 4.4.2. Reguladores de Flujo Unidireccional, Conexión G 3/8”.



Como se observa en el diagrama anterior, existe una disminución de la cantidad de aire que debe llegar al cilindro compactador. El número de vueltas que restringe el paso del aire es de 7, lo cual nos da como resultado una disminución del 48%.

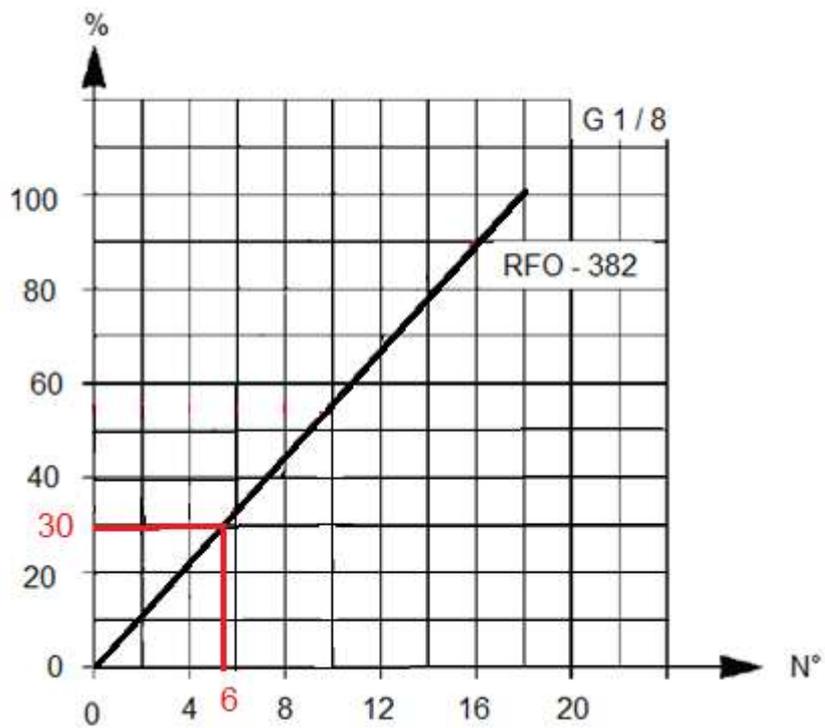
La cantidad de aire que llega al cilindro compactador es disminuida debido a que de esta manera se obtiene una mejor lectura de sensado del sensor magnético D, el cual nos ayuda a que el cilindro compactador se detenga y entre en acción el cilindro perforador. En el capítulo 6 se explica más detalladamente

4.4.1.3.4. Regulación del caudal del cilindro de acceso principal.



Figura 4.4.3. Válvula Reguladora de Flujo Bidireccional Serie RFO.

Diagrama 4.4.3. Reguladores de Flujo Bidireccional, Conexión G 1/8".



En el diagrama anterior, existe una disminución del 70% de la cantidad de aire que llegará al cilindro de acceso principal. Esta disminución se logra con dar un número de 6 vueltas al regulador de caudal.

La acción de este cilindro es controlada con este regulador de caudal ya que, es necesario controlar la caída de las latas de aluminio y botellas plásticas PET a la camisa de compactación.

4.4.1.3.5. Sopladores neumáticos.

Para la separación de las botellas plásticas PET y latas de aluminio, se va a utilizar una conexión directa desde el compresor hasta los sopladores, la cual tiene un diámetro de manguera de 12 mm. Con este diámetro tenemos un caudal de 150 lts/min.

El caudal que se indica en el manual del compresor, es el caudal nominal de 150 lts/min. En este proyecto la apertura de la electroválvula es de solo 3 segundos, por ende el consumo de aire va es más bajo y tiene un valor 7.5 lts/min.

$$Q_{sn} = 7.5 \frac{\text{lts}}{\text{min}} \quad \text{Consumo de aire.}$$

$$Q_{snf} = nc * Q_{sn} \quad \text{Consumo de total de aire.}$$

$$Q_{snf} = 30 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

4.4.1.4. Consumo Total de Aire.

Como se puede observar en los cálculos realizados anteriormente, la diferencia que existe entre los elementos que ofrecen un proveedor y otro no es significativa, pero se elige MINDMAN, ya que estos elementos son mucho más económicos.

Tabla 4.4.11. Tabla de Consumo Total de Aire para n = 4.

Descripción	Consumo de Aire (Its/min)	Cantidad	Consumo de Aire Total (Its/min)
Cilindro Compactador, marca: MINDMAN, doble efecto, Φ cilindro: 100 mm, Φ vástago: 25 mm, l: 320 mm.	136.282	1	136.282
Cilindro Perforador, marca: MINDMAN, doble efecto, Φ cilindro: 40 mm, Φ vástago: 16 mm, l: 100 mm.	6.472	1	6.472
Cilindro de la Compuertas de Camisa, marca: MINDMAN, doble efecto, Φ cilindro: 32 mm, Φ vástago: 12 mm, l: 125 mm.	5.230	1	5.230
Cilindro de Acceso Principal, marca: MINDMAN, simple efecto, Φ cilindro: 32 mm, Φ vástago: 12 mm, l: 100 mm.	2.232	1	2.232
Soplador de Aire Φ conexión 10 mm	30.00	1	30.00
		TOTAL	180.216

4.4.2. COMPRESOR.

4.4.2.1. Hipótesis de Consumo.

Para establecer una hipótesis de consumos realista hay que conocer con cierto detalle el uso habitual que se hace de todas las máquinas que alimenta la instalación. Suelen emplearse los siguientes coeficientes empíricos para corregir los caudales de consumo:

4.4.2.1.1. Coeficiente de Uso (Cu).

Algunas máquinas no consumen aire comprimido todo el tiempo. El coeficiente de uso se define como la fracción del tiempo total de funcionamiento en la cual la máquina consume aire comprimido.

4.4.2.1.2. Coeficiente de Simultaneidad (Cs).

Normalmente todas las máquinas de una instalación neumática no funcionan a la vez. Para tener en cuenta este hecho se utiliza el llamado coeficiente de simultaneidad. Su valor es difícil de conocer y es muy variable de unas instalaciones a otras. Los manuales suelen proporcionar valores de este coeficiente en función del número de máquinas que alimenta la instalación:

Tabla 4.4.12. Tabla de Simultaneidad.

Cantidad de unidades consumidoras	Factor de simultaneidad	Cantidad de unidades consumidoras	Factor de simultaneidad
1	1	9	0,73
2	0,94	10	0,71
3	0,89	11	0,69
4	0,86	12	0,68
5	0,83	13	0,67
6	0,80	14	0,66
7	0,77	15	0,65
8	0,75	100	0,20

Fuente: TECNUN, Laboratorio de Hidráulica y Neumática.

Teniendo en cuenta el consumo específico de caudal de cada máquina (Q_{ESP}) y los coeficientes recién definidos, el consumo habitual de la instalación es:

$$Q_{CONSUMO} = C_S * \sum_{i=1}^n Q_{Esp.i} * C_{Ui} \quad \text{Ec. 4.4.25}$$

Donde:

Cs: Coeficiente de simultaneidad.

Cu: Coeficiente de uso.

Q_{ESP} : Consumo específico.

En este caso, el Q consumo es:

$C_S = 0.94$ Factor de simultaneidad para 2 elementos neumáticos.

$C_U = 1$ Factor de uso de un cilindro neumático.

Los consumos de cilindros en $n = 4$ (Número de ciclos por minuto) son:

$Q_1 = 136.282 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$ Consumo de aire del cilindro compactador.

$Q_2 = 6.472 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$ Consumo de aire del cilindro perforador.

$Q_3 = 5.230 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$ Consumo de aire del cilindro de compuertas de camisa.

$Q_4 = 2.232 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$ Consumo de aire del cilindro de acceso principal.

$Q_5 = 30.00 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$ Consumo de aire del soplador.

El caudal de consumo será:

$$Q_C = C_S * C_U * (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \quad \text{Ec. 4.4.26}$$

$Q_C = 169.403 \frac{\text{Its}}{\text{min}}$ Caudal de consumo de los cilindros

4.4.2.2. Caudal que debe proporcionar el compresor.

A la hora de calcular el caudal que tiene que proporcionar el compresor, se deben aplicar 3 coeficientes más.

4.4.2.2.1. Coeficiente de mayoración para futuras ampliaciones (C_{MA}).

Normalmente se suele prever que el consumo puede aumentar hasta 30% en el futuro al añadir nuevas máquinas a la instalación. En este caso el coeficiente de mayoración será igual a 1 ya que no se aumentarán elementos en un futuro a la máquina, claro que se pueden hacer modificaciones en el uso de cilindros de mayor capacidad, y para dicho caso se analizaría nuevamente cual es el compresor adecuado para dicha instalación.

4.4.2.2.2. Coeficiente de mayoración por fugas (C_{MF}).

Las fugas de aire son inherentes a toda instalación neumática. Se va a tratar de que el montaje de la instalación se realice con material de calidad por lo que se va a cifrar un coeficiente en 1,05.

4.4.2.2.3. Coeficiente de ciclo de funcionamiento del compresor (C_{CC}).

Es el cociente entre la duración total del ciclo de funcionamiento (tiempo entre arranques) y el tiempo en el que el compresor produce aire comprimido (compresor funcionando). En este caso, el compresor va a funcionar durante todo el ciclo, por lo cual este coeficiente será de 1.

Aplicando estos tres coeficientes, el caudal que tiene que proporcionar el compresor es:

$C_{MA} = 1$ Coeficiente de mayoración para futuras ampliaciones.

$C_{MF} = 1.05$ Coeficiente de mayoración por fugas.

$C_{CC} = 1$ Coeficiente de ciclo de funcionamiento del compresor.

$$Q_{COMP} = C_{MA} * C_{MF} * C_{CC} * Q_C \quad \text{Ec. 4.4.27.}$$

$$Q_{COMP} = 177.873 \frac{\text{Its}}{\text{min}} \quad \text{Caudal de consumo de los cilindros.}$$

4.4.2.2.4. Influencia de la altitud en el proceso de compresión.

La presión, la densidad del aire y la temperatura ambiental decrecen con la altitud, como se muestra en la tabla 4.4.14.

Los cambios mencionados en las condiciones ambientales afectan a la relación de presión de los compresores, así como la potencia requerida y el flujo de aire.

Estos cambios en las condiciones ambientales también afectan a la potencia disponible de los motores eléctricos y de combustión.

Para realizar los cálculos del volumen del depósito, se debe saber la Presión Atmosférica de la Ciudad de Quito.

Altitud = 2800 m Altitud de la ciudad de Quito.

$P_{atm} = 0.719$ Bar Presión atmosférica de Quito.

Tabla. 4.4.13. Variación de la Presión, Densidad y Temperatura Ambiental con la Altitud.

Altitud m	Presión bar	Temperatura °C	Densidad kg/m ³
- 1200	1.163	23.0	1.373
- 1000	1.138	21.7	1.345
- 800	1.113	20.4	1.321
- 600	1.088	19.0	1.298
- 400	1.063	17.7	1.274
- 200	1.038	16.3	1.250
- 100	1.026	15.7	1.238
0	1.013	15.0	1.225
100	1.001	14.4	1.213
200	0.989	13.7	1.202
300	0.978	13.1	1.190
400	0.966	12.4	1.179
500	0.955	11.8	1.167
600	0.943	11.1	1.156
800	0.921	9.8	1.134
1000	0.899	8.5	1.112
1200	0.877	7.2	1.090
1400	0.856	5.9	1.069
1600	0.835	4.6	1.048
1800	0.815	3.3	1.027
2000	0.795	2.0	1.007
2200	0.775	0.7	0.986
2400	0.756	- 0.6	0.966
2600	0.737	- 1.9	0.947
2800	0.719	- 3.2	0.928
3000	0.701	- 4.5	0.909
3200	0.683	- 5.8	0.891
3400	0.666	- 7.1	0.872
3600	0.649	- 8.4	0.854
3800	0.633	- 9.7	0.837
4000	0.616	-11.0	0.819
5000	0.540	-17.5	0.736
6000	0.472	-24.0	0.660
7000	0.411	-30.5	0.590
8000	0.356	-37.0	0.525

Fuente: Libro "AIRE COMPRIMIDO Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA".ATLAS COPCO.

4.4.2.3. Cálculo del volumen del depósito de regulación.

El depósito de regulación de una instalación neumática tiene varios cometidos. El más importante es el de proporcionar aire a la presión deseada de forma inmediata, sin tener que poner en marcha el compresor. Además se encarga de atender picos de consumo de la instalación y amortigua las pulsaciones de presión que producen habitualmente los compresores, sobre todo los alternativos.

El volumen del depósito de regulación se calcula con diferentes criterios en función de la variabilidad que puede haber en el consumo de aire y de la forma en la que se controla la producción de aire comprimido por parte del compresor. En este caso, como la producción de aire comprimido se va a controlar con la parada y puesta en marcha del compresor, interesa que el número de conexiones y desconexiones de éste sea como máximo de 15 veces por hora. Una frecuencia mayor supondría una fatiga excesiva de las diferentes partes del compresor y su vida se vería notablemente reducida.

La ecuación de diseño que se utiliza habitualmente cuando se quiere limitar el número de arranques y parados del compresor es la siguiente:

$$V_{\text{DEP}} = \frac{15 \cdot Q_{\text{COMP}} \cdot P_{\text{atm}}}{Z_s \cdot \Delta P} \quad \text{Ec. 4.4.28}$$

Donde:

V_{DEP} : Capacidad del depósito (m^3).

Q_{comp} : Caudal proporcionado por el compresor en Nm^3/min .

P_{atm} : Presión atmosférica (absoluta) en bar.

Z_s : Frecuencia de conexión del compresor en h^{-1} .

ΔP : Variación máxima de la presión en el depósito ($P_{\text{max}} - P_{\text{min}}$) en bar.

En este caso se tiene que:

$$Q_{\text{COMP}} = \frac{Q_{\text{COMP}}}{1000}$$

$$Q_{\text{COMP}} = 0.17787 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

Caudal del compresor.

$$P_{\text{atm}} = 0.719 \text{ Bar}$$

Presión atmosférica de Quito.

$$Z_s = 20 \text{ h}^{-1}$$

Desconexiones del compresor.

$$\Delta P = 1 \text{ Bar}$$

Variación de presión en el depósito.

$$V_{\text{DEP}} = \frac{15 \cdot Q_{\text{COMP}} \cdot P_{\text{atm}} \cdot 1000}{Z_s \cdot \Delta P}$$

Ec. 4.4.29.

$$V_{\text{DEP}} = 95.87 \text{ lts}$$

Volumen del depósito del compresor.

Debido a que la máquina va a realizar varios ciclos en un minuto, la capacidad del depósito del compresor debería ser mucho más grande para disminuir el número de desconexiones y conexiones, pero por motivos de que esta máquina es un prototipo, se optará el compresor mencionado a continuación:

- Marca: PORTEN
- Capacidad del Tanque: 100 lts.
- Caudal del Aire: 5.3 cfm @ 90 PSI ó 6.0 cfm @ 40 PSI.
- Motor: 2.0 HP.
- Velocidad: 1740 RPM.
- Presión Máxima de Trabajo: 116 PSI.
- Voltaje: 110 V / 60 Hz.
- Compresor Monofásico
- Transmisión: Por bandas



Figura. 4.4.4. Compresor de Pistón.

4.4.3. ELECTROVÁLVULAS.

Según el diseño del circuito electro neumático mostrado en el diagrama 4.3.1., podemos conocer que se necesitan:

Tabla 4.4.14. Tabla de Electroválvulas.

ITEM	CANT	DESCRIPCION	PRESION DE FUNCIONAMIENTO	MARCA	REPRESENTACION
1	1	Electroválvula 3/2 vías de ¼ in monoestable	0.15 – 0.8 Mpa	QUANSHENG	
2	2	Electroválvula 5/2 vías de ¼ in biestable	0.15 – 0.8 Mpa	QUANSHENG	
3	1	Electroválvula 5/3 vías de ¼ in	0.15 – 0.8 Mpa	QUANSHENG	
4	1	Electroválvula 5/3 vías de ½ in	0.15 – 0.8 Mpa	QUANSHENG	

4.4.4. SENSOR CAPACITIVO.

Este sensor es seleccionado debido a que proporciona una distancia de trabajo adecuada para la detección de los envases de aluminio y los envases de plástico.

El sensor capacitivo a elegir es:

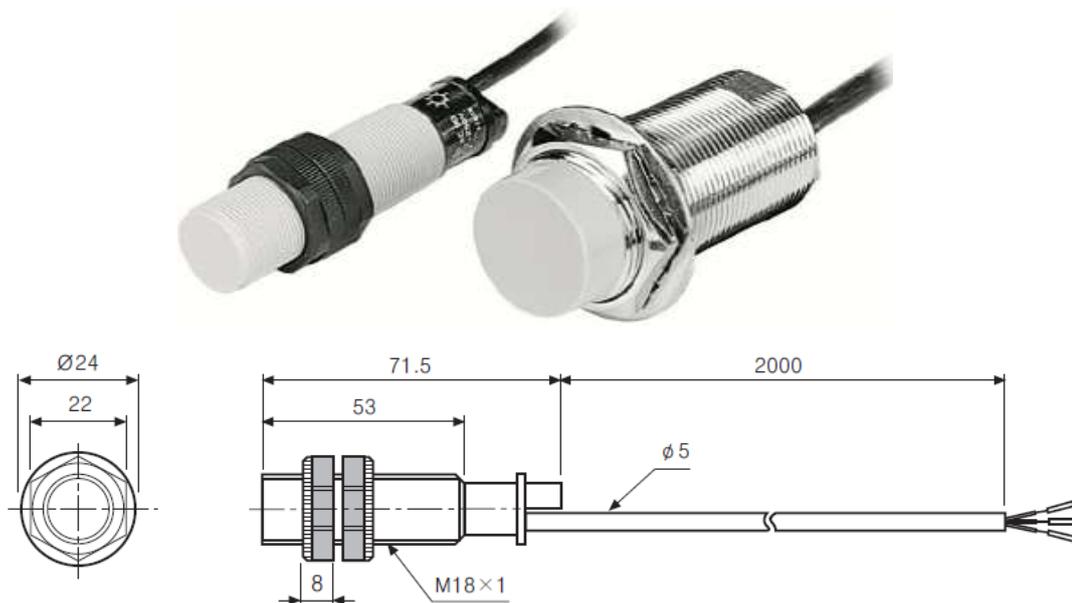


Figura 4.4.5. Sensor Capacitivo M18. Serie CR.

- Distancia de sensado: 8 mm \pm 10%
- Material de carcasa: Plástico
- Histéresis: Máx. 20% de la distancia de sensado.
- Rango de Voltaje: 12 – 24 V DC
- Consumo de Corriente: Max. 15 Ma
- Respuesta de Frecuencia: 50 Hz.
- Indicador de Estándar: Red Led.
- Unidad de Peso: Aprox. 72 gr.

4.4.5. Elementos Adicionales.

Son los elementos y materiales adicionales que permitirán que el circuito diseñado funcione de manera eficiente y eficaz. Los accesorios que se necesitan son:

- Unidad FRL: Es una unidad de mantenimiento que se encarga de filtrar partículas pequeñas y condensados de agua presentes en el aire, además permite regular la presión para un adecuado funcionamiento del equipo y finalmente cumple la función de lubricar al equipo enviando un pequeño rocío de aceite en el aire. De esta manera se logrará que el equipo funcione de manera mucho más eficiente.
- Silenciador: Este elemento permitirá disminuir el ruido generado en el circuito neumático.
- Regulador de Caudal: Con este accesorio podremos regular el paso de aire en el circuito de potencia.
- Racores: En neumática se utiliza este tipo de elementos como conectores de tubos (tubos aire comprimido, tubos neumáticos) con sus correspondientes accesorios. Es a través de los tubos por donde se conduce el aire comprimido.

Tabla 4.4.15. Tabla de Accesorios.

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MARCA
1	1	Filtro regulador de presión G ½	QUANSHENG
2	2	Silenciador de bronce G ½	MINDMAN
3	1	Silenciador de bronce G ¼	MINDMAN
4	8	Silenciador de bronce G 1/8	MINDMAN
5	1	Distribuidor de 5 tomas inst. de 10 mm	MINDMAN
6	1	Conector codo inst. ½" * 10 mm	MINDMAN
7	1	Conector recto inst. ½" * 10 mm.	MINDMAN
8	1	Union "T" inst. De 10mm.	MINDMAN
9	4	Conector codo inst. ¼" * 10 mm.	MINDMAN
10	8	Conector codo inst. ¼" * 8 mm.	MINDMAN
11	2	Conector codo inst. 1/8" * 8 mm.	MINDMAN
12	4	Conector codo inst. ½" * 12 mm.	MINDMAN

Tabla 4.4.15. Tabla de Accesorios (continuación)

13	2	Unión "T" instó. De 8 mm.	MINDMAN
14	1	Regulador de Caudal M 3/8	MINDMAN
15	6m	Manguera plástica M8	GATES
16	6m	Manguera plástica M10	GATES
17	2m	Manguera plástica M12	GATES

4.4.6. Selección del Sistema de Control.

Para el sistema de control se utilizó la configuración eléctrica dada en el diagrama 4.3.2., en la cual se indica todos los elementos utilizados:

Controlador Lógico Programable:

- PLC Logo, 12 in – 8 out.
- Módulo de Ampliación.

Pulsadores:

- Pulsador de latas de aluminio.
- Pulsador de botellas plásticas.
- Pulsador de reseteo.

Sensores de Presencia:

- Sensor Capacitivo M18 C1.
- Sensor Capacitivo M18 C2.

Solenoide:

- S1: Solenoide 1.
- S2: Solenoide 2.
- S3: Solenoide 3.

- S4: Solenoide 4.
- S5: Solenoide 5.
- S6: Solenoide 6.
- S7: Solenoide 7.
- S8: Solenoide 8.
- S9: Solenoide 9.

Sensores Magnéticos (Limitadores de Carrera):

- A: Sensor 1 (N.A.).
- D: Sensor 2 (N.A.).
- K: Sensor 3 (N.A.).
- L: Sensor 4 (N.A.).
- F: Sensor 5 (N.A.).
- C: Sensor 6 (N.A.).
- G: Sensor 7 (N.A.).

4.5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA.

4.5.1. DISEÑO DEL BASTIDOR.

En el gráfico 4.5.1. Se representa un esquema de la máquina con sus principales elementos.

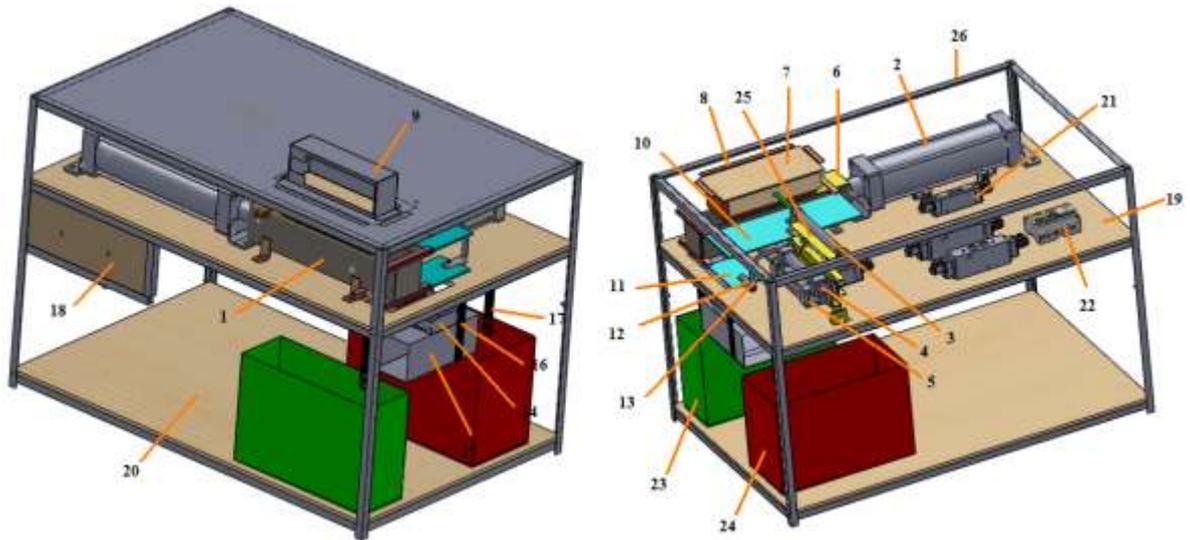


Figura 4.5.1. Elementos de la Máquina Recicladora.

De donde:

1. Camisa de Compactación.
2. Cilindro Compactador.
3. Cilindro de Acceso Principal.
4. Cilindro de Compuertas de Camisa de Compactación.
5. Cilindro Perforador.
6. Émbolo de Compactación.
7. Compuerta de Acceso Principal.
8. Conducto de Ingreso.
9. Cubículo de Ingreso.
10. Compuerta #1 de Camisa de Compactación.
11. Compuerta #2 de Camisa de Compactación.
12. Acoples de Compuertas de Camisa de Compactación.
13. Guía de Compuertas de Camisa de Compactación.
14. Rampa de Separación.
15. Conducto de Separación.
16. Abrazadera de Rampa y Conducto de Separación.
17. Guía de Sopladores.
18. Pared Soporte de Unidad FRL.
19. Mesa de Sujeción de Camisa de Compactación.

20. Mesa de Sujeción de Estantes.
21. Electroválvulas.
22. Controlar Lógico Programable.
23. Estante de Almacenamiento de Latas de Aluminio.
24. Estante de Almacenamiento de Botellas Plásticas PET.
25. Estructura Soporte de Cilindros.
26. Estructura Soporte

4.5.1.1. Camisa de Compactación.

La camisa de compactación es la cavidad en la cual el envase se compactará por el cilindro compactador (Ver figura 4.5.2.). Esta camisa consta de:

- Cuatro soportes, los cuales permiten que este elemento se pueda acoplar en la máquina.
- Cuatro carriles, los que sirven como guías para las compuertas de la camisa, las cuales permitirán que ingrese y salga el envase de la misma.

Esta camisa está hecha de acero ASTM A-36, cuyas propiedades mecánicas son:

Límite de fluencia: 250 Mpa (36 Ksi).

Límite de rotura: 410 Mpa (58 Ksi).

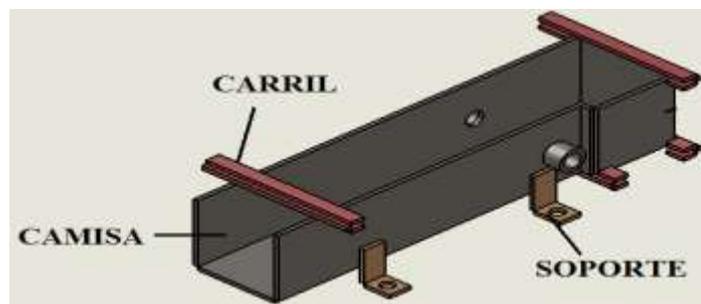


Figura 4.5.2. Camisa de Compactación.

En la figura 4.5.3. se puede observar un esquema de soldadura de las placas a soldar en la camisa.

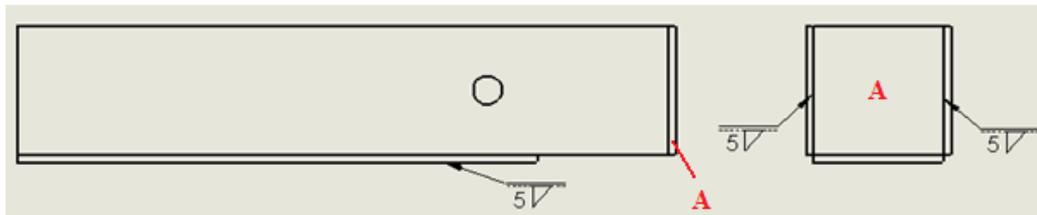


Figura 4.5.3. Esquema de Soldadura de Placas.

A continuación se analizará la placa A, que se encuentra especificada en la figura anterior, ya que esta será la que soporta la fuerza generada por el cilindro compactador.

La norma recomienda que la garganta debe tener un máximo del 80% del espesor mínimo de las placas a soldar, pero también existe una regla para espesores mínimos que se deben colocar según el espesor de placas a soldar. Debido a que las placas tienen espesores de 5 mm cada una, y de acuerdo a la Tabla 9-6 del libro de Shigley de la octava edición, el espesor mínimo que debe tener este filete es de 3/16" lo cual corresponde a un cordón de soldadura aproximadamente de 5 mm.

Estos cordones de soldadura van a estar sujetos a cortante, por esta razón el análisis para esta soldadura será:

$$F_{\max} = 4712 \text{ N}$$

Fuerza permisible de compactación.

$$h = 3.2 \text{ mm}$$

Espesor de cordón de soldadura.

$$l_s = 90 \text{ mm}$$

Longitud del cordón de soldadura.

$$N_c = 2$$

Número de cordones.

$$\tau_s = \frac{F_{\max}}{0.707 \cdot N_c \cdot l_s \cdot h}$$

Ec. 4.5.1.

$$\tau_s = 11.57 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante generado.

Debido a que el material de aporte es el electrodo E6011, y que el espesor del cordón es de 1/8", la fuerza unitaria y el esfuerzo cortante permisible son:

$$\tau_2 = 124 \text{ MPa} \quad \text{Esfuerzo cortante permisible.}$$

$$S_n = \frac{\tau_s}{\tau_2} \quad \text{Ec.4.5.2.}$$

$$S_n = 10.71 \quad \text{Factor de seguridad.}$$

Se puede observar que el cordón de soldadura está sobredimensionado. Se podría optar por una soldadura intermitente y así lograr un ahorro de recursos, pero, en este caso dicho ahorro no es significativo, por ello se mantendrá esta configuración.

Enseguida, se tiene que tomar en cuenta la deflexión que se generará en la placa A por efecto de la fuerza del cilindro compactador, es por esto que, se ha tomado el diagrama de apoyos fijos con una carga central para conocer la deflexión que se producirá.

$$F_{ta} = 278.452 \frac{\text{N}}{\text{mm lineal}} \quad \text{Ec. 4.5.3.}$$

$$F_t = F_{ta} * I_s * N_c \quad \text{Ec. 4.5.4.}$$

$$F_t = 50121.3 \text{ N} \quad \text{Fuerza permisible del filete.}$$

Debido a que $F_t \geq F_{max}$, ya que la resistencia del material de aporte es satisfactoria.

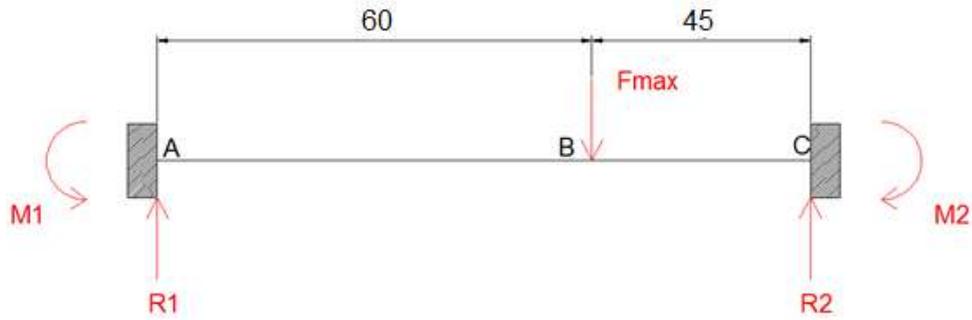


Figura 4.5.4. Carga Generada por el Cilindro Compactador a la Camisa.

Donde:

R1: Reacción generada en el punto A.

R2: Reacción generada en el punto C.

M1: Momento generado en el punto A.

M2: Momento generado en el punto C.

La deflexión máxima que se producirá será de:

$l_o = 105 \text{ mm}$ Longitud de la placa A.

$a_n = 90 \text{ mm}$ Ancho de la placa A.

$e_a = 5 \text{ mm}$ Espesor de la Placa A.

$I = \frac{1}{12} * l_o * e_a^3$ Ec. 4.5.5.

$I = 1093,75 \text{ mm}^4$

$E = 205939,7 \text{ MPa}$ Módulo de elasticidad del acero.

$D_{AB} = 60 \text{ mm}$ Distancia entre A y B.

$D_{BC} = 45 \text{ mm}$ Distancia entre B y C.

$$Y_{AB} = \frac{F_{\max} * D_{BC}^2 * D_{AB}}{6 * E * I_0^3} * [D_{AB} * (3 * D_{AB} + D_{BC}) - 3 * D_{AB} * l_0] \quad \text{Ec. 4.5.6.}$$

$$Y_{AB} = - 0.001976 \text{ mm}$$

Deflexión máxima.

Como se puede observar, la deflexión generada es casi nula, por ello podemos manifestar que no se producirá una deformación del elemento.

A continuación se realizará el análisis de fuerzas para conocer el momento y el cortante máximo generado.

$$R_1 = \frac{F_{\max} * D_{BC}^2}{l_0^3} * (3 * D_{AB} + D_{BC}) \quad \text{Ec. 4.5.7.}$$

$$R_1 = 1854.58 \text{ N}$$

Reacción en el punto A.

$$R_2 = \frac{F_{\max} * D_{AB}^2}{l_0^3} * (3 * D_{BC} + D_{AB}) \quad \text{Ec. 4.5.8.}$$

$$R_2 = 2857.42 \text{ N}$$

Reacción en el punto C.

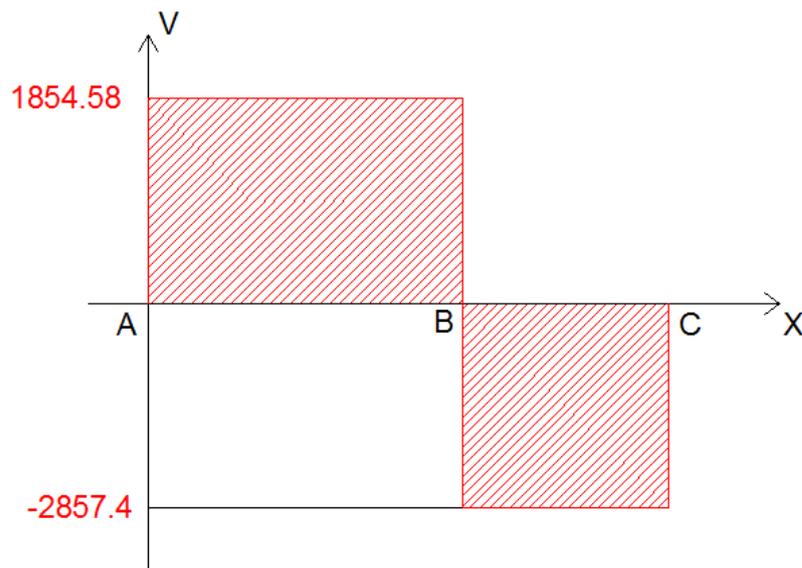


Diagrama 4.5.1. Diagrama de Fuerza Cortante.

$$M_1 = -\frac{F_{\max} \cdot D_{AB} \cdot D_{BC}^2}{l_0^2} \quad \text{Ec.4.5.9.}$$

$$M_1 = -51928.2 \text{ Nmm} \quad \text{Momento generado en el punto A.}$$

$$M_{AB} = \frac{F_{\max} \cdot D_{BC}^2}{l_0^3} \cdot [D_{AB} \cdot (3 \cdot D_{AB} + D_{BC}) - D_{AB} \cdot l_0] \quad \text{Ec. 4.5.10.}$$

$$M_{AB} = 59346.5 \text{ Nmm} \quad \text{Momento entre A y B.}$$

$$M_2 = -\frac{F_{\max} \cdot D_{AB}^2 \cdot D_{BC}}{l_0^2} \quad \text{Ec. 4.5.11.}$$

$$M_2 = -69237.6 \text{ Nmm} \quad \text{Momento generado en el punto C.}$$

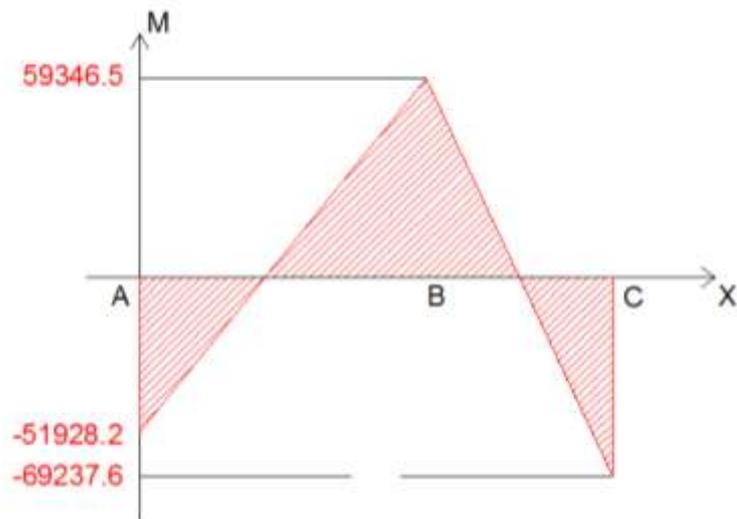


Diagrama 4.5.2. Diagrama de Momento Flector.

Se escoge el momento de gran valor que es de $M_2 = -69237.6 \text{ Nmm}$, con este valor se calcula el esfuerzo por momento.

$$\sigma_{pm} = \frac{M_2 \cdot \frac{e_a}{2}}{I} \quad \text{Ec. 4.5.12.}$$

$$\sigma_{pm} = 158.3 \text{ MPa} \quad \text{Esfuerzo por Momento.}$$

La resistencia a la fluencia del acero A - 36 es de 36 ksi, lo que equivale a 248.82 MPa.

$$S_{36} = 248.82 \text{ MPa.} \quad \text{Resistencia a la fluencia del A - 36.}$$

$$S_n = \frac{S_{36}}{\sigma_{pm}} \quad \text{Ec. 4.5.13.}$$

$$S_n = 1.57 \quad \text{Factor de seguridad}$$

4.5.1.2. Pernos de sujeción de elementos neumáticos y mecánicos.

En esta parte se analizará los pernos de sujeción de los elementos más críticos de la máquina. Para ello los parámetros que conocemos son:

- El diámetro del perno de sujeción del elemento.
- Los espesores de las placas de sujeción.

4.5.1.2.1. Pernos de sujeción del cilindro compactador.

- Φ perno: M14 UNF, A325 (El perno es de rosca fina ya que nos proporciona mayor resistencia a la fatiga, resiste las vibraciones, por lo tanto el aflojamiento que se pudiera ocasionar es mínimo).
- Arandela Plana: 14R.
- Arandela de Presión: M14.
- Tuerca: M14 UNF.
- Espesor del anclaje del cilindro: 5 mm.

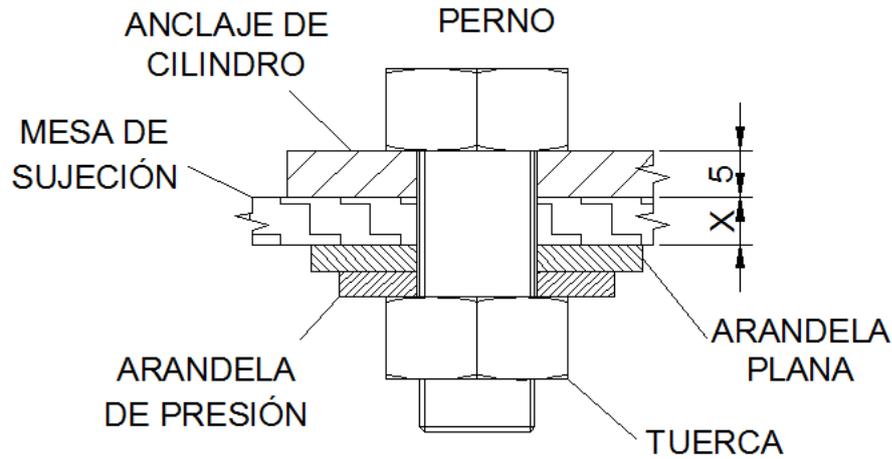


Figura 4.5.5. Junta Empernada del Cilindro Compactador.

Como se puede observar en la figura 4.5.5., hay un espesor que no se encuentra definido, este espesor es de la mesa de sujeción en la cual se montará el cilindro compactador. La mesa de sujeción para este elemento tendrá un espesor de 10 mm y será una tabla de pino, ya que este material, aparte de ser económico y resistente, es liviano y nos permitirá transportar la máquina de una manera mucha más fácil y cómoda.

Longitud del Perno.

Debido a los espesores de la junta empernada de este cilindro, la longitud del perno será de:

$$L = 38.1 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{perno}} = 14 \text{ mm}$$

Longitud de roscado.

$$L_T = 2 \cdot \phi_{\text{perno}} + 6 \text{ mm}, \quad L \leq 125, \quad \phi_{\text{perno}} \leq 48 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.5.14.}$$

$$L_T = 2 \cdot 14 + 6 = 34 \text{ mm}$$

Longitud de la parte útil sin rosca.

$$L_d = L - L_T \quad \text{Ec. 4.5.15.}$$

$$L_d = 38.1 - 34 = 4.1 \text{ mm}$$

Longitud de la parte roscada en el agarre.

$$T_p = 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor del anclaje del perno.}$$

$$T = 10 \text{ mm} \quad \text{Espesor de la mesa.}$$

$$T_a = 3.5 \text{ mm} \quad \text{Espesor de la arandela 14R.}$$

$$L_T = T_a \cdot 2 + T + T_p - L_d \quad \text{Ec. 4.5.16.}$$

$$L_T = 3.5 \cdot 2 + 10 + 5 - 4.1 = 17.9 \text{ mm}$$

Área de la parte sin rosca.

$$A_d = \frac{\pi \cdot \phi_{\text{perno}}^2}{4} \quad \text{Ec. 4.5.17.}$$

$$A_d = 153.938 \text{ mm}^2$$

Área con el diámetro mínimo.

$$A_t = 116 \text{ mm}^2$$

Área de esfuerzo de tensión.

$$A_f = 125 \text{ mm}^2$$

Análisis de pernos a cortante.



Figura 4.5.6. Distribución de Pernos en el Cilindro Compactador.

Aplastamiento de los pernos.

$$t = 10 \text{ mm}$$

Espesor de la mesa.

$$\phi_{\text{perno}} = 14 \text{ mm}$$

Diámetro del perno.

$$F_{\text{max}} = 4712 \text{ N}$$

Fuerza permisible de compactación.

$$\sigma_{\text{perno}} = \frac{F_{\text{max}}}{2 \cdot t \cdot \phi_{\text{perno}}}$$

Ec. 4.5.18.

$$\sigma_{\text{perno}} = 16.829 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de aplastamiento.

$$S_p = 586 \text{ MPa}$$

Resistencia de prueba mínima.

$$S_{ut} = 827 \text{ MPa}$$

Resistencia mínima a la tensión.

$$S_n = \frac{S_p}{\sigma_{\text{perno}}}$$

Ec 4.5.19.

$$S_n = 34.82$$

Factor de seguridad.

Aplastamiento de las placas.

$$t = 10 \text{ mm}$$

Espesor de la mesa.

$$F_{\max} = 4712 \text{ N}$$

Fuerza permisible de compactación.

$$\sigma_{\text{placa}} = \frac{F_{\max}}{2 \cdot t \cdot \phi_{\text{perno}}}$$

Ec. 4.5.20.

$$\sigma_{\text{placa}} = 16.829 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de aplastamiento.

$$S_u = 104 \text{ MPa}$$

Resistencia última del Pino.

$$s_n = \frac{S_u}{\sigma_{\text{perno}}}$$

Ec. 4.5.21.

$$s_n = 6.18$$

Factor de seguridad.

Cortante del perno.

$$N_{\text{perno}} = 4$$

Número de pernos.

$$\tau_1 = \frac{F_{\max}}{N_{\text{perno}} \cdot A_d}$$

Ec. 4.5.22.

$$\tau_2 = 0.577 \cdot \frac{S_p}{s_n}$$

Ec. 4.5.23.

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$s_n = \frac{0.577 \cdot S_p \cdot N_{\text{perno}} \cdot A_d}{F_{\max}}$$

Ec. 4.5.24.

$$s_n = 44.185$$

Factor de seguridad.

4.5.1.2.2. Pernos de sujeción del cilindro perforador.

- Φ perno: M8 UNF, A325 (El perno es de rosca fina ya que nos proporciona mayor resistencia a la fatiga, resiste las vibraciones, por lo tanto, el aflojamiento que se pudiera ocasionar es mínimo).
- Tuerca: M8 UNF.
- Espesor del anclaje del cilindro: 5 mm.

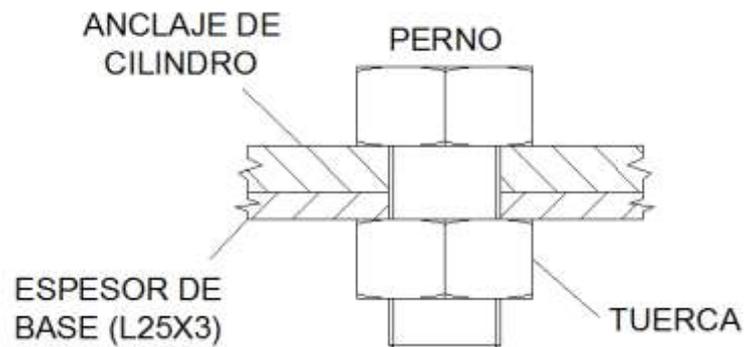


Figura 4.5.7. Junta Emperrada del Pistón Perforador.

Longitud del Perno.

Debido a los diferentes espesores de las placas presentes en la junta emperrada, la longitud del perno será de:

$$L = 25.4 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{perno}} = 8 \text{ mm}$$

Longitud de roscado.

$$L_T = 2 \cdot \phi_{\text{perno}} + 6 \text{ mm}, \quad L \leq 125, \quad \phi_{\text{perno}} \leq 48 \text{ mm} \quad \text{Ec. 4.5.25.}$$

$$L_T = 2 \cdot 8 + 6 = 22 \text{ mm}$$

Longitud de la parte útil sin rosca.

$$L_d = L - L_T \quad \text{Ec. 4.5.26.}$$

$$L_d = 25.4 - 22 = 3.4 \text{ mm}$$

Longitud de la parte roscada en el agarre.

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

Espesor del anclaje del perno.

$$T = 3 \text{ mm}$$

Espesor de la base.

$$L_T = T + T_p - L_d$$

Ec. 4.5.27.

$$L_T = 3 + 5 - 3.4 = 4.7 \text{ mm}$$

Área de la parte sin rosca.

$$A_d = \frac{\pi \cdot \phi_{\text{perno}}^2}{4}$$

Ec. 4.5.28.

$$A_d = 50.265 \text{ mm}^2$$

Área con el diámetro mínimo.

$$A_t = 36 \text{ mm}^2$$

Área de esfuerzo de tensión.

$$A_f = 39.2 \text{ mm}^2$$

Análisis de pernos a cortante.



Figura 4.5.8. Distribución de Pernos en el Cilindro Perforador.

Aplastamiento de los pernos.

$$t = 3 \text{ mm}$$

Espesor de la base.

$$\phi_{\text{perno}} = 8 \text{ mm}$$

Diámetro del perno.

$$F_{\text{max}} = 754 \text{ N}$$

Fuerza permisible de perforación.

$$\sigma_{\text{perno}} = \frac{F_{\text{max}}}{2 \cdot t \cdot \phi_{\text{perno}}}$$

Ec. 4.5.29.

$$\sigma_{\text{perno}} = 15.708 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de aplastamiento.

$$S_p = 586 \text{ MPa}$$

Resistencia de prueba mínima.

$$S_{\text{ut}} = 827 \text{ MPa}$$

Resistencia mínima a la tensión.

$$S_n = \frac{S_p}{\sigma_{\text{perno}}}$$

Ec. 4.5.30.

$$S_n = 37.305$$

Factor de seguridad.

Aplastamiento de las placas.

$$t = 3 \text{ mm}$$

Espesor de la mesa.

$$F_{\max} = 754 \text{ N}$$

Fuerza permisible de perforación.

$$\sigma_{\text{placa}} = \frac{F_{\max}}{2 \cdot t \cdot \phi_{\text{perno}}}$$

Ec. 4.5.31.

$$\sigma_{\text{placa}} = 15.708 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de aplastamiento.

$$S_u = 248 \text{ MPa}$$

Resistencia a la fluencia del A - 36.

$$s_n = \frac{S_u}{\sigma_{\text{perno}}}$$

Ec. 4.5.32.

$$s_n = 15.788$$

Factor de seguridad.

Cortante del perno.

$$N_{\text{perno}} = 4$$

Número de pernos.

$$\tau_1 = \frac{F_{\max}}{N_{\text{perno}} \cdot A_d}$$

Ec. 4.5.33.

$$\tau_2 = 0.577 \cdot \frac{S_p}{s_n}$$

Ec. 4.5.34.

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$s_n = \frac{0.577 \cdot S_p \cdot N_{\text{perno}} \cdot A_d}{F_{\max}}$$

Ec. 4.5.35.

$$s_n = 90.163$$

Factor de seguridad.

4.5.1.2.3. Pernos de sujeción de la camisa de compactación.

- Φ perno: M14 UNF, A325 (El perno es de rosca fina ya que nos proporciona mayor resistencia a la fatiga, resiste las vibraciones, por lo tanto, el aflojamiento que se pudiera ocasionar es mínimo).

- Arandela: 14R.
- Tuerca: M14 UNF.
- Espesor de los soportes de la camisa: 5 mm.

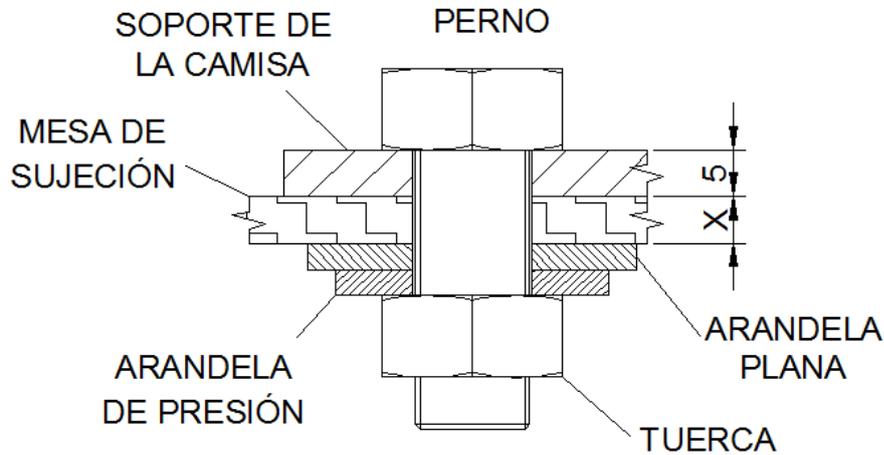


Figura 4.5.9. Junta Empernada de la Camisa de Compactación.

Estos pernos estarán en las mismas condiciones que los pernos del cilindro compactador, por ello no es indispensable hacer cálculos de los mismos, ya que saldrán los mismos resultados.

Una vez analizados los pernos de sujeción de los elementos neumáticos que generan cargas críticas (cilindro compactador y cilindro perforador) y de los elementos mecánicos que resisten cargas críticas (camisa de compactación), se puede concluir que los pernos de cada elemento pueden resistir las cargas generadas en los mismos, sin embargo se puede observar que existe un sobredimensionamiento en el espesor de las mesas de sujeción, las cuales permiten que los factores de seguridad sean demasiado altos, pero, hay que tomar en cuenta que esta mesa con este espesor nos puede brindar facilidades de montaje no solo de los cilindros sino también de otros elementos como es el caso de las electroválvulas, la camisa de compactación, entre otros, por este motivo se escoge el espesor de 10 mm para las mesas de sujeción, logrando así brindar un grado de rigidez a la estructura.

4.5.1.3. Diseño del Conducto de Ingreso.

Este conducto permite que la botella plástica o lata de aluminio se dirija hacia la camisa de compactación. Este conducto no requiere un cálculo preliminar para su diseño, por ende se concluye que su diseño es únicamente geométrico. Este elemento será fabricado de tol negro de 1 mm de espesor. Ver figura 4.5.10.

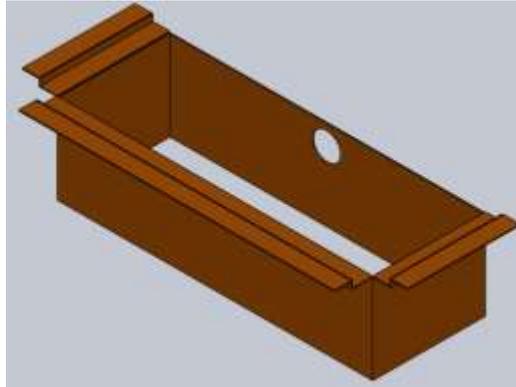


Figura 4.5.10. Conducto de Ingreso.

4.5.1.4. Diseño del Sistema de Separación del Producto.

Este sistema tiene los siguientes elementos:

Rampa de Separación.

Esta rampa permite que el envase compactado se deslice por el mismo haciendo que al final de este recorrido se aloje en un conducto denominado Conducto de Separación, en el cual estarán presentes los Sopladores Neumáticos. Ver figura 4.5.11.

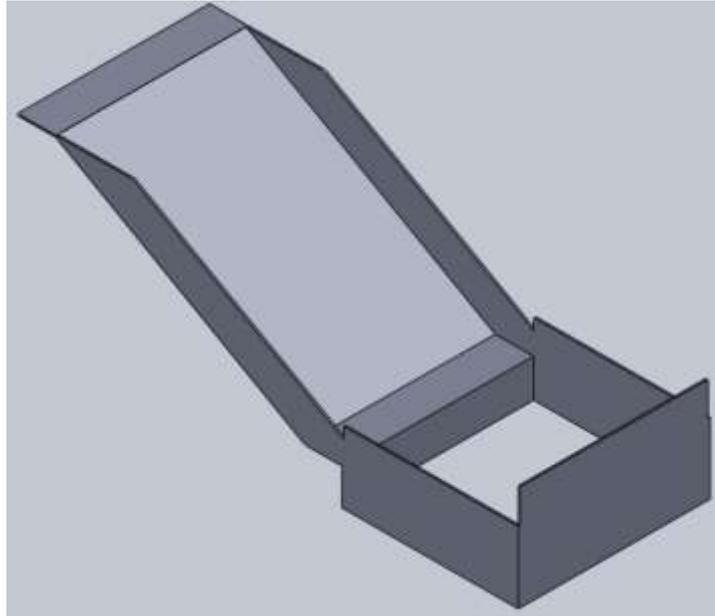


Figura 4.5.11. Rampa de Separación.

Abrazadera de Rampa y Conducto de Separación.

Este elemento permite que tanto la rampa como el conducto de separación se encuentren nivelados. Ver figura 4.5.12.

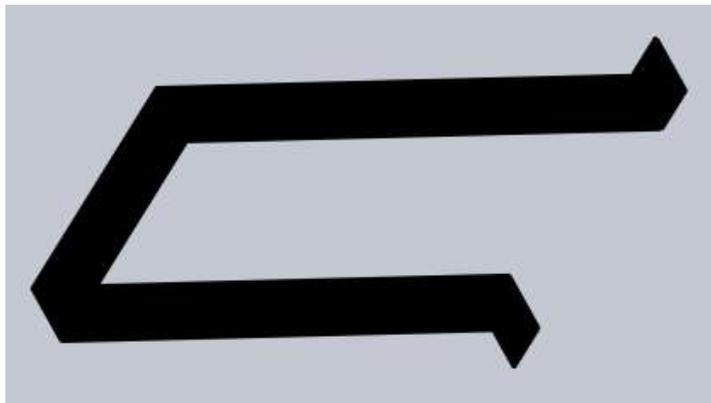


Figura 4.5.12. Abrazadera de Rampa y Conducto de Separación.

Sopladores Neumáticos.

Los sopladores neumáticos tiene el objetivo de dirigir a los elementos compactados a sus respectivos estantes. Los sopladores van a estar montados en unas guías de tol de 1 mm de espesor. Ver figura 4.5.13.



Figura 4.5.13. Guía de Sopladores.

Conducto de Separación.

El Conducto de Separación tiene como objetivo detener el producto después de la caída de la rampa, así se puede separar el producto a su respectivo recipiente. Ver figura 4.5.14.

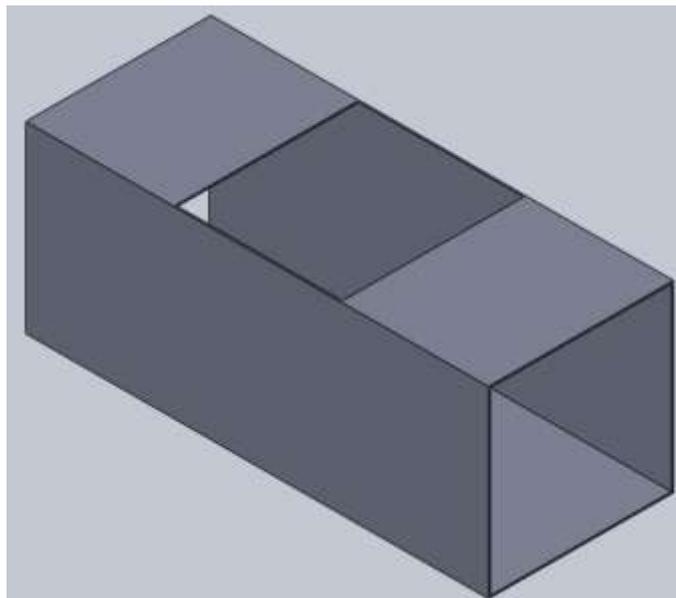


Figura 4.5.14. Conducto de Separación.

Tanto la Rampa como el Conducto de Separación, serán fabricados con lámina de tol negro de 1 mm de espesor.

4.5.1.5. Diseño de Punta de Perforación.

Esta punta de perforación servirá para que todos los envases sean perforados y permitan que exista la fuga de aire, el cual será acoplado en el cilindro perforador. El material que se utilizará para la fabricación de esta punta de perforación será el AISI S1, ya que este tipo de acero tiene una elevada resistencia al desgaste y una altísima tenacidad. Este tipo de acero es utilizado frecuentemente en herramientas para trabajo en frío como es el caso de cinceles, punteras de martillos neumáticos, etc., y en herramientas para trabajo en caliente como por ejemplo en cuchillas para rebordes, punzones, etc. Ver figura 4.5.15.

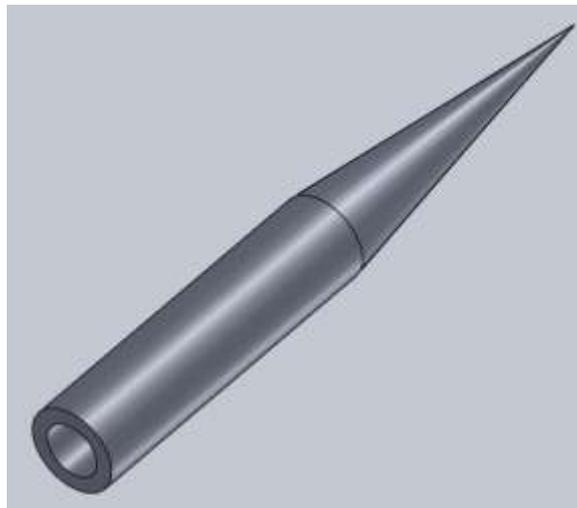


Figura 4.5.15. Punta de Perforación.

4.5.1.6. Diseño del Émbolo de Compactación.

Este elemento será acoplado al vástago del cilindro compactador. El Duralón es el material del cual se fabricará este émbolo, ya que como este elemento va a estar en constante movimiento, se necesita un material que ofrezca una excepcional resistencia a la deformación y una alta resistencia a la abrasión. Sus propiedades mecánicas son las cuales son:

- Densidad: 1.15 gr/cm³.
- Resistencia a la tensión: 80 MPa.
- Dureza Shore D: 70 - 75.
- Punto de Rotura: 100 MPa.
- Coeficiente de Fricción: 0.04.

Este émbolo tendrá un perímetro exterior cuadrado ya que la camisa de compactación será cuadrada. Ver figura 4.5.17.

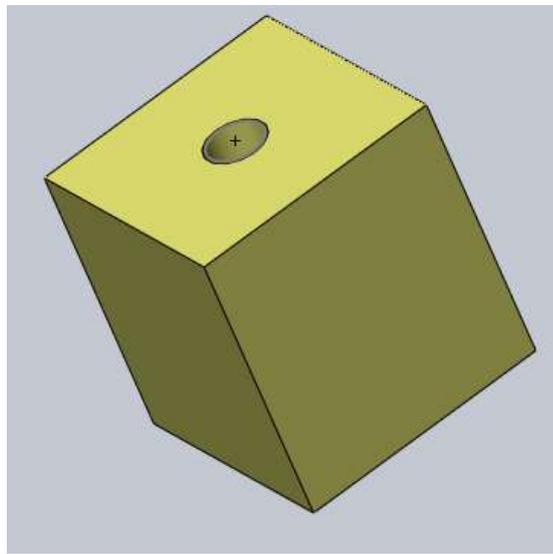


Figura 4.5.17. Émbolo de Compactación.

4.5.1.7. Diseño de Tapa de Ingreso.

Esta tapa se acopla al cilindro P1, el cual permite que el envase tanto plástico como de aluminio ingrese a la máquina, pasando por el conducto de ingreso, para tener como destino final la camisa de compactación. Para este elemento se utilizará tablas de pino. Ver figura 4.5.18.

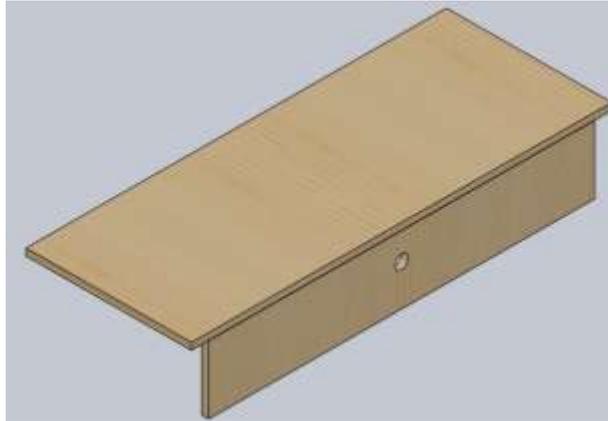


Figura 4.5.18. Tapa de Ingreso.

4.5.1.8. Diseño de Guía de Compuertas y Compuertas de Camisa de Compactación.

Estas compuertas se acoplan al cilindro que permite cerrar y abrir accesos en la camisa de compactación. Para poder acoplar estas tapas al cilindro, se necesita de 2 acoples los cuales fueron diseñados al igual que el resto de los elementos anteriores. Estas compuertas están interconectadas por una Guía que es de acero ASTM A-36, mientras que estas tapas serán de Plástico y los acoples serán de acero ASTM A-36.

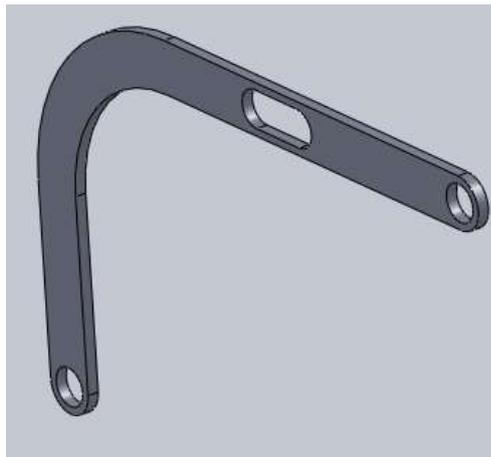


Figura 4.5.19. Guía de Compuertas de Camisa de Compactación.

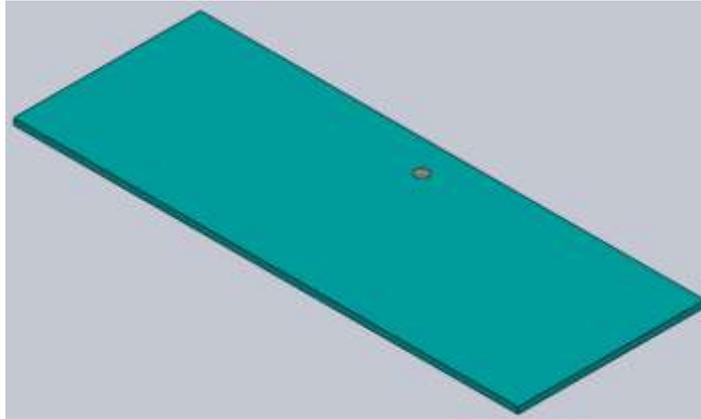


Figura 4.5.20. Compuerta #1 de Camisa de Compactación.

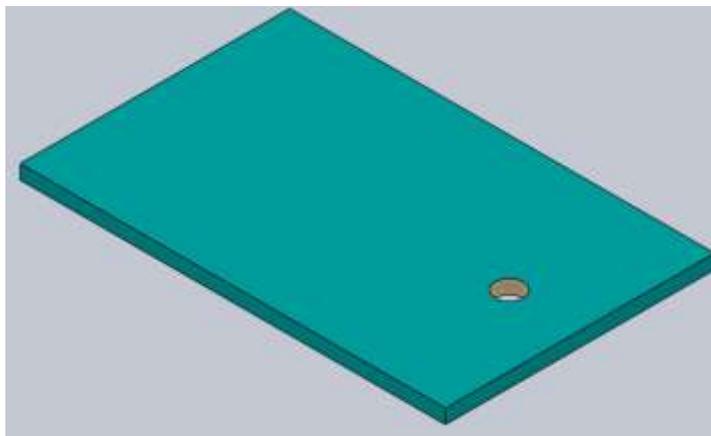


Figura 4.5.21. Compuerta #2 de Camisa de Compactación.

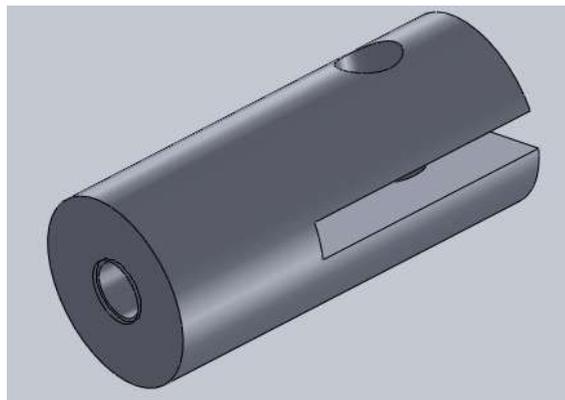


Figura 4.5.22. Acople de Tapa de Camisa de Compactación.

4.5.1.9. Cubículo de Ingreso.

Este elemento permite que el usuario coloque el envase a compactar, de una manera segura y confiable, permitiendo que la botella de plástico PET o la lata de aluminio se puedan dirigir sin ningún problema a la Camisa de Compactación. Además este elemento alojará a los sensores capacitivos los cuales permitirán el reconocimiento del envase como se ha manifestado anteriormente. Ver figura 4.5.23.

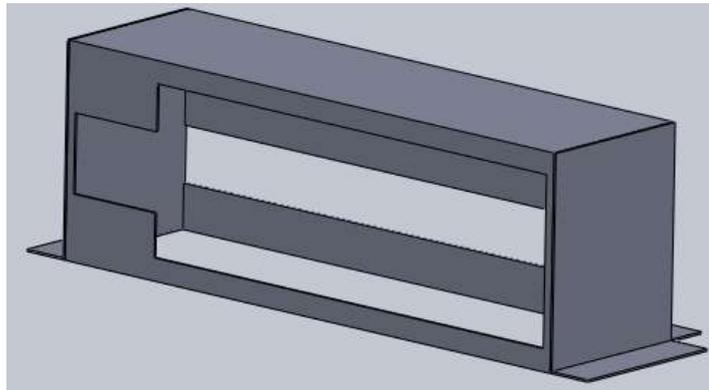


Figura 4.5.23. Cubículo de Ingreso.

4.5.10. Estructura Soporte de Cilindros.

En esta estructura se alojará los siguientes cilindros:

- Cilindro Perforador.
- Cilindro de Compuertas de Camisa de Compactación.
- Cilindro de Acceso Principal.

Esta estructura está hecha de perfiles L25x3. Ver figura 4.5.24.

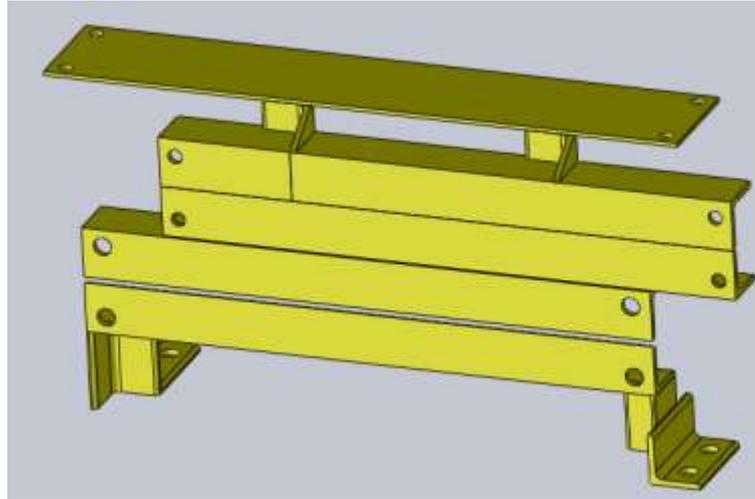


Figura 4.5.24. Estructura Soporte de Cilindros.

Todas las dimensiones de los elementos antes mencionados, se encontrarán en la sección de “Planos”.

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN – MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

5.1. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS DE 400 A 500 ml Y LATAS DE ALUMINIO DE 330 A 350 ml.

5.1.1. LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS.

Después de haber terminado con el diseño de la máquina recicladora, se procederá a la adquisición de los materiales, herramientas y equipos de trabajo que serán necesarios para la construcción del equipo, por esta razón se mencionará 2 listas de materiales, en la cual, la primera tiene que ver con los elementos que no serán maquinados (compresor, cilindros neumáticos, electroválvulas, etc.), mientras que la segunda lista enumerará todos los materiales que serán necesarios para construir los elementos de la máquina (perfiles de acero, planchas de tol negro, planchas de madera de pino, etc.).

Tabla 5.1.1. Lista de Materiales no Maquinados.

ITEM	DESCRIPCIÓN	MEDIDA	CANTIDAD	MARCA
1	Cilindro neumático de doble efecto, Φcilindro: 100 mm, Φvástago: 25 mm, l: 320 mm	U	1	MINDMAN
2	Cilindro neumático de doble efecto, Φcilindro: 40 mm, Φvástago: 16 mm, l: 100 mm	U	1	MINDMAN
3	Cilindro neumático de doble efecto, Φcilindro: 32 mm, Φvástago: 12 mm, l: 125 mm	U	1	MINDMAN

Tabla 5.1.1. Lista de Materiales no Maquinados (Continuación).

ITEM	DESCRIPCIÓN	MEDIDA	CANTIDAD	MARCA
4	Microcilindro Φ : 25 mm, L: 100 mm, SE RT	U	1	MINDMAN
5	Montaje pies para cilindro Φ : 100 mm	U	1	MINDMAN
6	Montaje pies para cilindro Φ : 40 mm	U	1	MINDMAN
7	Montaje pies para cilindro Φ : 32 mm	U	1	MINDMAN
8	Electroválvula 3/2 vías de $\frac{1}{4}$ in monoestable	U	1	QUANSHENG
9	Electroválvula 5/2 vías G $\frac{1}{4}$ biestable	U	2	QUANSHENG
10	Electroválvula 5/3 vías G $\frac{1}{4}$	U	1	QUANSHENG
11	Electroválvula 5/3 vías G $\frac{1}{2}$	U	1	QUANSHENG
12	Filtro regulador de presión G $\frac{1}{2}$	U	1	QUANSHENG
13	Silenciador de bronce G $\frac{1}{2}$	U	2	MINDMAN
14	Silenciador de bronce G $\frac{1}{4}$	U	1	MINDMAN
15	Silenciador de bronce G 1/8	U	8	MINDMAN
16	Distribuidor de 5 tomas inst. de 10 mm	U	1	MINDMAN
17	Conector codo inst. $\frac{1}{2}$ " * 10 mm	U	1	MINDMAN
18	Conector recto inst. $\frac{1}{2}$ " * 10 mm.	U	1	MINDMAN
19	Unión "T" inst. De 10mm.	U	1	MINDMAN
20	Conector codo inst. $\frac{1}{4}$ " * 10 mm.	U	4	MINDMAN
21	Conector codo inst. $\frac{1}{4}$ " * 8 mm.	U	8	MINDMAN
22	Conector codo inst. 1/8" * 8 mm.	U	2	MINDMAN
23	Conector codo inst. $\frac{1}{2}$ " * 12 mm.	U	4	MINDMAN
24	Unión "T" inst. De 8 mm.	U	2	MINDMAN
25	Regulador de Caudal M10	U	1	MINDMAN
26	Manguera plástica M8	U	6m	GATES
27	Manguera plástica M10	U	6m	GATES
28	Manguera plástica M12	U	2m	GATES
29	Compresor de 100lts	U	1	D. PAGIO
30	PLC 12/24RC Modulo Lógico	U	1	SIEMENS
31	Módulo de Expansión12/24RC	U	1	SIEMENS
32	Fuente de Poder 6-12-24VDC	U	1	AUTONICS
33	Transformador 16.5 VAC	U	1	AUTONICS
34	Bornera	U	40	AUTONICS
35	Enchufe	U	1	AUTONICS
36	Fuente de Alimentación 120-230VDC	U	1	AUTONICS

Tabla 5.1.1. Lista de Materiales no Maquinados (Continuación).

ITEM	DESCRIPCIÓN	MEDIDA	CANTIDAD	MARCA
37	Canaleta 20x12	U	3	KYWI
38	Codo 20x12	U	15	KYWI
39	Tee 20x12	U	15	KYWI
40	Cable eléctrico # 18	U	8m	AUTONICS
41	Cable eléctrico # 20	U	8m	AUTONICS
42	Sensor Capacitivo M18	U	2	AUTONICS
43	Sensores Magnéticos	U	7	MINDMAN
44	Pulsador N.A.	U	2	MINDMAN
45	Perno M14 A325	U	8	ESTÁNDAR
46	Perno M8 A325	U	8	ESTÁNDAR
47	Perno M6 A325	U	8	ESTÁNDAR
48	Estantes Plásticos	U	2	PICCA
49	Regulador de Caudal M8	U	1	MINDMAN

Todos los materiales nombrados en la anterior tabla, tienen puestas la letra “U” en la columna de “Medida” la cual significa unidad. A continuación se da a conocer la lista de materiales que serán maquinados.

Tabla 5.1.2. Lista de Materiales Maquinados.

ITEM	DESCRIPCIÓN	MED	CANT	USO	PROVEEDOR
1	Barra de acero AISI S1 Φ:18 mm, l: 180 mm	U	1	Punta de Perforación	ACEROS Y PERFILES
2	Plancha de Tol 342x134x87	U	1	Conducto de Ingreso	ACEROSCENTER
3	Barra Cilíndrica Duralon Φcilin:110 mm, l: 100 mm	U	1	Émbolo de Compactación	ACEROS Y PERFILES
4	Plancha de acero A-36 460x127x100	U	3	Camisa de Compactación	ACEROSCENTER
5	Plancha de acero A-36 51x35x5	U	4	Soportes de Camisa de Compactación	ACEROSCENTER
6	Plancha de acero A-36 170x17x5	U	2	Carriles Superiores de Camisa de Compactación	ACEROSCENTER
7	Plancha de acero A-36 170x17x5	U	2	Carriles Inferiores de Camisa de Compactación	ACEROSCENTER

Tabla 5.1.2. Lista de Materiales Maquinados (Continuación).

8	Lámina de Plástico 405x165x5	U	1	Compuerta #1 de Camisa de Compactación	PELIKAN
9	Lámina de Plástico 150x95x5	U	1	Compuerta #2 de Camisa de Compactación	PELIKAN
10	Barra de acero A-36 Φ:22 mm, l: 70 mm	U	2	Acople de Compuertas de Camisa de Compactación	ACEROSCENTER
11	Plancha de acero A-36 170x110x3	U	1	Guía de Compuertas de Camisa de Compactación	ACEROSCENTER
12	Tabla de Pino 305x150x55	U	2	Compuerta de Acceso Principal	PELIKAN
13	Plancha de acero A-36 270x95x75	U	1	Cubículo de Entrada	ACEROSCENTER
14	Plancha de Tol 250x100x100	U	1	Conducto de Separación	ACEROSCENTER
15	Plancha de Tol 260x100x95	U	1	Rampa de Separación	ACEROSCENTER
16	Plancha de Tol 1096x711x1	U	1	Cubierta	ACEROSCENTER
17	Plancha de Tol 747x711x1	U	2	Paredes #1	ACEROSCENTER
18	Plancha de Tol 1096x747x1	U	2	Paredes #2	ACEROSCENTER
19	Tabla de Pino 1090x705x160	U	1	Mesa de Sujeción de Camisa de Compactación	PELIKAN
20	Tabla de Pino 1090x705x10	U	1	Mesa de Sujeción de Estantes	PELIKAN
21	Tabla de Pino 390x170x10	U	1	Pared Soporte de Unidad FRL	PELIKAN
22	Plancha de Tol 250x25x1	U	2	Guía de Sopladores	ACEROSCENTER
23	Plancha de Tol 600x25x1	U	1	Abrazadera para Rampa y Conducto de Separación	ACEROSCENTER
24	Ángulo 25x3 L: 1335 mm	U	1	Estructura Soporte de Cilindros	ACEROSCENTER

Tabla 5.1.2. Lista de Materiales Maquinados (Continuación).

25	Ángulo 20x3 L: 1096 mm	U	6	Vigas Principales (Estructura Soporte)	ACEROSCENTER
26	Ángulo 20x3 L: 705 mm	U	6	Vigas Principales (Estructura Soporte)	ACEROSCENTER
27	Ángulo 20x3 L: 765 mm	U	4	Columnas (Estructura Soporte)	ACEROSCENTER
28	Tabla de Pino 275x135x106	U	1	Caja de Sensores	PELIKAN
29	Tabla de Pino 238x230x205	U	1	Caja de PLC	PELIKAN

Las tablas de materiales maquinados y no maquinados serán complementadas con sus respectivos costos en el capítulo 8.

La máquina recicladora de botellas plásticas y latas de aluminio posee no solo planos de fabricación, sino que también constan con diagramas de procesos los cuales permiten conocer los siguientes parámetros:

- Máquinas y herramientas necesarias para la fabricación de la pieza.
- Tiempo estimado de fabricación para cada elemento.
- Costo estimado de cada elemento, el cual está en función del tiempo de fabricación del mismo tanto en horas/hombre como en horas/máquinas.

El orden de fabricación de las diferentes piezas tiene que ver con la disponibilidad de material existente en el mercado local, además del tamaño y grado de dificultad en la fabricación de las mismas. Como conocemos, está máquina consta de 2 partes las cuales son:

- Sistema electro-neumático de la máquina.
- Estructura de la máquina.

Dentro del sistema electro-neumático existen elementos como: Cilindros neumáticos de simple y doble efecto, compresor, electroválvulas, limitadores de carrera, sensores capacitivos, racores, mangueras plásticas, silenciadores,

reguladores de caudal y filtro regulador de presión. Estos elementos se seleccionan más no serán construidos.

Para los elementos que conforman la estructura de la máquina como: Mesas de sujeción, conducto de ingreso, rampa de separación, émbolo de compactación, punta de perforación y los diferentes perfiles metálicos que servirán como columnas y vigas en el mismo constarán con diagramas de procesos, los cuales se menciona a continuación:

5.2. DIAGRAMAS DE PROCESOS.

DIAGRAMA DE PROCESO DE LA PUNTA DE PERFORACIÓN

Asunto Diagramado: Punta de Perforación.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

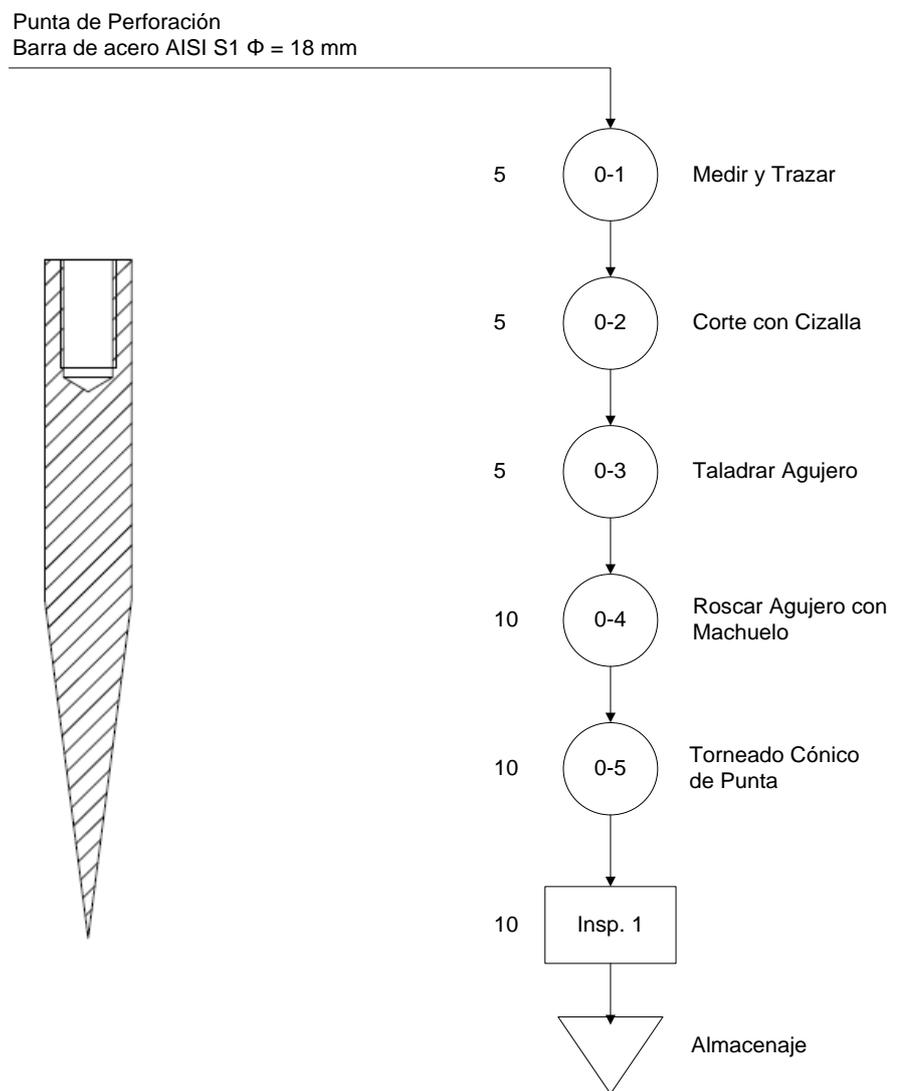


Diagrama 5.2.1. Proceso de Construcción de Punta de Perforación.

DIAGRAMA DE PROCESO DEL CONDUCTO DE INGRESO

Asunto Diagramado: Conducto de Ingreso.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

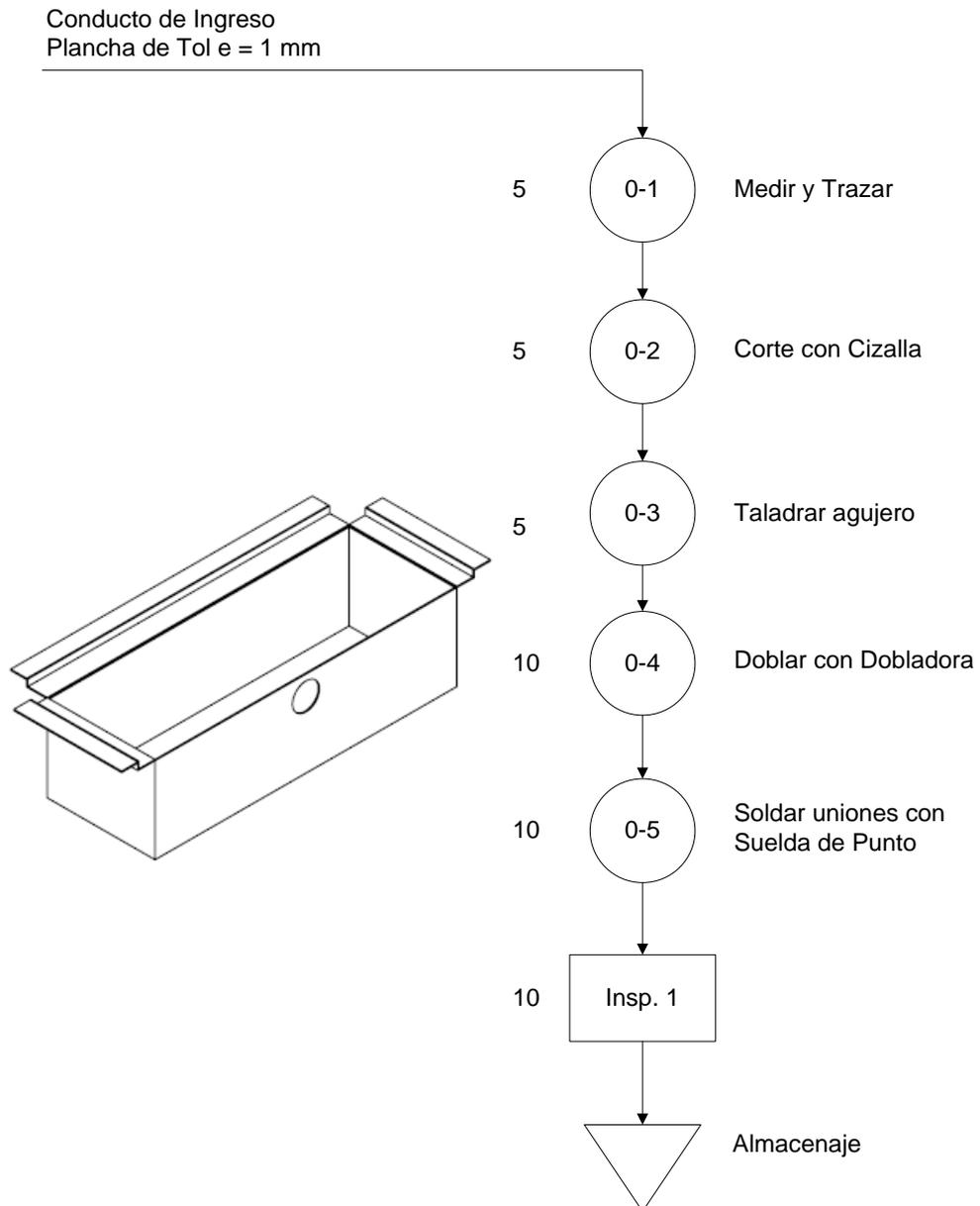


Diagrama 5.2.2. Proceso de Construcción del Conducto de Ingreso.

DIAGRAMA DE PROCESO DEL ÉMBOLO DE COMPACTACIÓN

Asunto Diagramado: Émbolo de Compactación.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

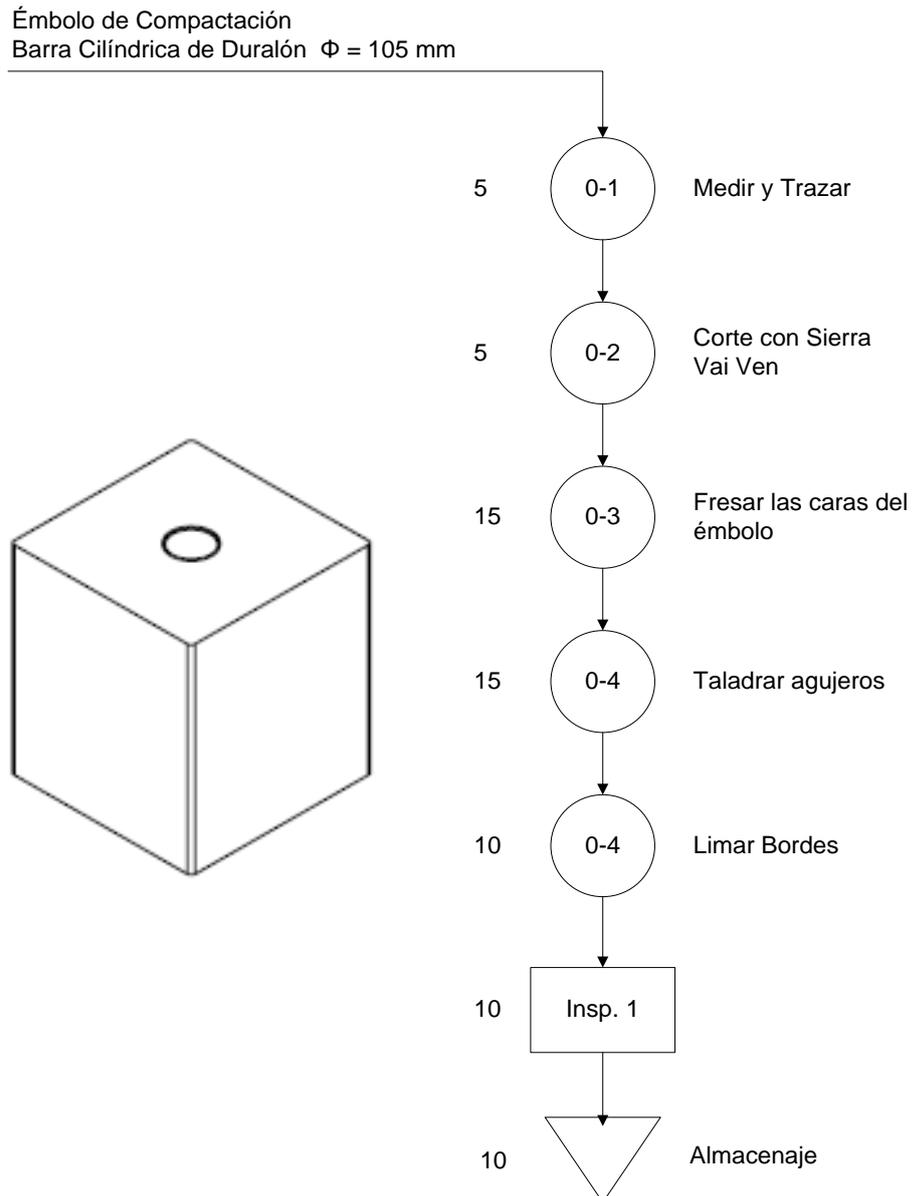


Diagrama 5.2.3. Proceso de Construcción de Émbolo de Compactación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE LA CAMISA DE COMPACTACIÓN

Asunto Diagramado: Camisa de Compactación.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

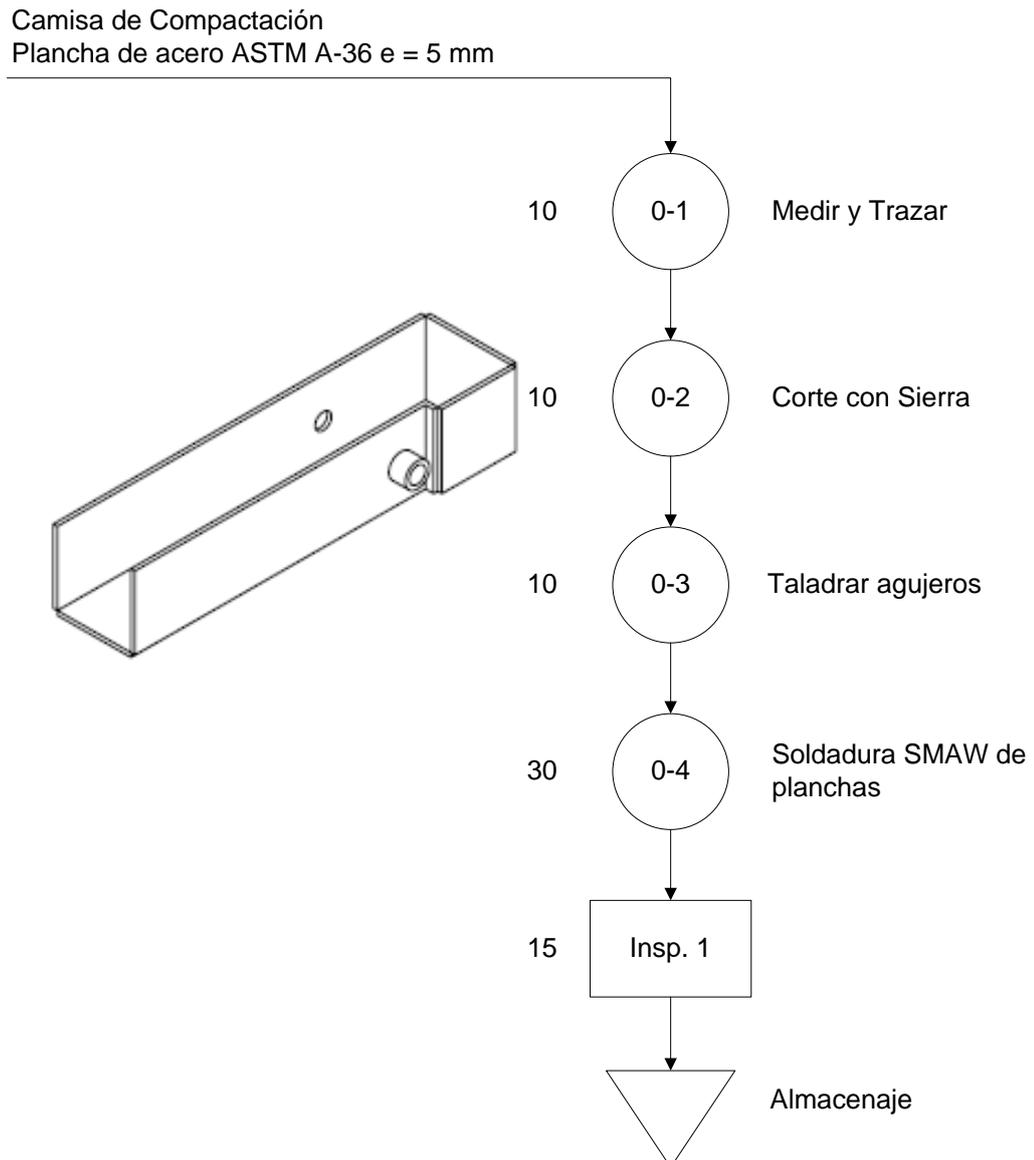


Diagrama 5.2.4. Proceso de Construcción de la Camisa de Compactación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE LAS SOPORTES DE CAMISA DE COMPACTACIÓN

Asunto Diagramado: Soportes.
Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.
Diagramado por:
Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

Soportes de Camisa de Compactación
Plancha de acero ASTM A-36 e = 5 mm

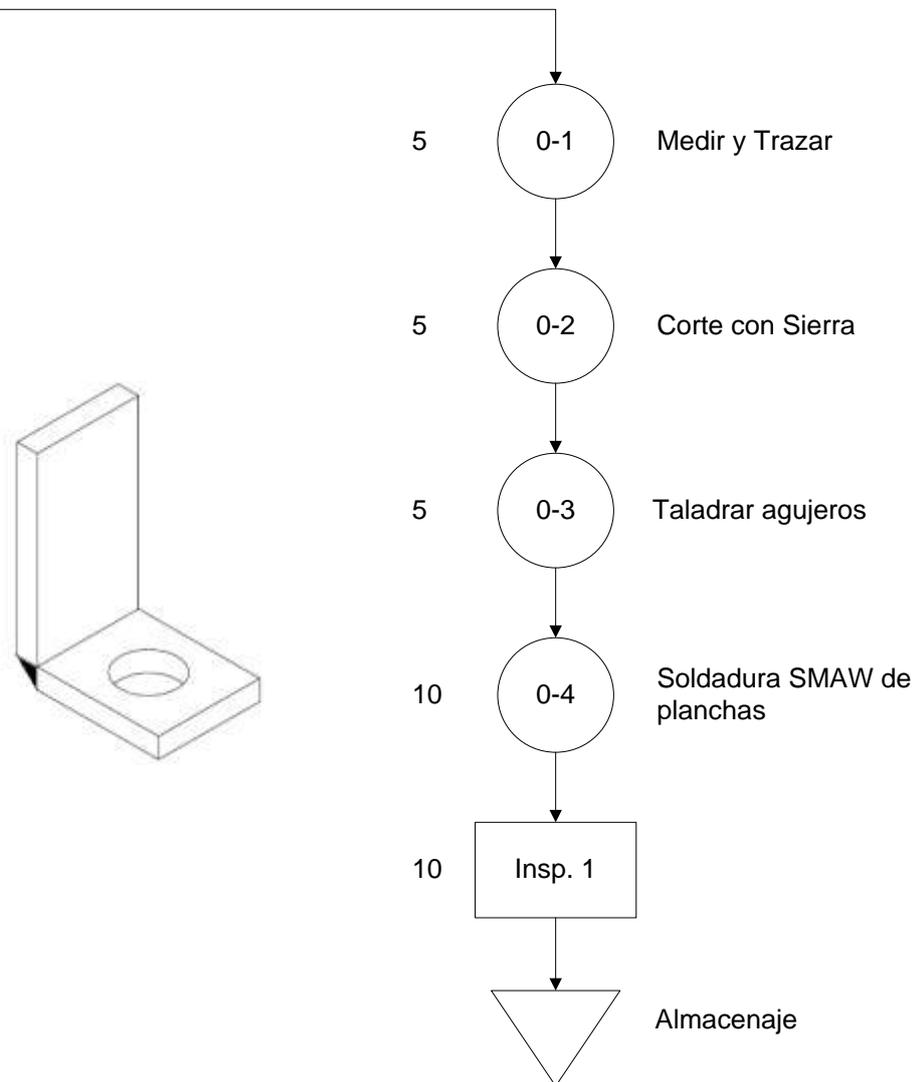


Diagrama 5.2.5. Proceso de Construcción de Soportes de Camisa de Compactación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE CARRILES SUPERIORES DE CAMISA DE COMPACTACIÓN

Asunto Diagramado: Carriles Superiores.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

Carriles Superiores de Camisa de Compactación
Plancha de acero ASTM A-36 e = 5 mm

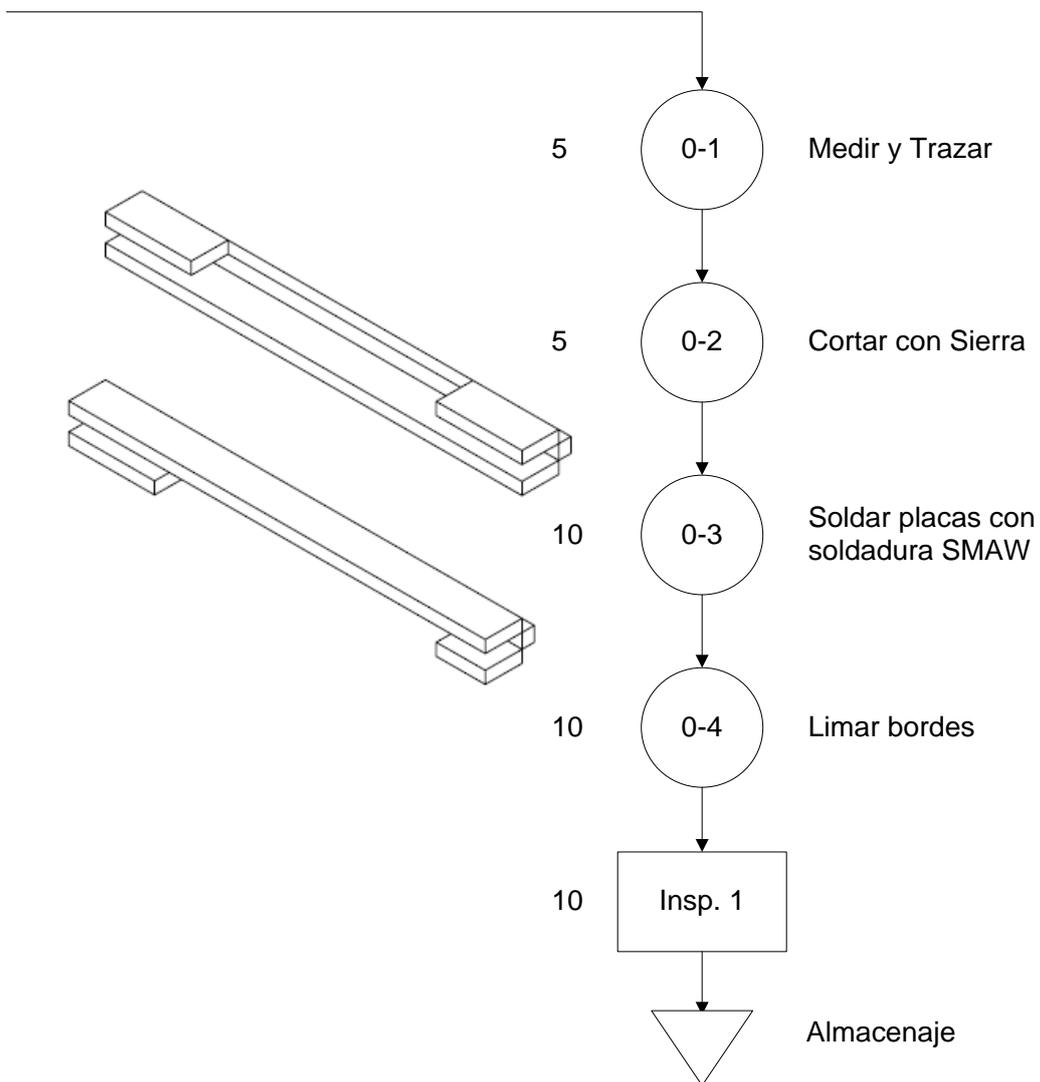


Diagrama 5.2.6. Proceso de Construcción de Carriles Superiores de Camisa de Compactación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE CARRILES INFERIORES DE CAMISA DE COMPACTACIÓN

Asunto Diagramado: Carriles Inferiores.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

Carriles Inferiores de Camisa de Compactación
Plancha de acero ASTM A-36 e = 5 mm

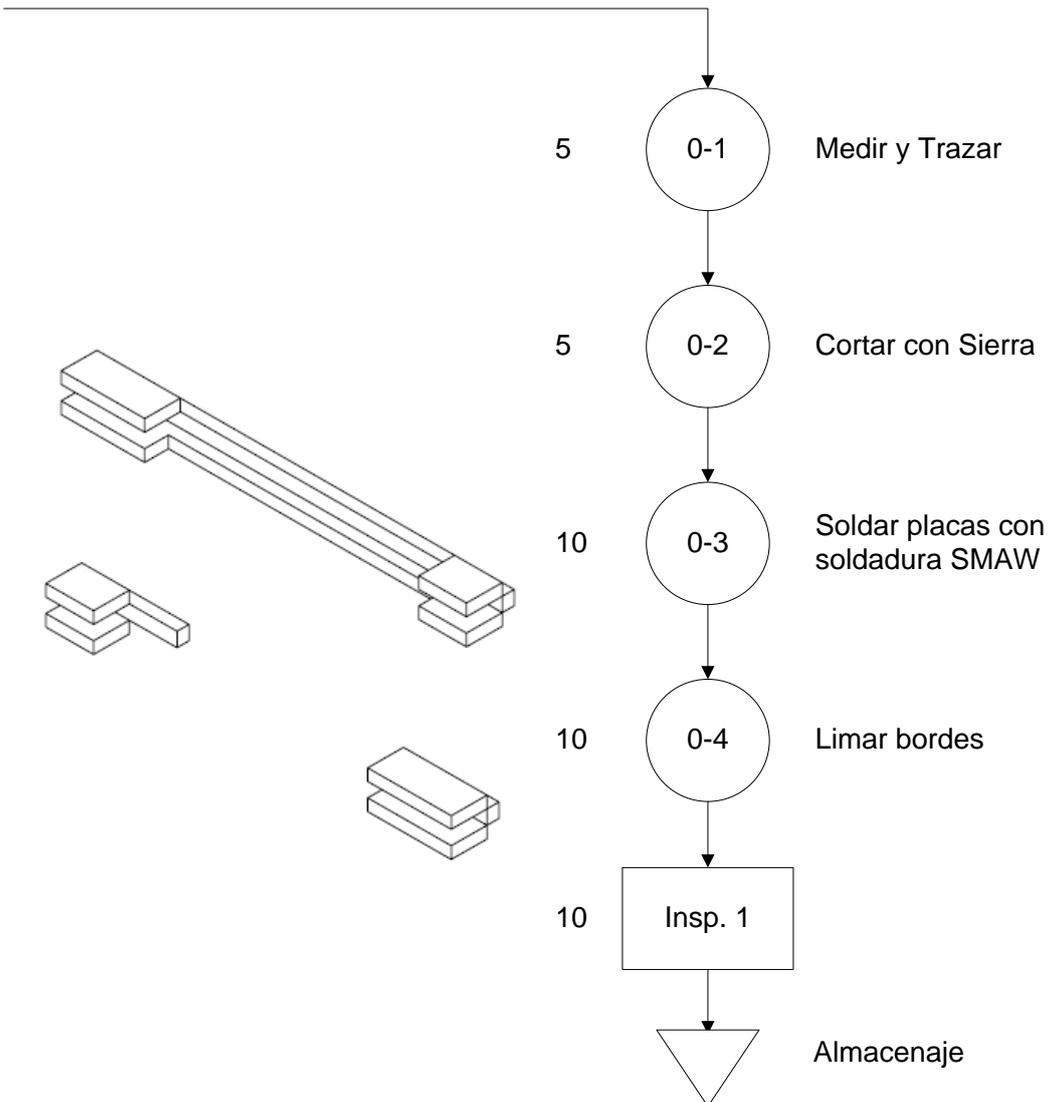


Diagrama 5.2.7. Proceso de Construcción de Carriles Inferiores de Camisa de Compactación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE COMPUERTA #1 DE CAMISA DE COMPACTACIÓN

Asunto Diagramado: Compuerta #1.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

Compuerta #1 de Camisa de Compactación
Tabla de Pino 405x165x5 mm

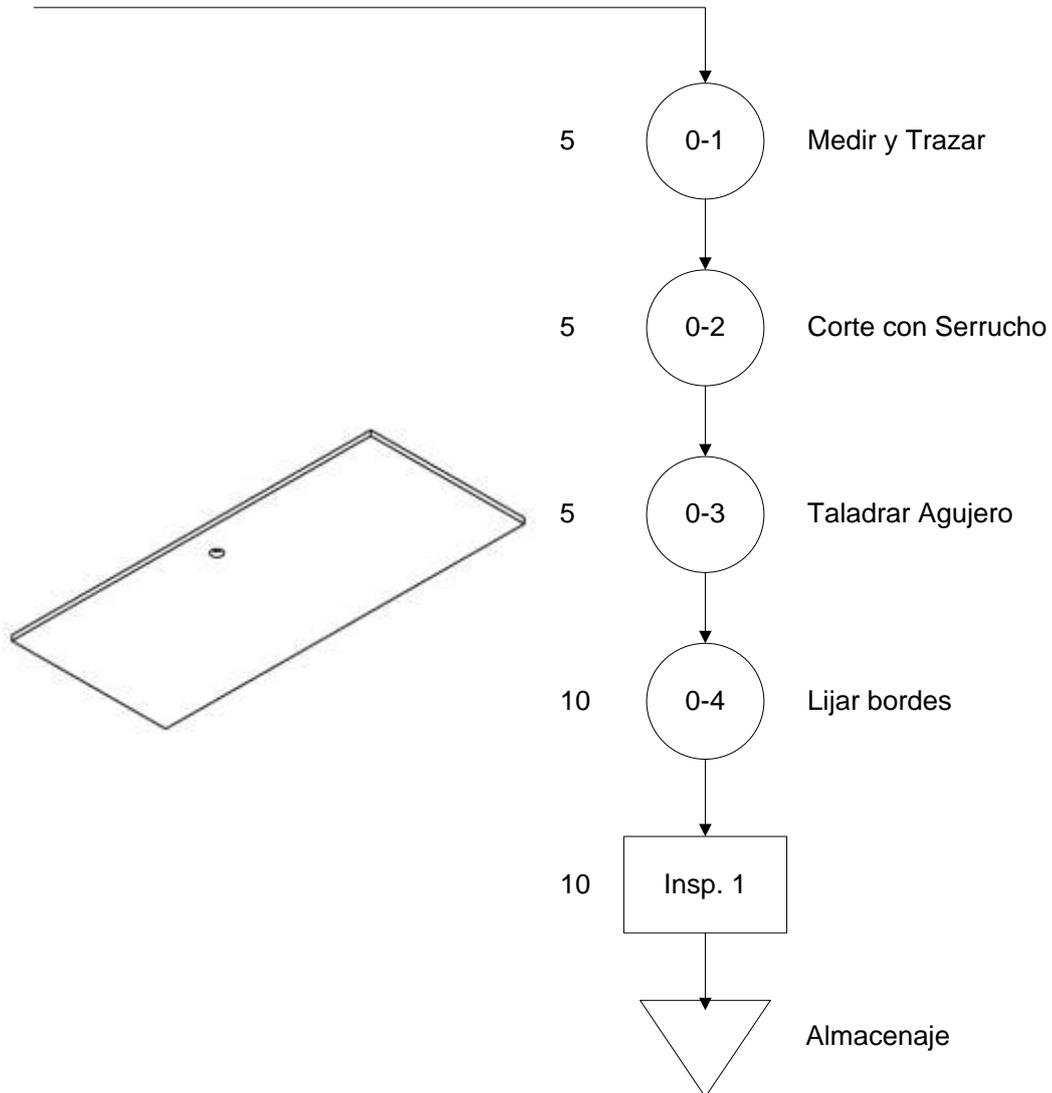


Diagrama 5.2.8. Proceso de Construcción de Compuerta #1 de Camisa de Compactación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE COMPUERTA #2 DE CAMISA DE COMPACTACIÓN

Asunto Diagramado: Compuerta #2.

Sección: Estructura.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

Compuera #2 de Camisa de Compactación
Tabla de Pino 150x95x5 mm

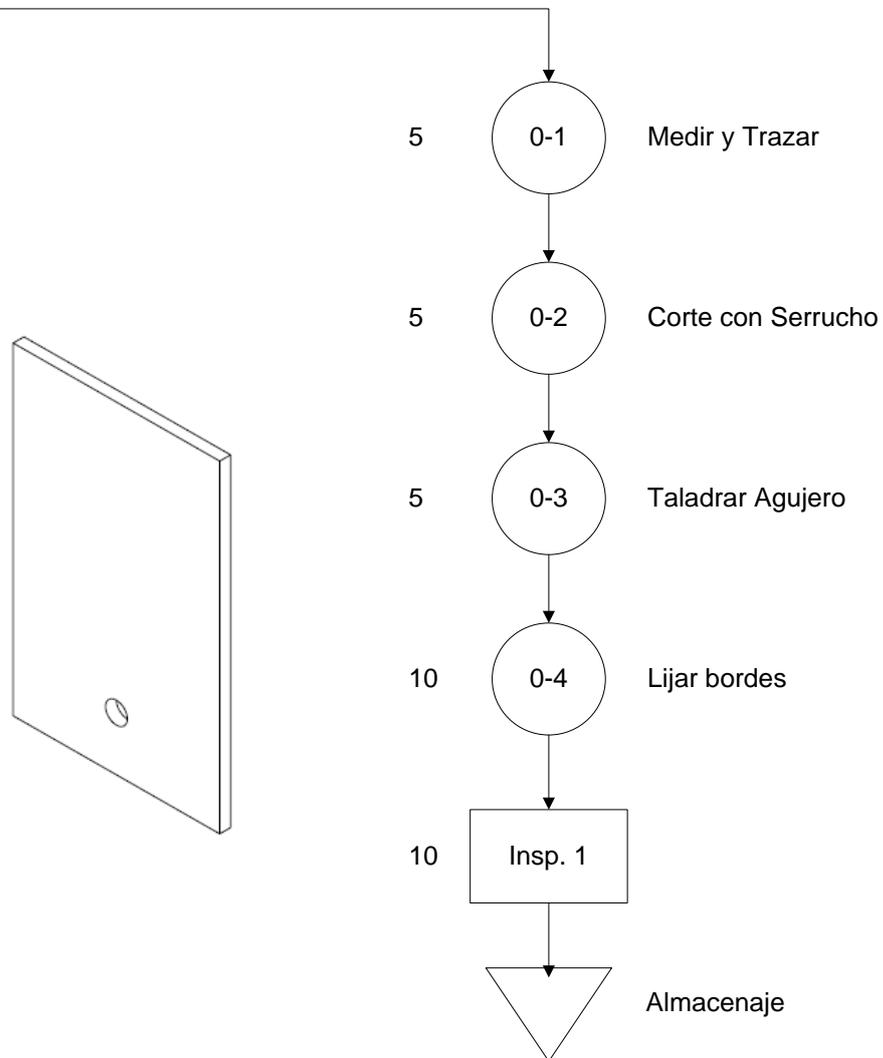


Diagrama 5.2.9. Proceso de Construcción de Compuera #2 de Camisa de Compactación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE ACOPLES DE COMPUERTAS

Asunto Diagramado: Acople de Compuertas.

Sección: Estructura.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

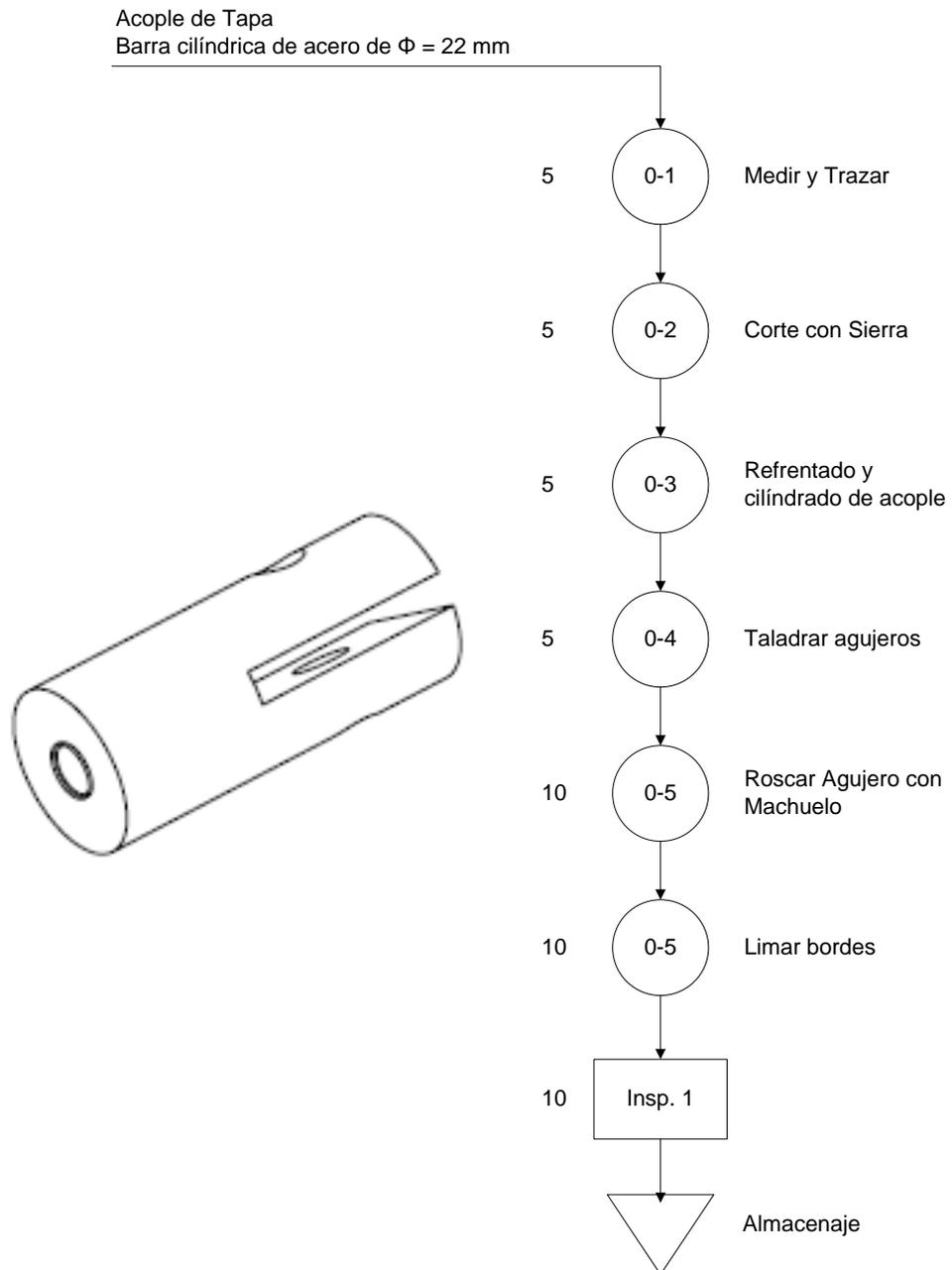


Diagrama 5.2.10. Proceso de Construcción de Acople de Tapa.

DIAGRAMA DE PROCESO DE GUÍA DE COMPUERTAS DE CAMISA

Asunto Diagramado: Guía de Compuertas.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

Guía de Compuertas de Camisa
Plancha de Acero ASTM A-36 e = 3 mm

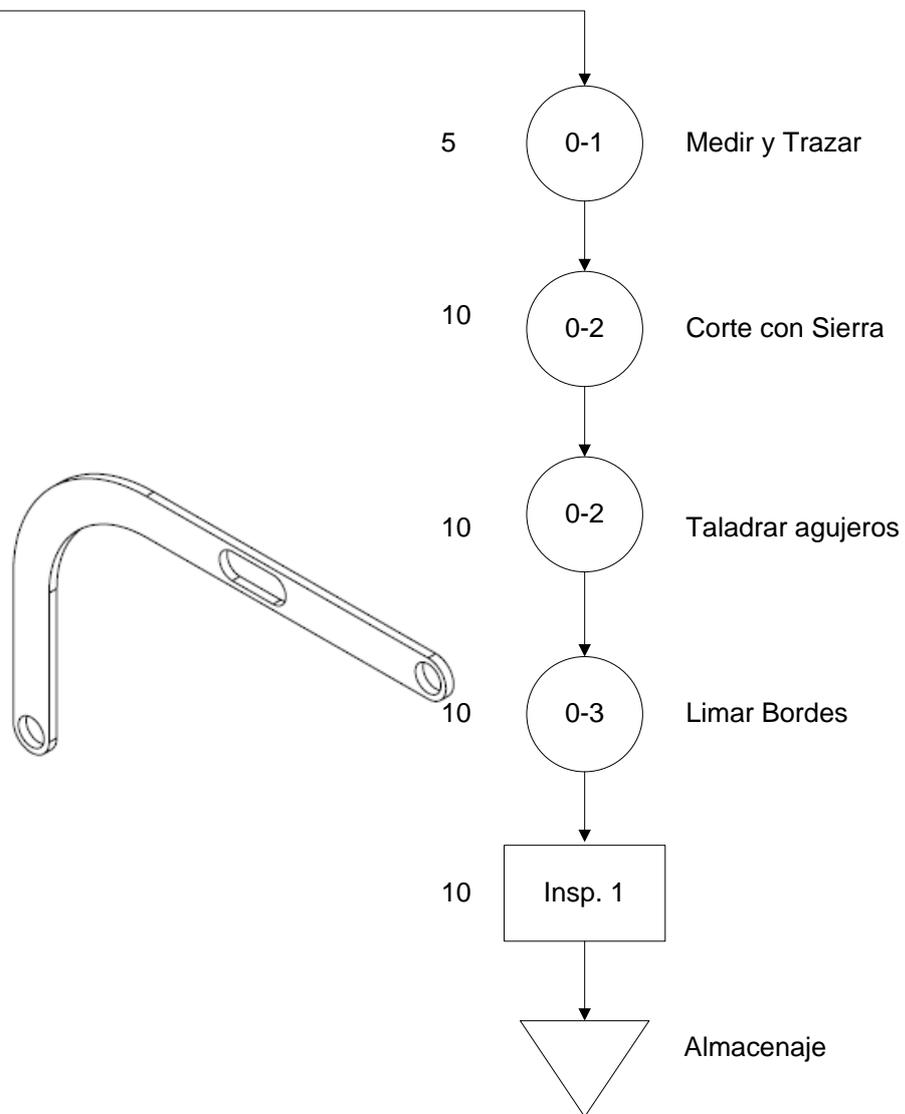


Diagrama 5.2.11. Proceso de Construcción de Guía de Compuertas de Camisa.

DIAGRAMA DE PROCESO DE COMPUERTA DE ACCESO PRINCIPAL

Asunto Diagramado: Compuerta de Acceso Principal.

Sección: Estructura.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

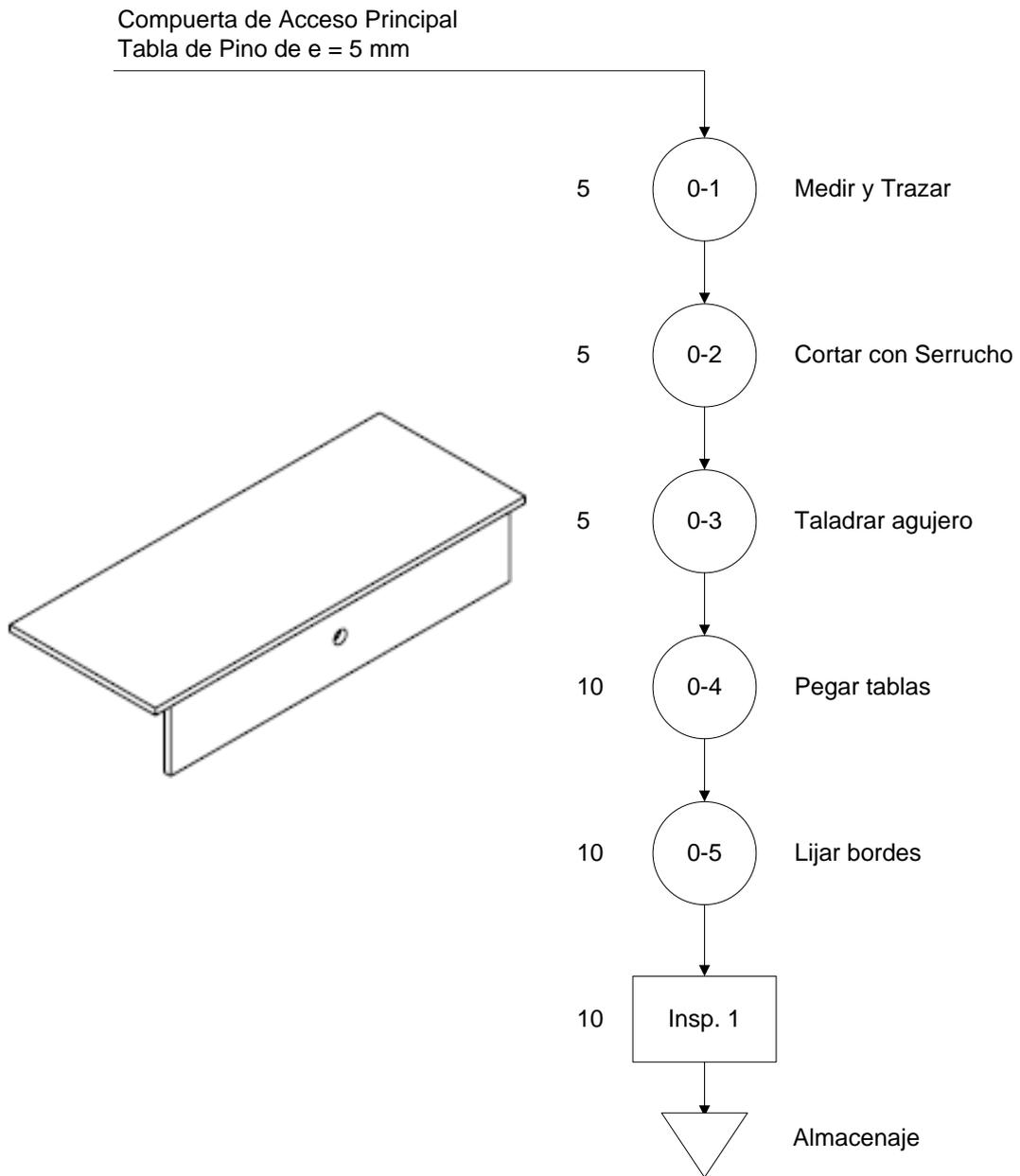


Diagrama 5.2.12. Proceso de Construcción de Compuerta de Acceso Principal.

DIAGRAMA DE PROCESO DE CUBICULO DE ENTRADA

Asunto Diagramado: Cubículo de Entrada.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

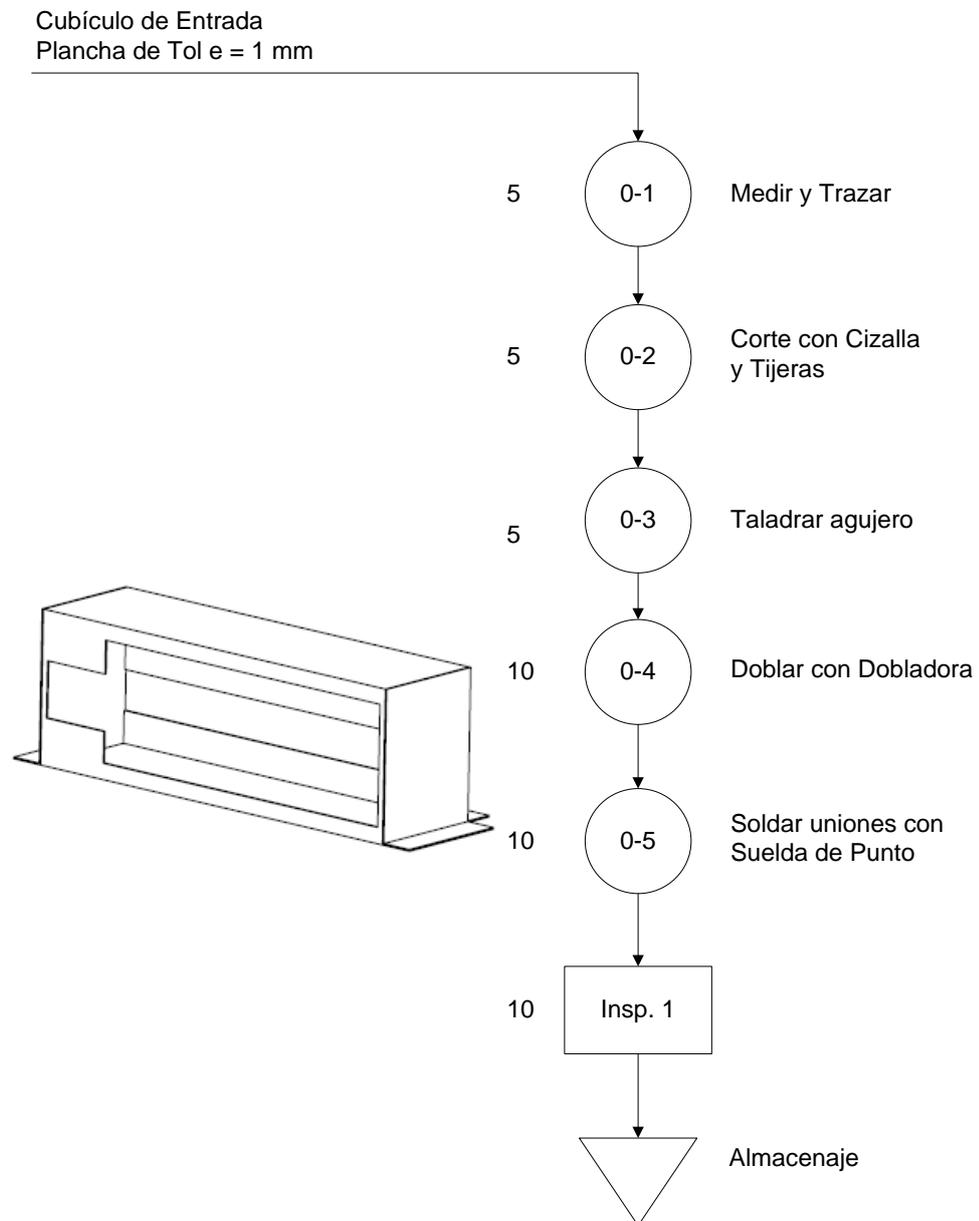


Diagrama 5.2.13. Proceso de Construcción de Cubículo de Entrada.

DIAGRAMA DE PROCESO DE CONDUCTO DE SEPARACIÓN

Asunto Diagramado: Cubículo de Separación.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

Conducto de Separación
Plancha de Tol e = 1 mm

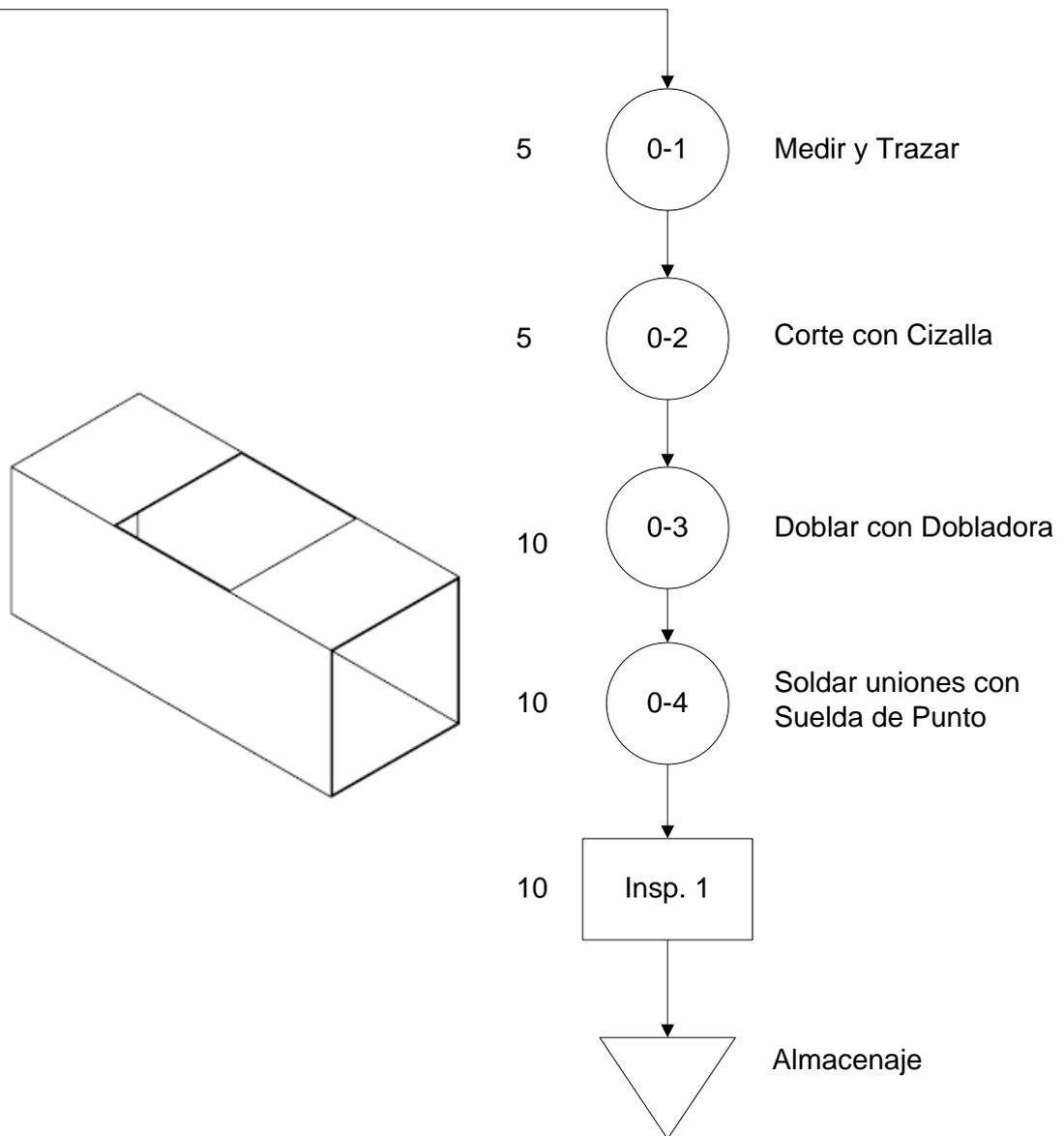


Diagrama 5.2.14. Proceso de Construcción de Conducto de Separación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE RAMPA DE SEPARACIÓN

Asunto Diagramado: Rampa de Separación.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

Rampa de Separación
Plancha de Tol e = 1 mm

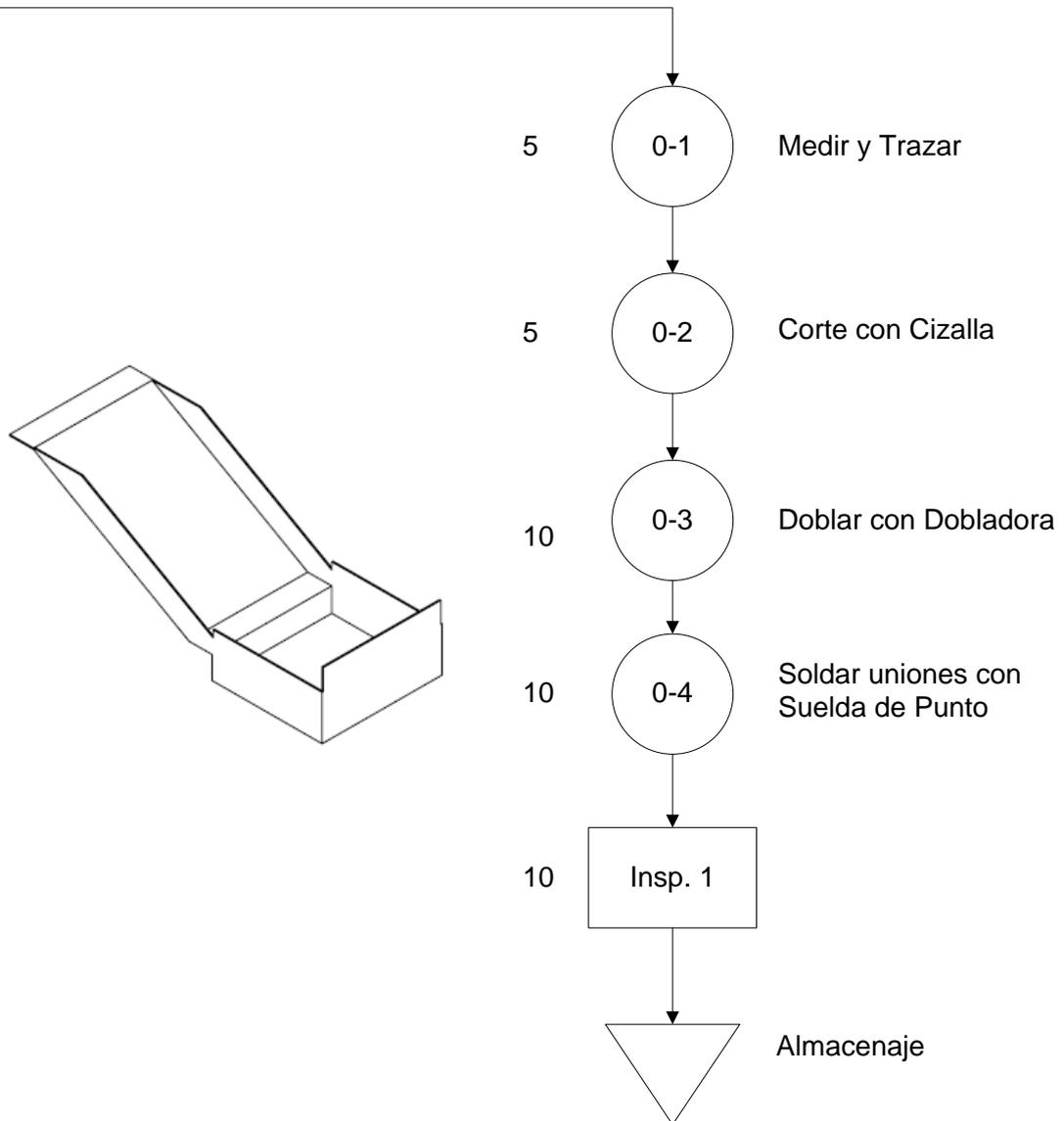


Diagrama 5.2.15. Proceso de Construcción de Rampa de Separación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE CUBIERTA

Asunto Diagramado: Cubierta.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

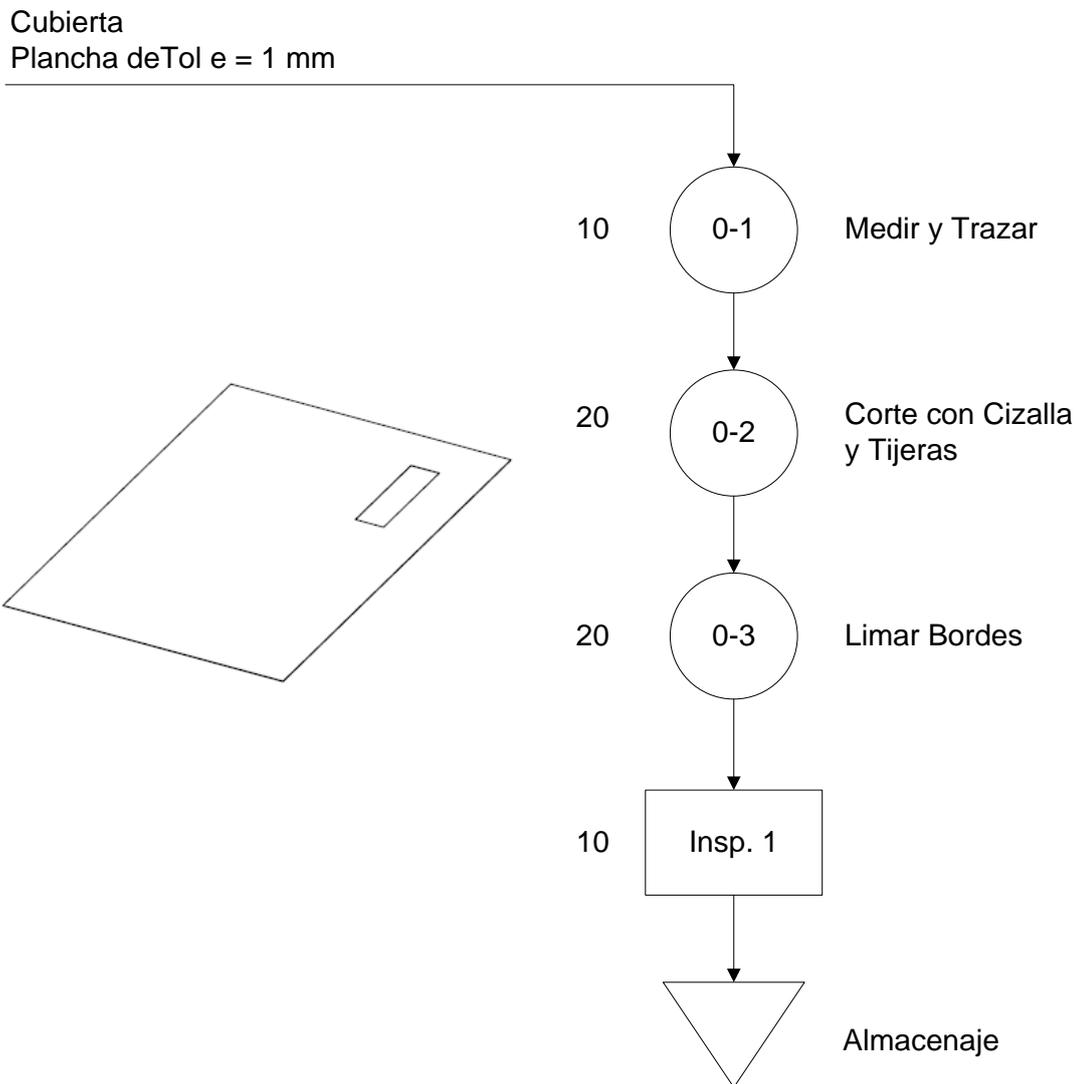


Diagrama 5.2.16. Proceso de Construcción de Mesa de Sujeción del Compresor.

DIAGRAMA DE PROCESO DE PAREDES

Asunto Diagramado: Paredes.
Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.
Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

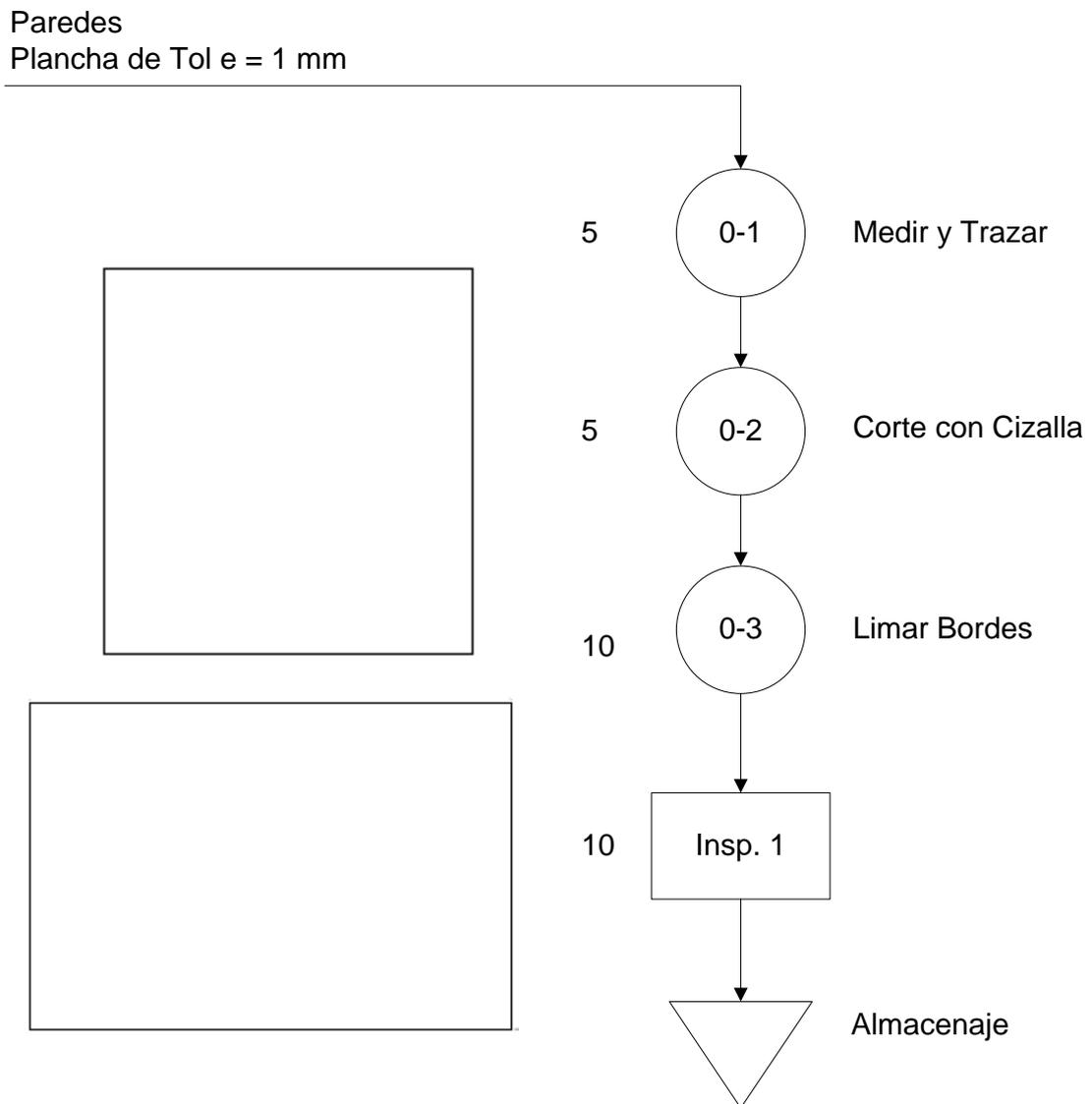


Diagrama 5.2.17. Proceso de Construcción de Paredes.

DIAGRAMA DE PROCESO DE MESA DE SUJECIÓN DE CAMISA

Asunto Diagramado: Mesa de Sujeción de Camisa.

Sección: Estructura.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

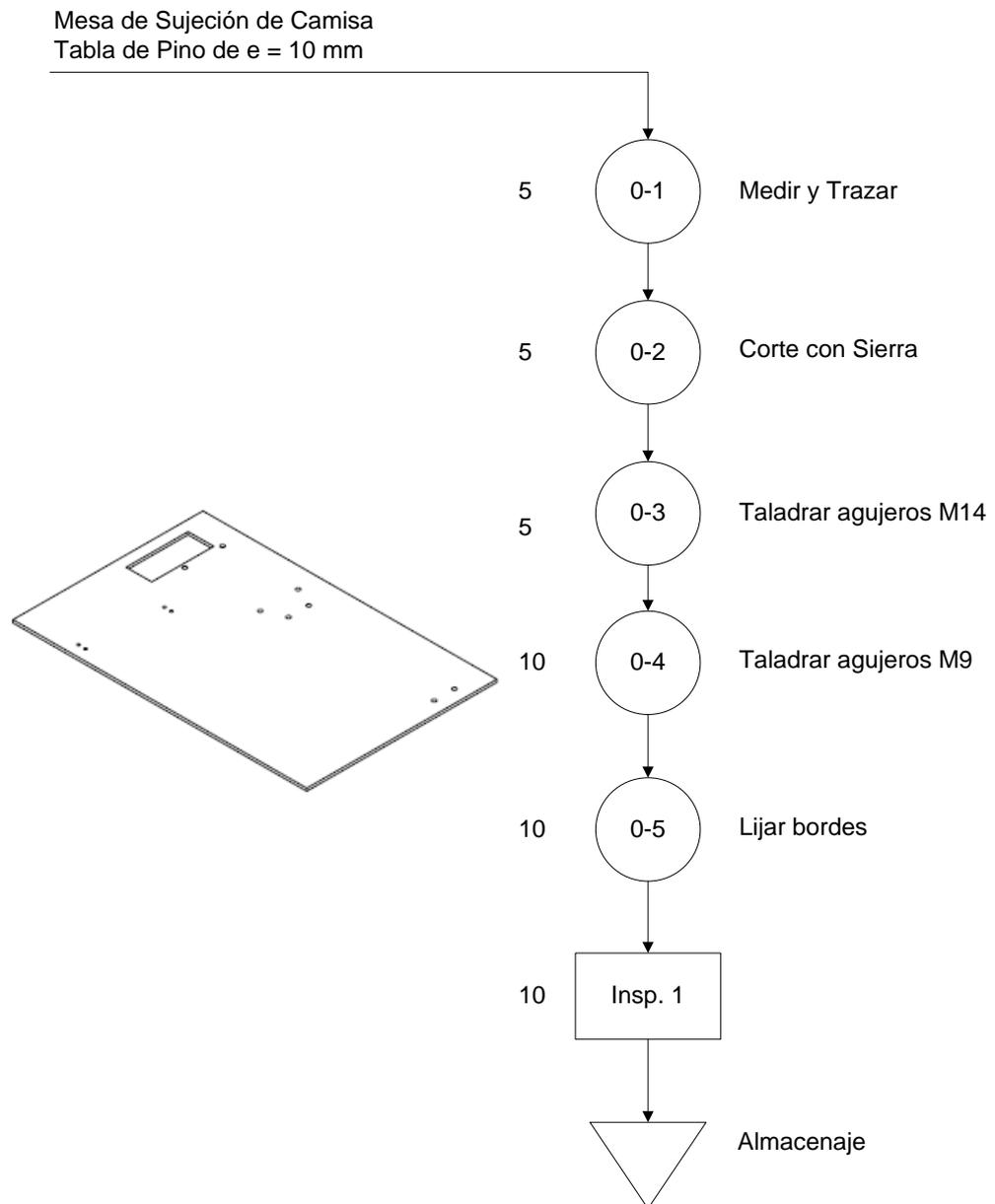


Diagrama 5.2.18. Proceso de Construcción de Mesa de Sujeción de Camisa.

DIAGRAMA DE PROCESO DE MESA DE SUJECIÓN DE ESTANTES

Asunto Diagramado: Mesa de Sujeción de Estantes.

Sección: Estructura.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

Mesa de Sujeción de Estantes
Tabla de Pino de e = 10 mm

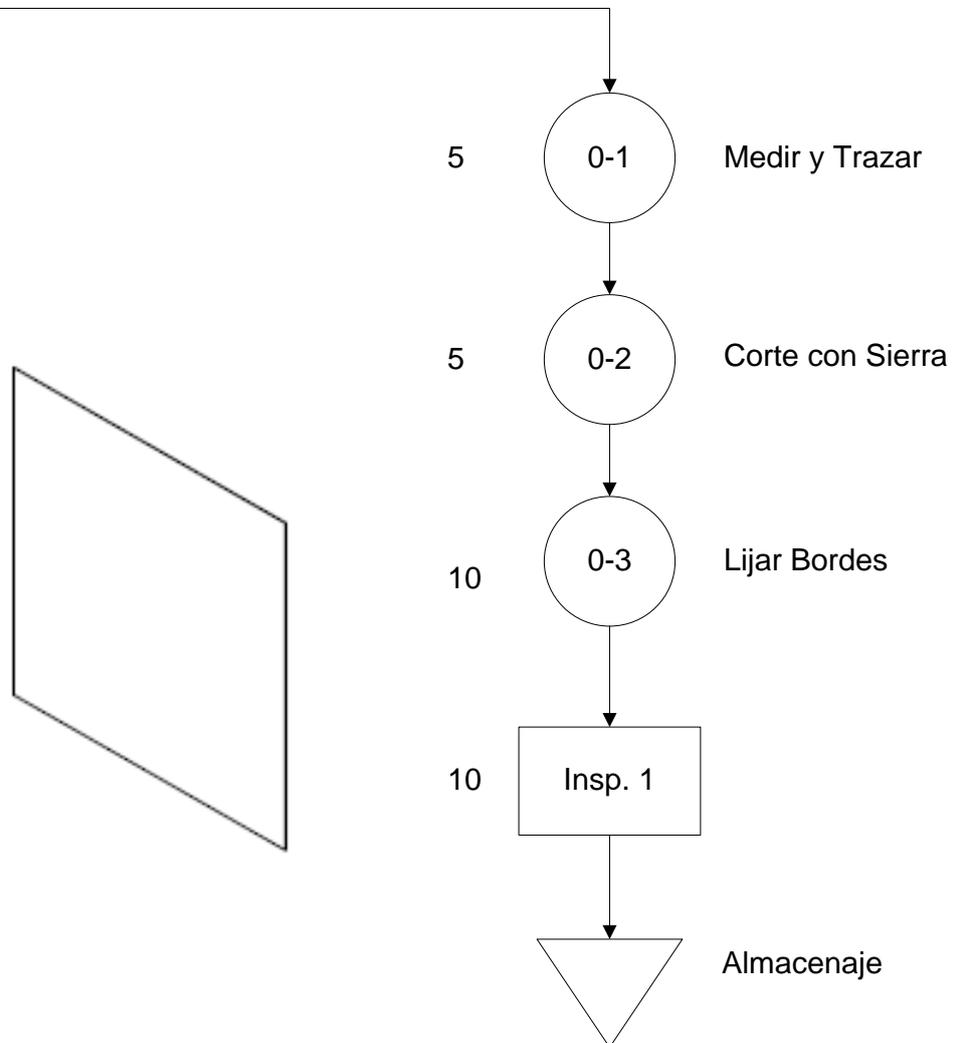


Diagrama 5.2.19. Proceso de Construcción de Mesa de Sujeción de Estantes.

DIAGRAMA DE PROCESO DE PARED SOPORTE DE UNIDAD FRL

Asunto Diagramado: Pared Soporte de Unidad FRL.

Sección: Estructura.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

Pared Soporte de Unidad FRL
Tabla de Pino de e = 10 mm

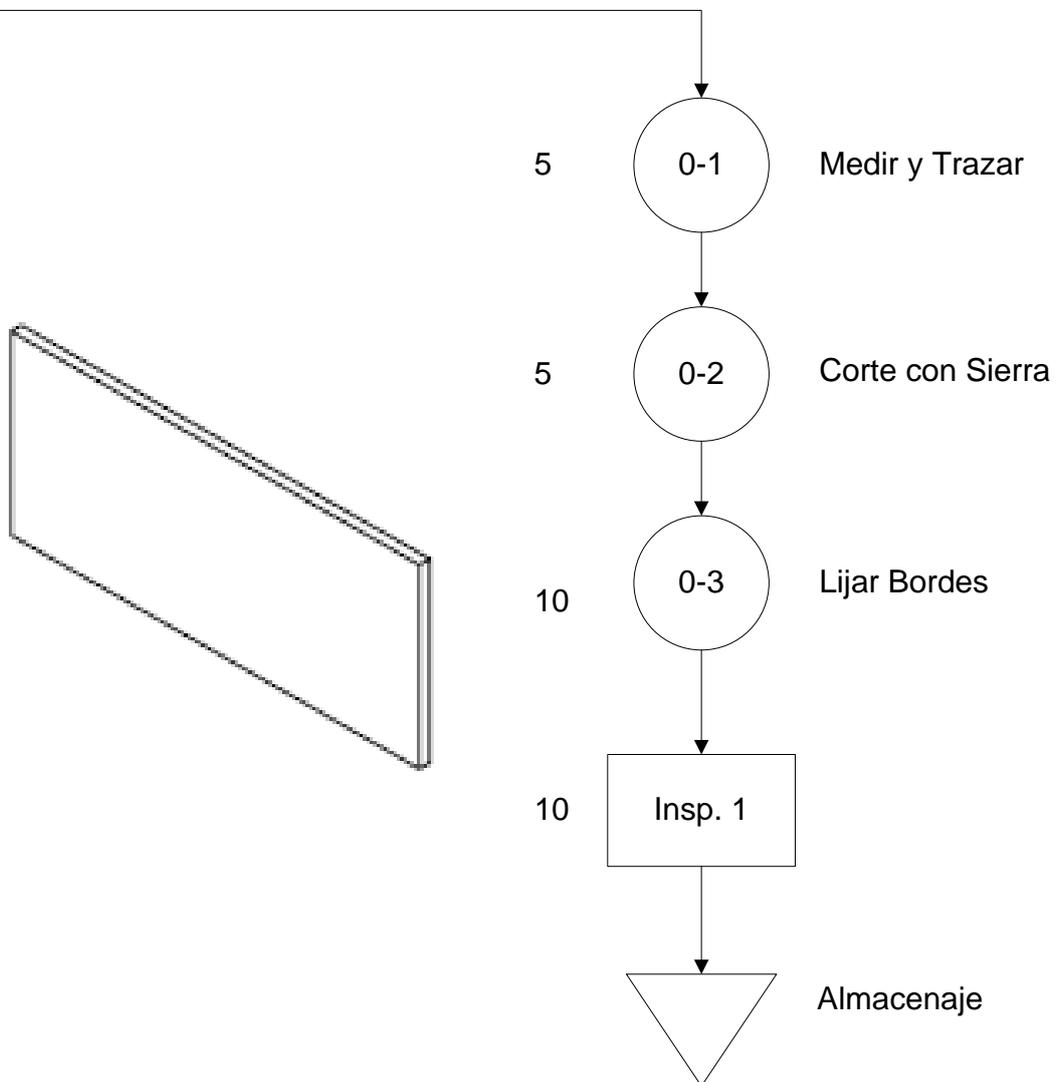


Diagrama 5.2.20. Proceso de Construcción de Pared Soporte de Unidad FRL.

DIAGRAMA DE PROCESO DE GUÍA DE SOPLADORES

Asunto Diagramado: Guía de Sopladores.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

Guía de Sopladores
Plancha de Tol e = 1 mm

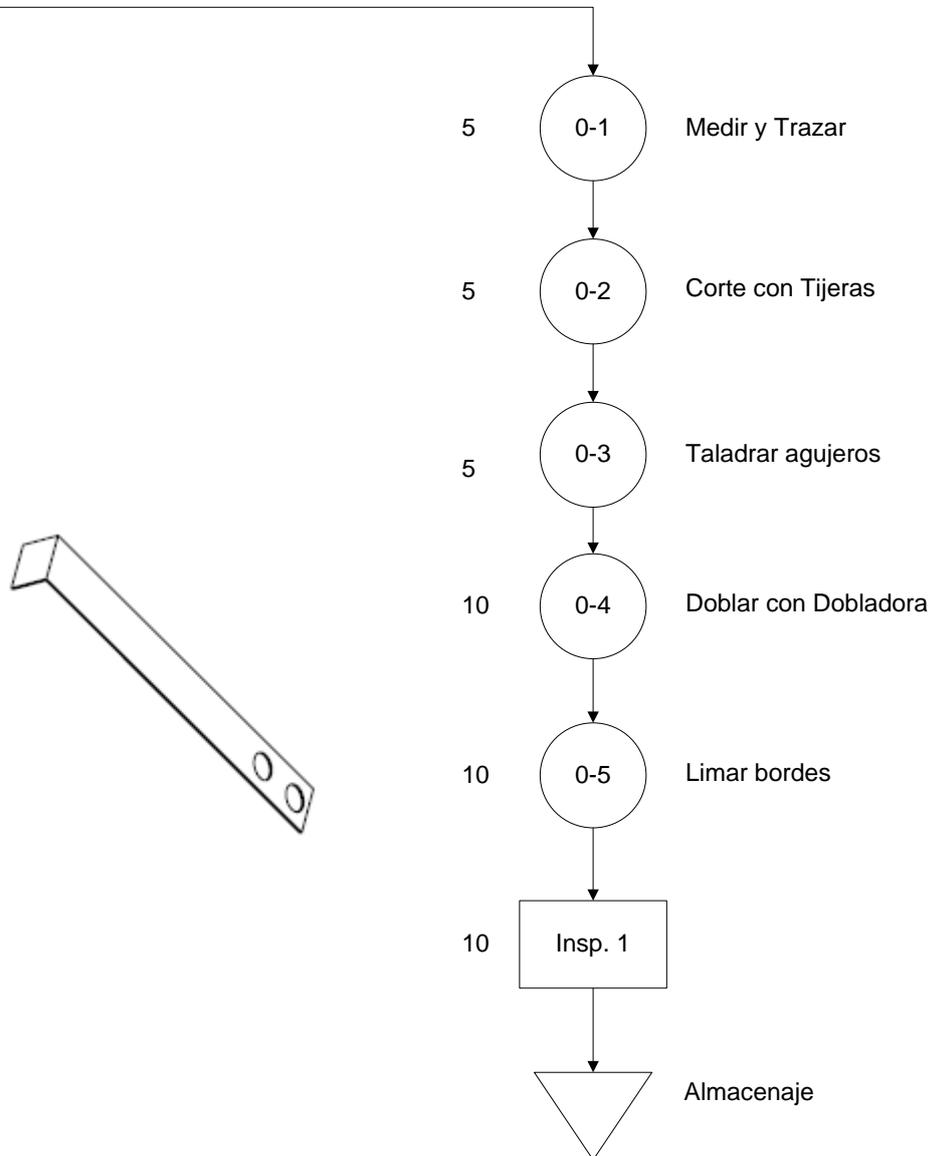


Diagrama 5.2.21. Proceso de Construcción de Guía de Sopladores.

DIAGRAMA DE PROCESO DE ABRAZADERA PARA RAMPA Y CONDUCTO DE SEPARACIÓN

Asunto Diagramado: Abrazadera.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

Abrazadera para Rampa y Conducto de Separación
Plancha de Tol e = 1 mm

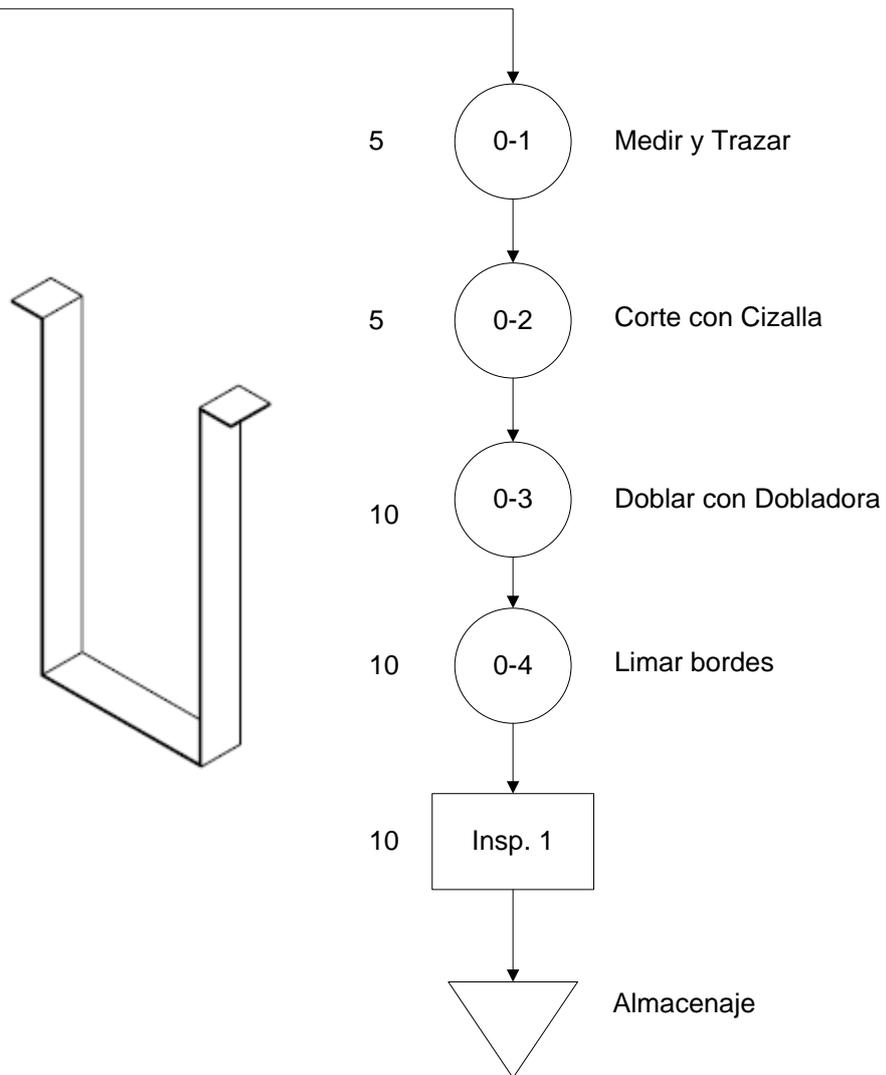


Diagrama 5.2.22. Proceso de Construcción de Abrazadera para Rampa y Conducto de Separación.

DIAGRAMA DE PROCESO DE ESTRUCTURA SOPORTE DE CILINDROS

Asunto Diagramado: Estructura de Cilindros.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

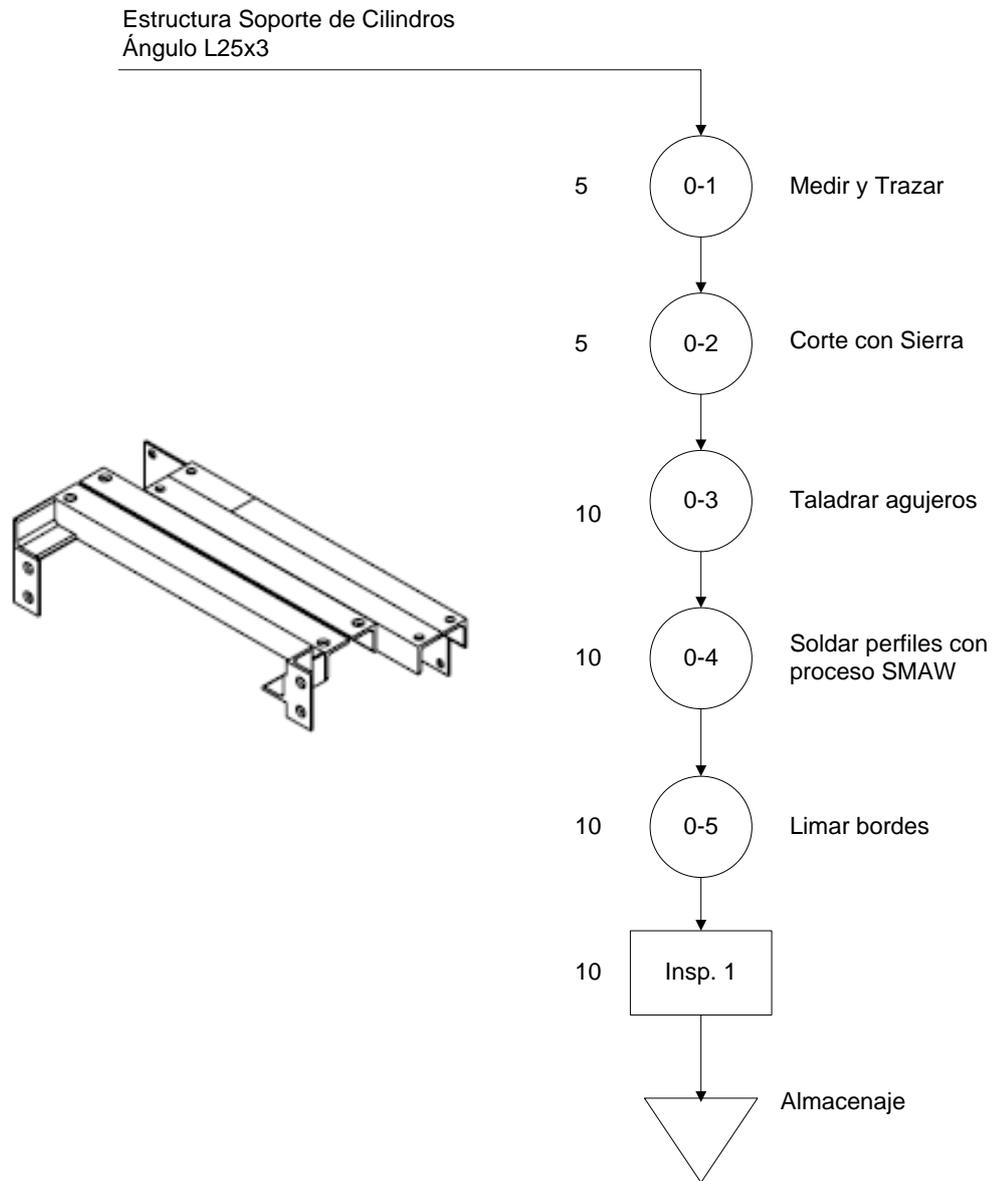


Diagrama 5.2.23. Proceso de Construcción de Estructura Soporte de Cilindros.

DIAGRAMA DE PROCESO DE ESTRUCTURA SOPORTE

Asunto Diagramado: Estructura Soporte.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

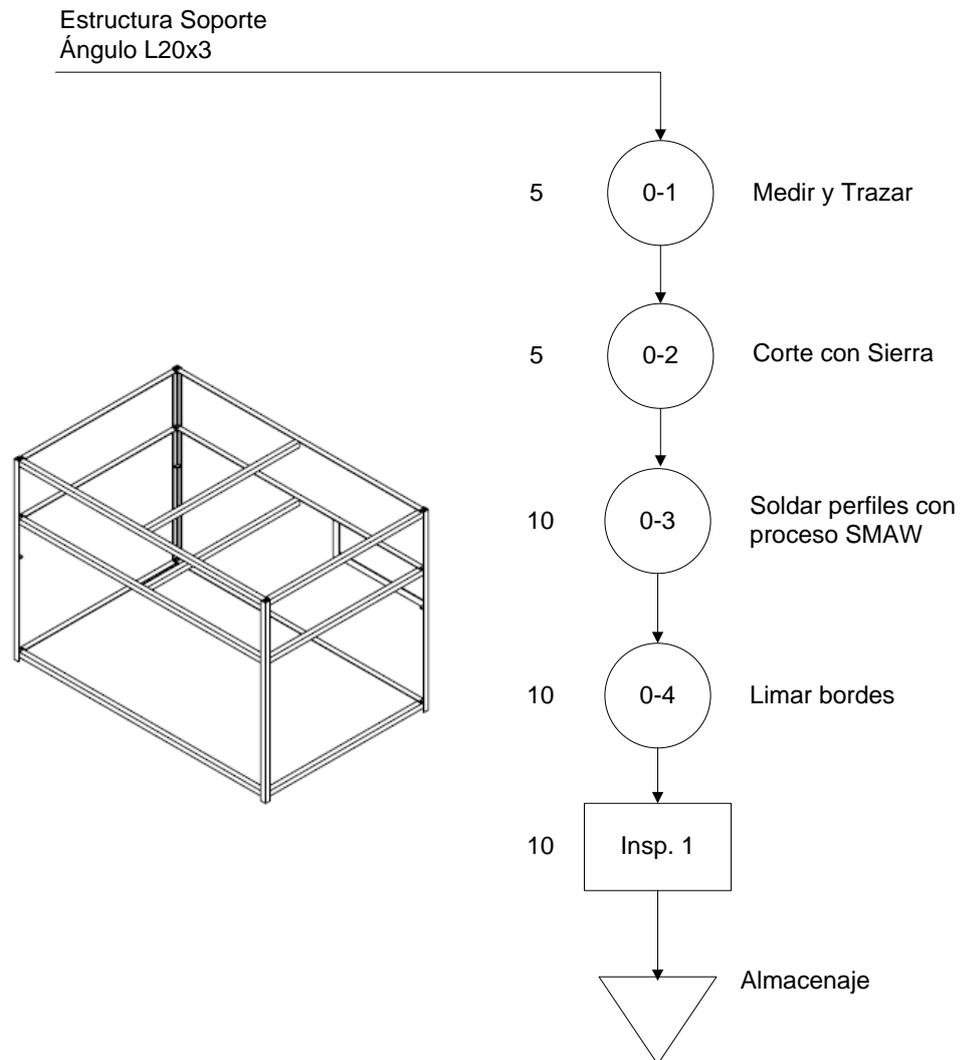


Diagrama 5.2.24. Proceso de Construcción de Estructura Soporte.

DIAGRAMA DE PROCESO DE CAJA DE SENSORES

Asunto Diagramado: Caja de Sensores.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

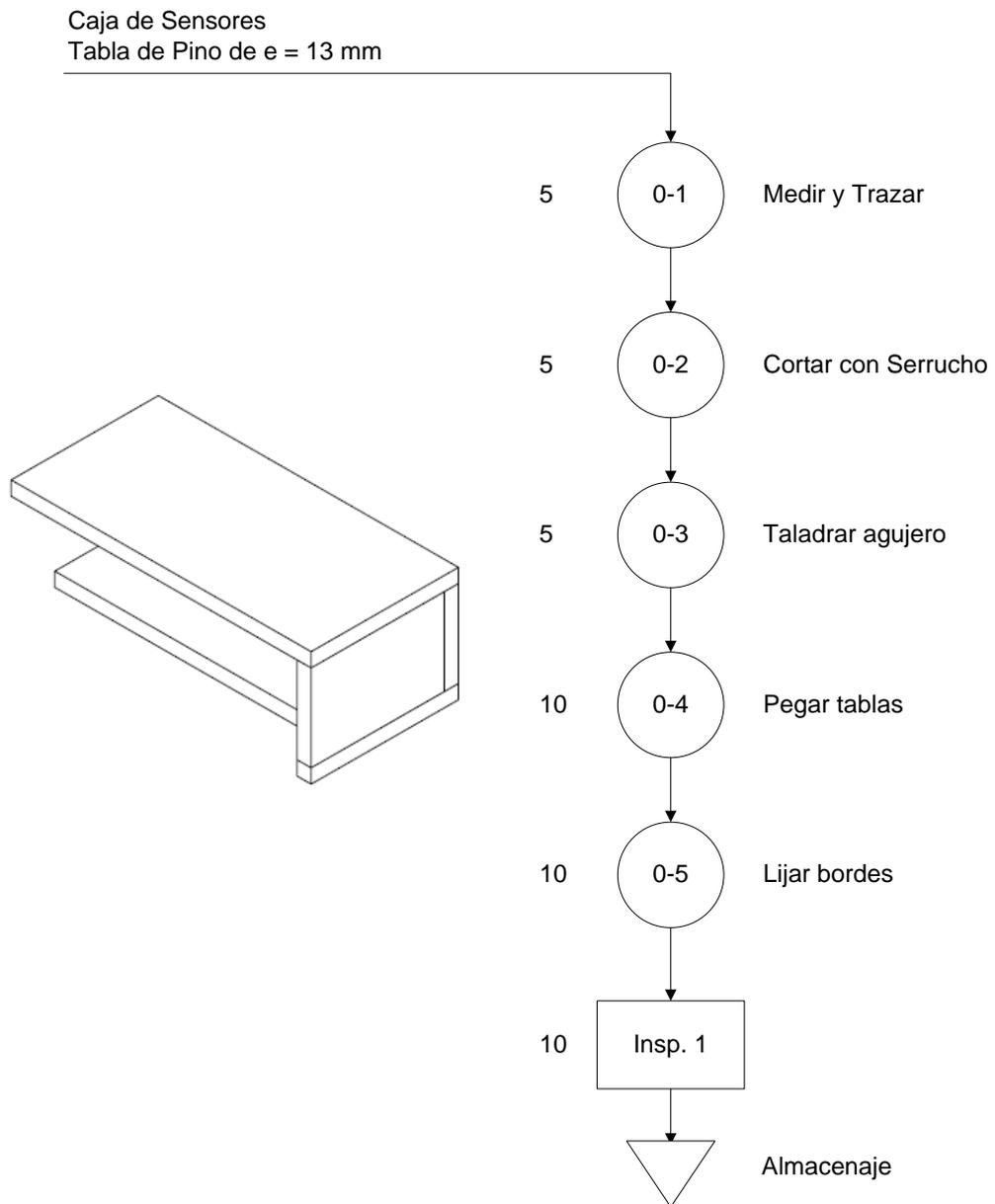


Diagrama 5.2.25. Proceso de Construcción de Caja de Sensores.

DIAGRAMA DE PROCESO DE CAJA DE SENSORES

Asunto Diagramado: Caja de PLC.

Fecha de Diagrama: 2011/04/19.

Sección: Estructura.

Diagramado por:
Diego Sandoval,

Caja de PLC
Tabla de Pino de e = 13 mm

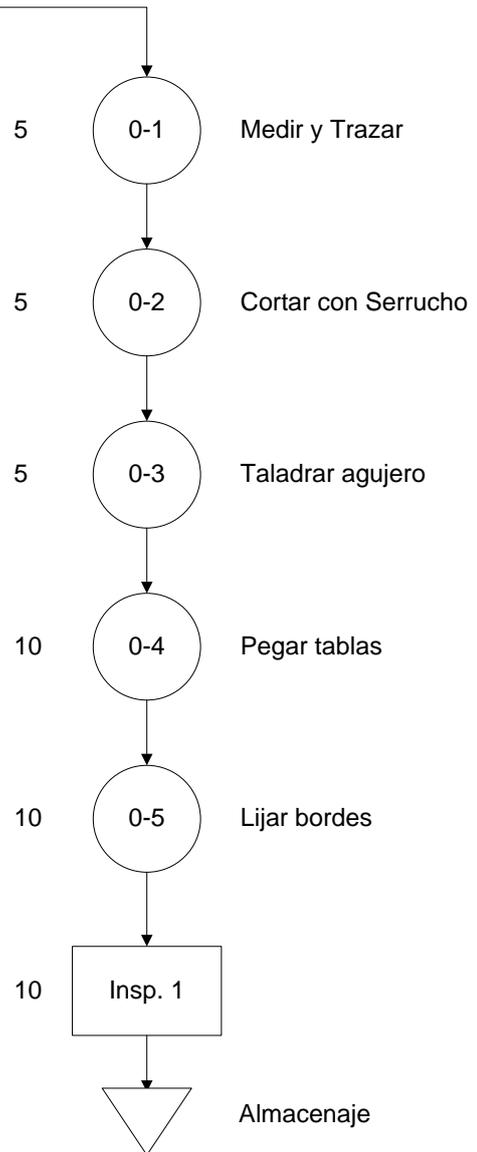
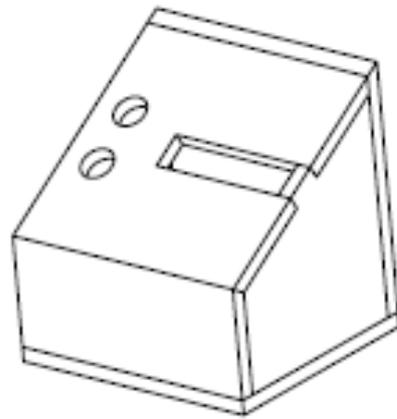


Diagrama 5.2.25. Proceso de Construcción de Caja de PLC.

5.3. CONSTRUCCIÓN DE PARTES.



Figura 5.3.1. Punta de Perforación.



Figura 5.3.2. Conducto de Ingreso.



Figura 5.3.3. Émbolo de Compactación.



Figura 5.3.4. Soportes, Carriles y Camisa de Compactación.



Figura 5.3.5. Compuerta #1 de Camisa de Compactación.



Figura 5.3.6. Compuerta #2 de Camisa de Compactación.



Figura 5.3.7. Acoples de Compuerta.



Figura 5.3.8. Guía de Compuertas de Camisa.



Figura 5.3.9. Compuerta de Acceso Principal.



Figura 5.3.10. Cubículo de Ingreso.



Figura 5.3.11. Conducto y Rampa de Separación.



Figura 5.3.12. Estructura Soporte de Cilindros.

5.4. INSTRUCCIONES DE MONTAJE-MANTENIMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS.

5.4.1. MONTAJE Y MANTENIMIENTO.

Como se señaló al inicio de este capítulo, la lista de materiales es el punto de partida para la construcción de la máquina. Los diagramas de procesos fueron realizados de manera secuencial con respecto a la lista de materiales expuesta en el punto 5.1. del presente trabajo.

El montaje y mantenimiento de la máquina recicladora de latas de aluminio y botellas plásticas PET se realizará a los elementos cuya vida útil va disminuyendo debido al papel que desempeña cada elemento de esta máquina. Estos elementos son:

- Cilindros Neumáticos.
- Electroválvulas.
- Unidad FRL.

En la sección de Anexos, se encuentra un Manual de Usuario, en el cual se menciona como se debe poner en marcha la compactadora y preocupaciones y pasos que se deben seguir para un correcto mantenimiento de la misma.

5.4.2. PLANOS DE MONTAJE.

Los planos de montaje se trabajaron en formatos estandarizados (A2, A3 y A4) según el grado de requerimiento para un mejor ensamble de los elementos de la máquina; además podemos observar las siguientes características:

- Cada plano tiene un código, en el cual las primeras dos iniciales significan Máquina Recicladora, las 2 siguientes son las iniciales del nombre del elemento y los números que vienen a continuación tiene que ver con el número de plano, como por ejemplo:

MC-PF-01

Donde:

MC: Máquina Recicladora.

PC: Punta de Perforación.

01: Plano #01.

- La disposición de vistas para cada elemento, fue utilizando el sistema europeo, en el cual el plano se coloca detrás del objeto en el sentido de la proyección. Esta disposición de vistas está representado por el siguiente símbolo:

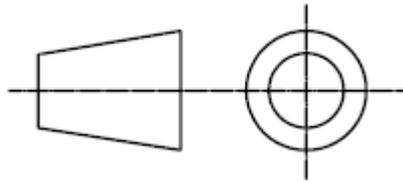


Figura 5.4.1. Símbolo correspondiente al sistema europeo de disposición de vistas.³²

Según el símbolo expuesto anteriormente, las vistas deben representarse de la siguiente manera:

³² http://dibujo.ramondelaguila.com/?page_id=871

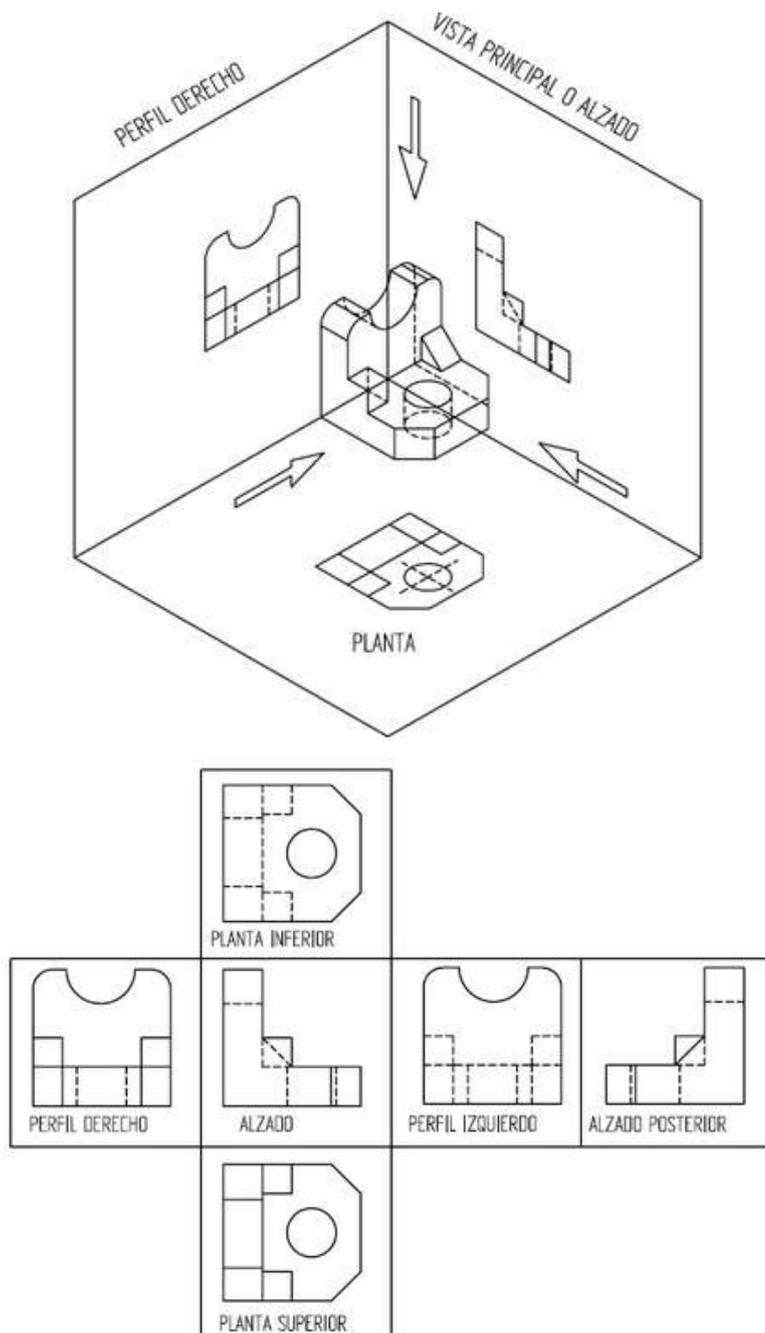


Figura 5.4.2. Ejemplo de representación de piezas según el sistema europeo.³³

³³ http://dibujo.ramondelaguila.com/?page_id=871

Los planos se encuentran al final de este manuscrito en la sección “PLANOS”.

5.4.3. LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS DENTRO DE LA MÁQUINA RECICLADORA.

Para una localización de las posibles averías que se pueden presentar en el sistema neumático, es importante conocer el papel que desempeña cada elemento dentro de la máquina.

Hay que tomar en cuenta parámetros como caudal y presión nominal de los componentes para su correcto funcionamiento, ya que si se aumenta o disminuye considerablemente la presión del sistema, se elevará la probabilidad de fallos dentro del mismo.

Es importante que la Unidad FRL cumpla con su objetivo que es de filtrar pequeñas partículas y condensados de agua presentes en el aire, ya que si no lo hace se puede generar oxidación dentro de los elementos o pequeñas ralladuras que pueden ocasionar una disminución de la presión del sistema.

Las mangueras plásticas deben estar libres de curvaturas restrictivas y deben tener el diámetro respectivo de acuerdo al cilindro, ya que si el diámetro de la manguera no es el correcto, se puede originar pérdidas de presión y cambios de caudal del aire.

Es importante realizar un mantenimiento preventivo a la máquina, ya que esto nos permitirá un mejor desempeño de la misma y lograremos disminuir significativamente los tiempos de parada cuando se realice un mantenimiento mucho más estricto de todos los elementos que conforman la compactadora, es por ello que este mantenimiento preventivo estará basado en:

- Verificar que las conexiones neumáticas se encuentren correctamente colocadas para evitar que exista pérdidas de aire en el sistema.
- Pulgar la Unidad FRL, para evitar un exceso de almacenamiento de agua en dicho elemento.

- Realizar una verificación del ajuste de los pernos de sujeción de cada cilindro neumático.

5.5. MONTAJE DE LA MÁQUINA RECICLADORA DE LATAS DE ALUMINIO Y BOTELLAS PLÁSTICAS.

Una vez que los planos de fabricación de los diferentes elementos a maquinar se encuentran listos, el siguiente paso será el ensamble de los diferentes sistemas que conforman esta máquina. Como sabemos, la máquina tiene 2 sistemas, los cuales se armaron de la siguiente manera.

5.5.1. ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.

- Una vez cortadas y soldadas las diferentes planchas de acero para la fabricación de la camisa de compactación, se procede a perforar las mesas de sujeción para cada elemento, lo cual me permitirá un correcto acople de la mismas.
- Cortados los perfiles especificados para el armado del bastidor de la máquina, tanto para las columnas como para las vigas principales del mismo, se procede a hacer los respectivos agujeros y puntos de suelda en los mismos para poder montar las mesas de sujeción en las cuales se montará los diferentes elementos neumáticos.

5.5.2. SISTEMA ELECTRO-NEUMÁTICO.

- Una vez construido la estructura de la máquina, se proceso a ensamblar el compresor con su respectivo Unidad FRL en un cubículo a lado de los estantes de almacenamiento de los envases compactados.
- Se monta los cilindros neumáticos en cada plataforma puesta dentro de la máquina, con sus respectivas electroválvulas y limitadores de carrera.
- Se instala el PLC y se realiza las respectivas conexiones eléctricas que deben constar para cada parte del sistema.

5.6. DIAGRAMAS DE MONTAJE.

Los diagramas de montaje se especificarán a continuación:

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS
PET Y LATAS DE ALUMINIO

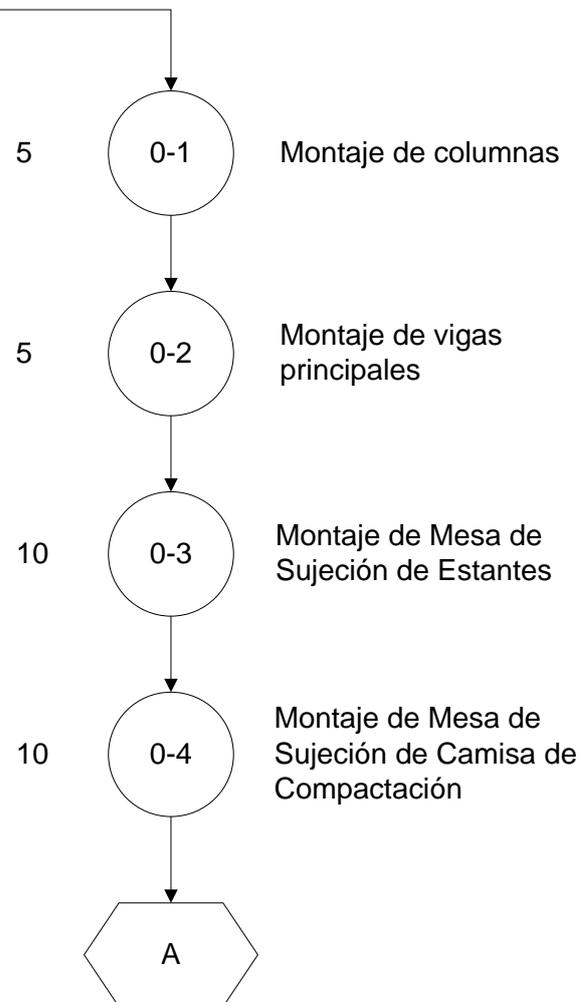


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina.

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:
Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

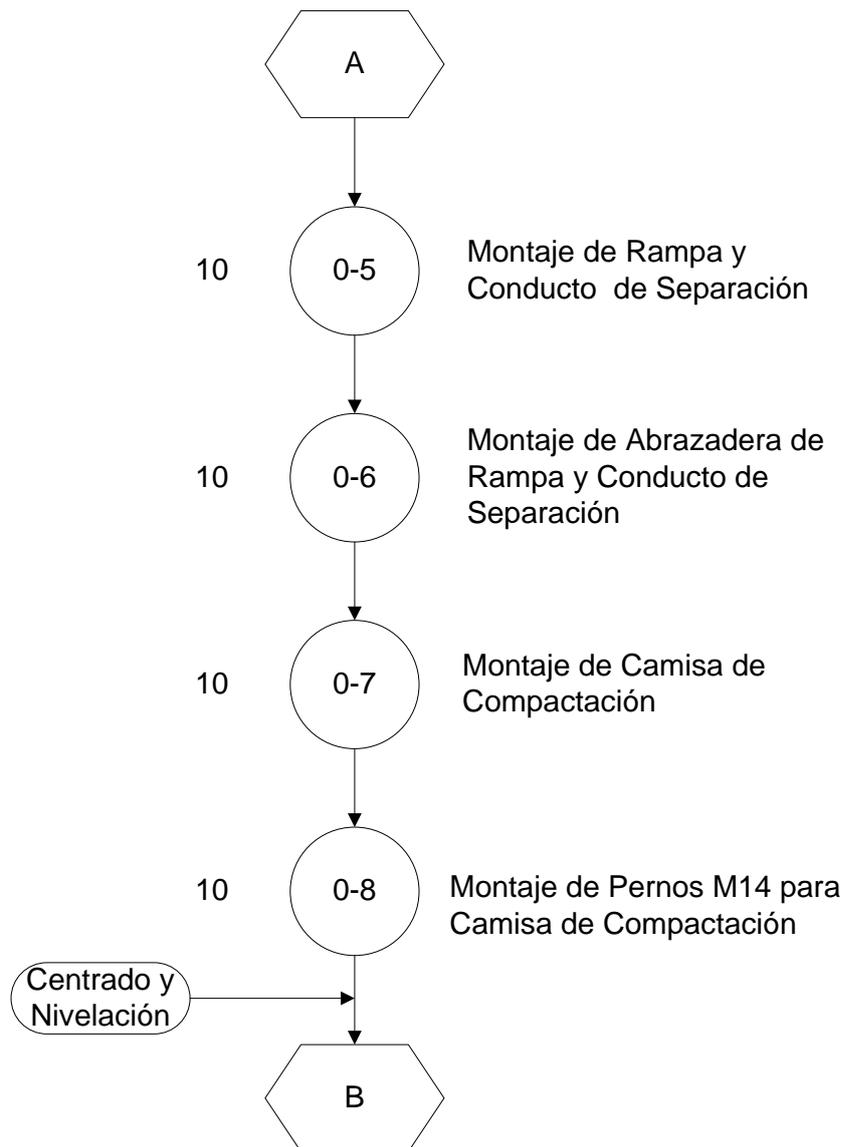


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

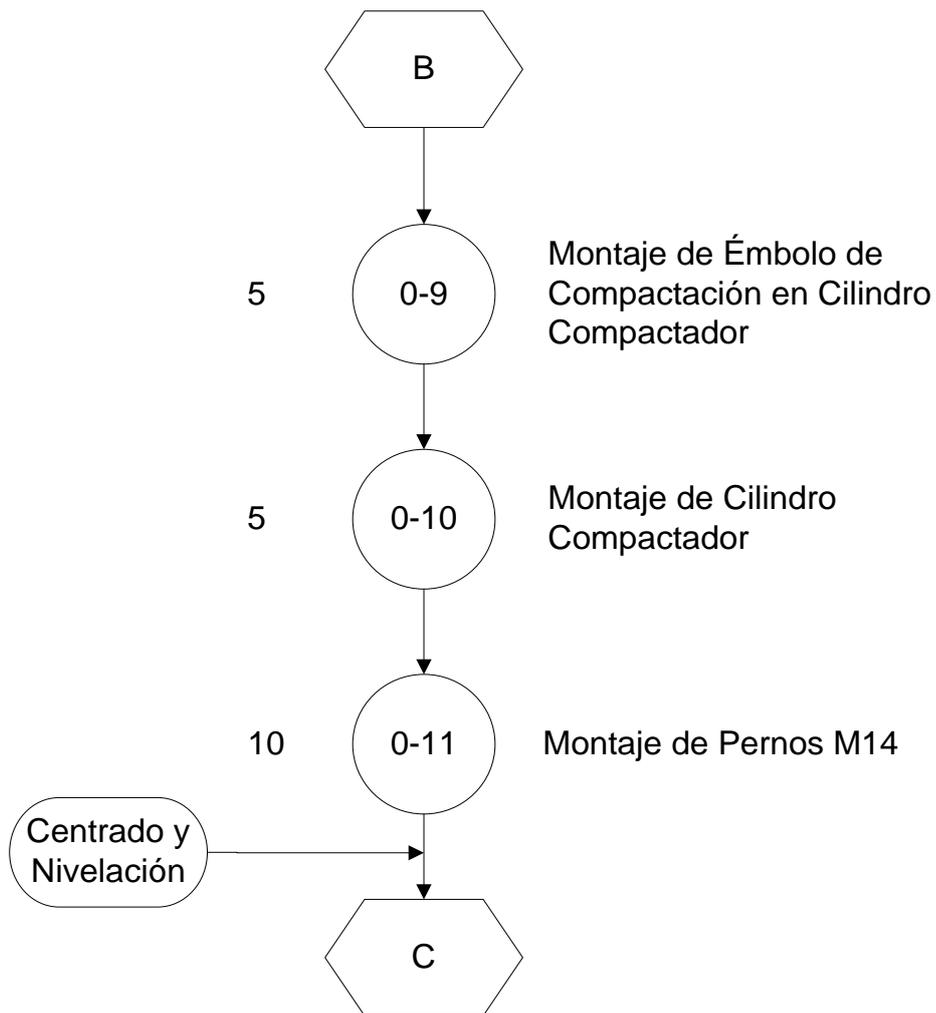


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:
Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

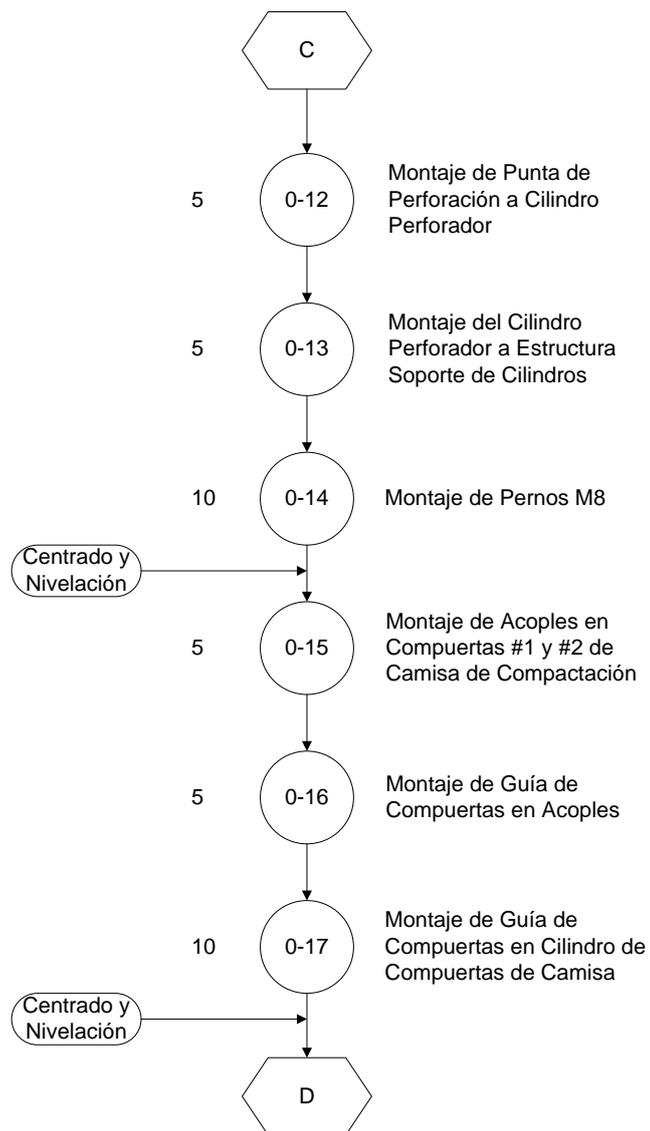


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:
Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

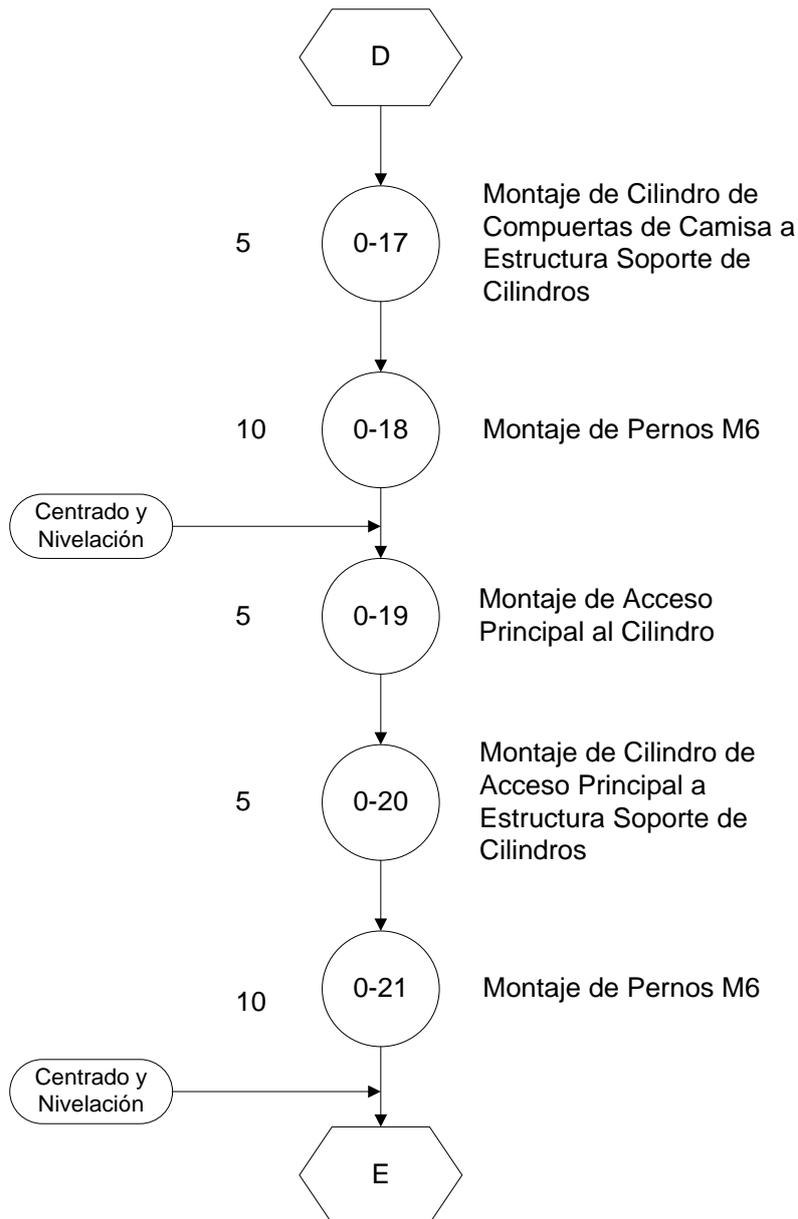


Diagrama 5.6.1. Montaje de Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:
Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

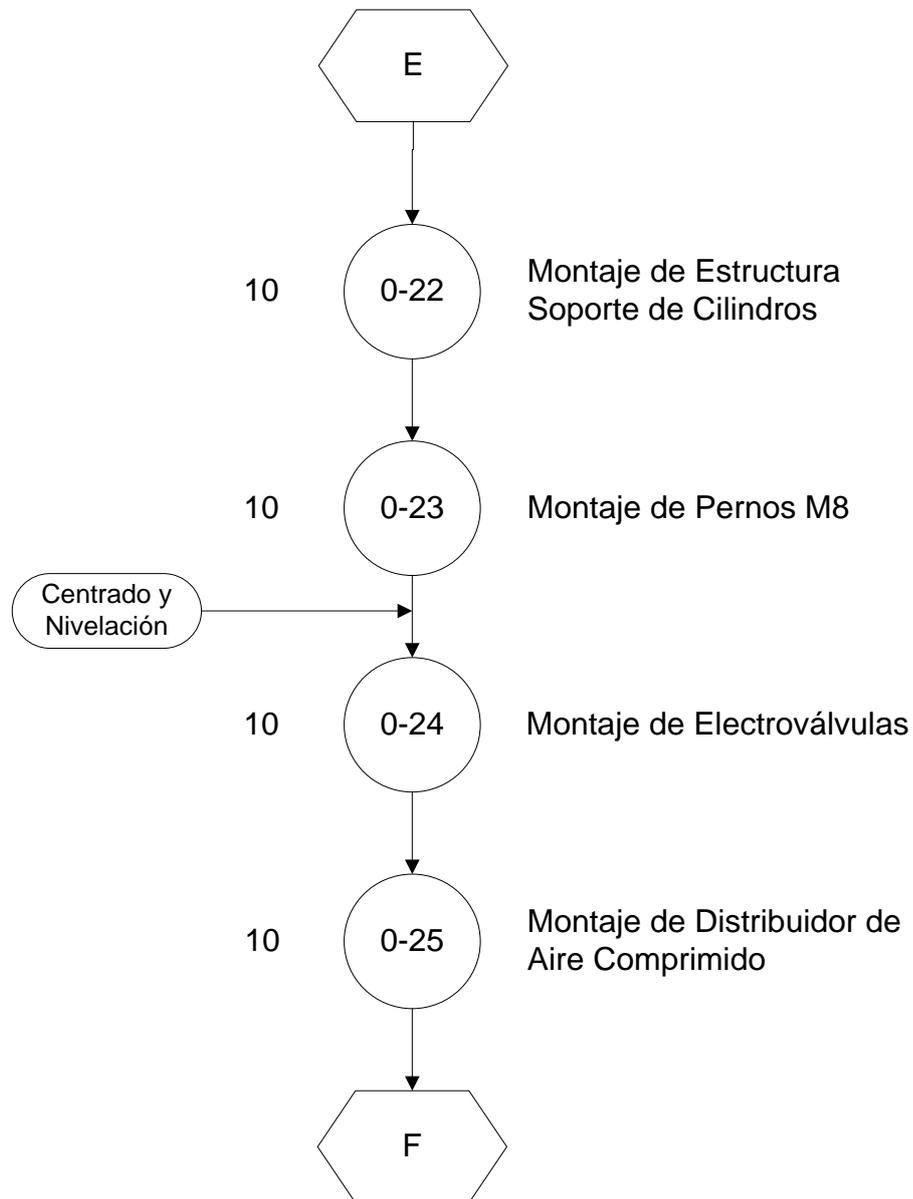


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

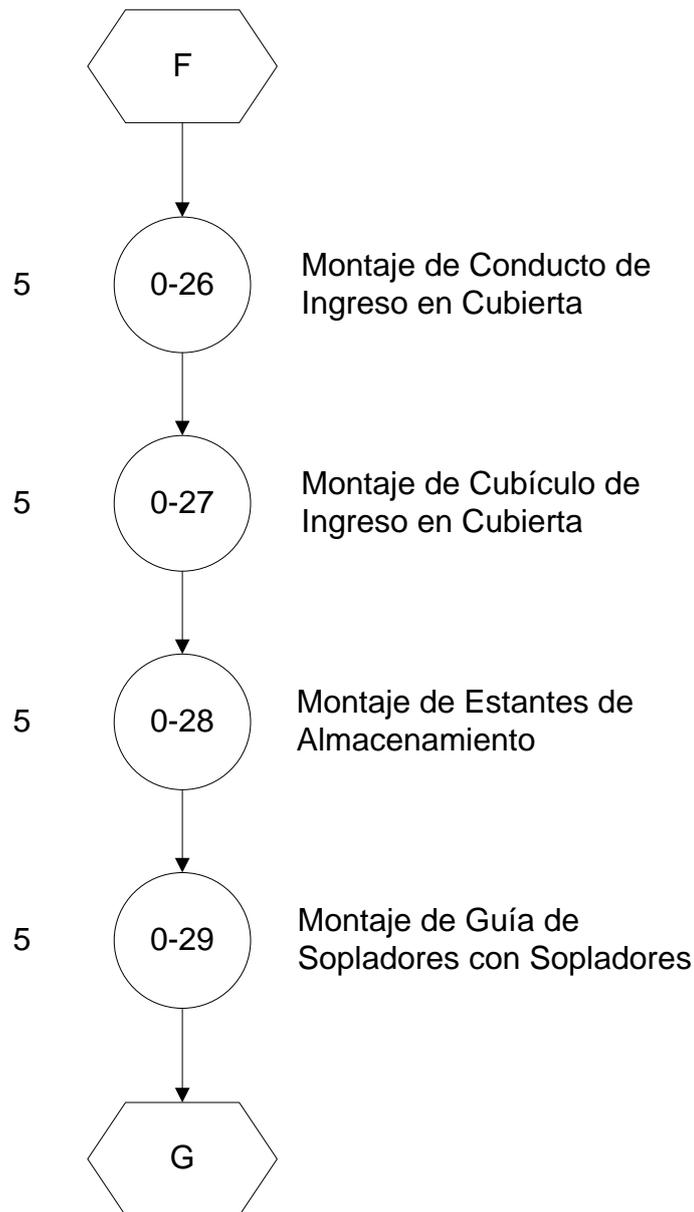


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:
Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

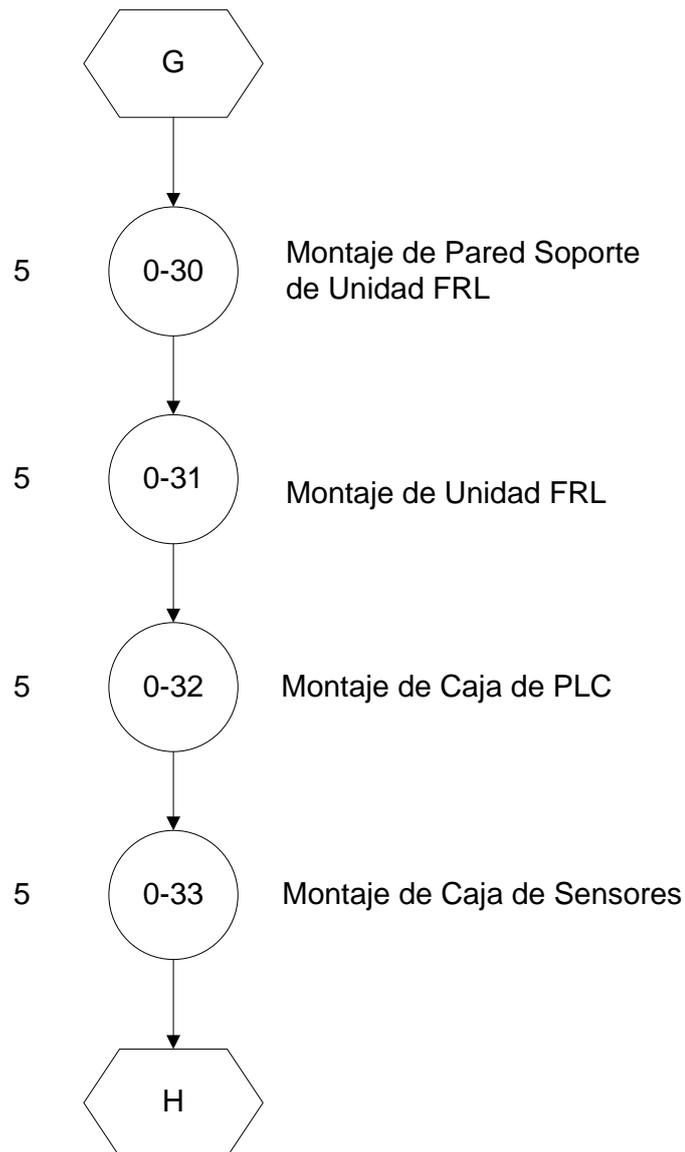


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:
Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

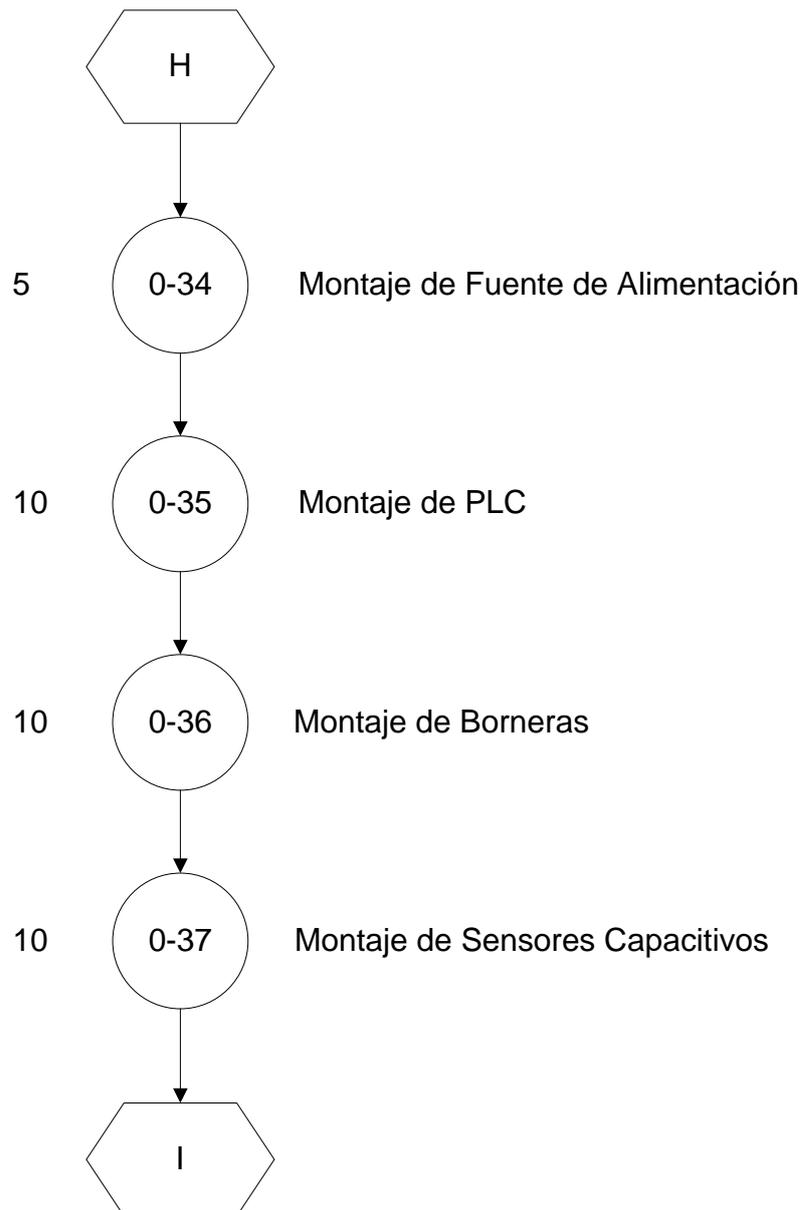


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:
Diego Sandoval,
Víctor Ushiña.

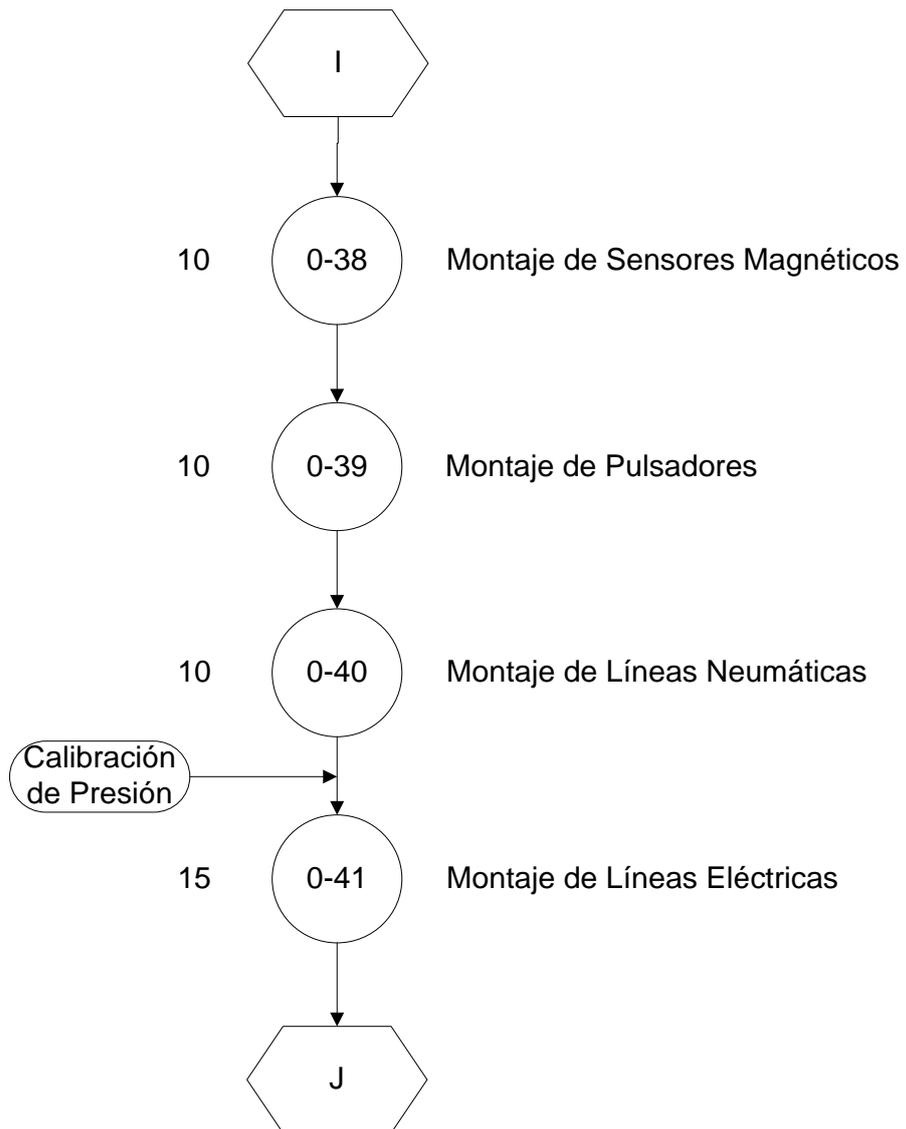


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

DIAGRAMA DE MONTAJE DE LA MÁQUINA

Asunto Diagramado: MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y LATAS DE ALUMINIO.

Fecha de Diagrama: 2011/06/29.

Diagramado por:

Diego Sandoval,

Víctor Ushiña.

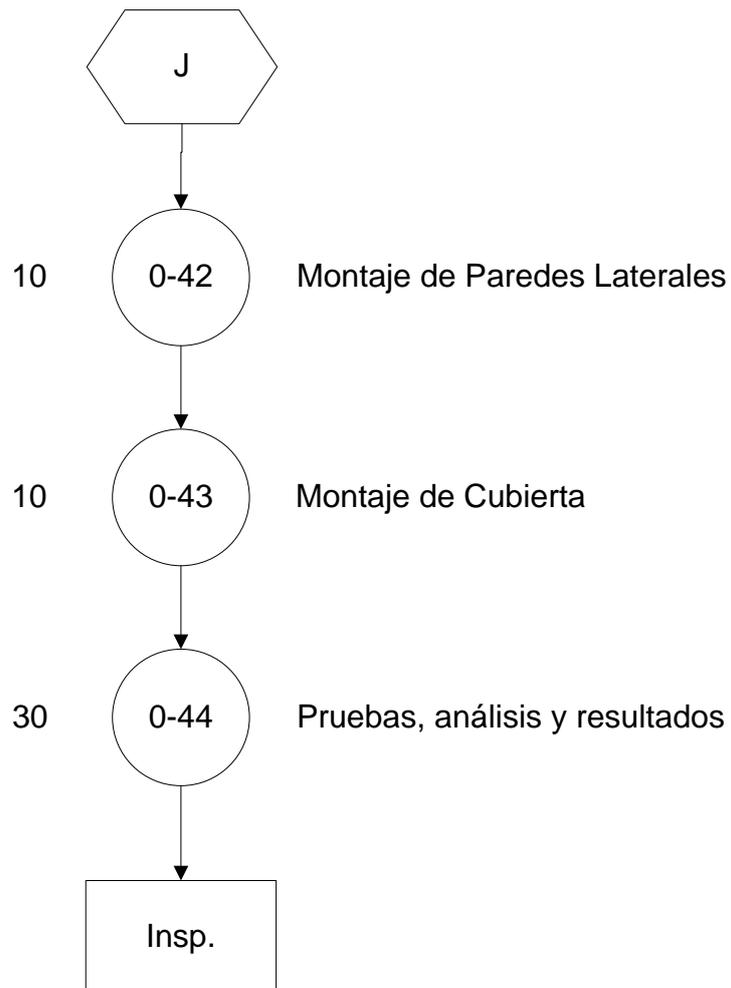


Diagrama 5.6.1. Montaje de la Máquina. (Continuación)

CAPÍTULO 6

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACIÓN

6.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Las pruebas de funcionamiento permitirán conocer si es que la máquina logra compactar y separar los envases de acuerdo a su material, para ello se ha realizado varias pruebas de compactación de varios envases, tomando en cuenta que los envases de COCA-COLA son los que demuestran más resistencia a la compactación.

Como primer paso, se ha colado una botella plástica de COCA-COLA de 500 ml en el cubículo de ingreso, para luego presionar el pulsador de “Botellas Plásticas” y que la máquina pueda procesar el envase. Una vez que la botella fue compactada y depositada en su respectivo estante, lo que se procederá hacer es medir la altura de la botella compactada, verificando de esta manera que el producto compactado ocupe el menor espacio posible.

Además, las pruebas de compactación se hicieron a las latas de aluminio, ya que estas tal vez no presenten una gran resistencia a la compactación, pero por el simple hecho de que la máquina recicla también estos envases, es importante conocer cómo responde este equipo cuando se coloca estos envases.

Como sabemos, la fuerza de compactación entregada por el cilindro compactador es de 4154 N, y la presión de trabajo es de 6 a 8 Bares.

Por motivos de seguridad, es importante que al momento de realizar estas pruebas de funcionamiento, el personal tenga el equipo de seguridad apropiado, los cuales zapatos de seguridad, gafas, mandil y guantes.

6.2. ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS.

MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PET DE 400 A 500 ML Y LATAS DE ALUMINIO DE 330 A 350 ML

Tabla 6.2.1. Distancia de Separación entre el Sensor Capacitivo 1 y el Sensor Capacitivo 2.

DISTANCIA ENTRE SENSOR CAPACITIVO 1 Y EL SENSOR CAPACTIVO 2		
ITEM	DISTANCIA (mm)	OBSERVACIÓN
1	140	Distancia Insuficiente
2	145	Distancia Insuficiente
3	150	Distancia Insuficiente
4	155	Distancia Insuficiente
5	165	Distancia Óptima.
6	175	Distancia Excesiva

CONCLUSIÓN

La distancia de 165 mm que habrá entre sensores nos ayuda en el instante de que se ingresarán envases al cubículo de ingreso, ya que de esta manera podremos controlar el tipo de producto que se va a ingresar a la máquina, ya sea lata de aluminio o botella plástica PET.

**MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PET DE 400 A 500 ML Y LATAS
DE ALUMINIO DE 330 A 350 ML**

Tabla 6.2.2. Apertura de Válvula Unidireccional.

APERTURA DE VÁLVULA UNIDIRECCIONAL		
ITEM	APERTURA (%)	OBSERVACIÓN
1	10	Caudal y Fuerza de Compactación Insuficiente.
2	20	Caudal y Fuerza de Compactación Insuficiente.
3	30	Caudal y Fuerza de Compactación Insuficiente.
4	40	Caudal y Fuerza de Compactación Insuficiente.
5	50	Caudal y Fuerza de Compactación Óptima.
6	60	Caudal y Fuerza de Compactación Óptima.
7	70	Caudal Excesivo, proceso de perforación interrumpido..
8	80	Caudal Excesivo, proceso de perforación interrumpido.
9	90	Caudal Excesivo, proceso de perforación interrumpido.
10	100	Caudal Excesivo, proceso de perforación interrumpido.

CONCLUSIÓN

La apertura de la válvula unidireccional sirve para controlar la velocidad de desplazamiento del cilindro compactador, como indica la tabla anterior, para una velocidad óptima, está debe estar entre 50 y 60 % de apertura. Con esta regulación se obtiene una buena respuesta de sensado del sensor magnético D, y así un buen desempeño de la máquina.

**MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PET DE 400 A 500 ML Y LATAS
DE ALUMINIO DE 330 A 350 ML**

Tabla 6.2.3. Apertura de la Válvula Bidireccional.

APERTURA DE VÁLVULA BIDIRECCIONAL		
ITEM	APERTURA (%)	OBSERVACIÓN
1	10	Apertura de la Compuerta de Acceso lenta
2	20	Apertura de la Compuerta de Acceso lenta
3	30	Apertura de la Compuerta de Acceso Óptima
4	40	Apertura de la Compuerta de Acceso Óptima
5	50	Apertura de la Compuerta de Acceso Rápida
6	60	Apertura de la Compuerta de Acceso Rápida
7	70	Apertura de la Compuerta de Acceso Rápida

CONCLUSIÓN

La apertura de la válvula bidireccional sirve para controlar la apertura de la compuerta de acceso principal, esta velocidad nos ayuda a controlar la caída de las botellas plásticas PET como también las latas de aluminio.

**MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PET DE 400 A 500 ML Y LATAS
DE ALUMINIO DE 330 A 350 ML**

Tabla 6.2.4. Posicionamiento de Sopladores para Latas de Aluminio.

SOPLADORES PARA LATAS DE ALUMINIO		
ITEM	DISTANCIA (mm)	OBSERVACIÓN
1	50	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
2	60	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
3	70	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
4	80	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
5	90	Distribución uniforme de aire.
6	100	Distribución uniforme de aire.
7	110	Distribución uniforme de aire.
8	120	Distribución uniforme de aire.

CONCLUSIÓN

En la tabla anterior, para la instalación del soplador de aire para las latas de aluminio, para un soplado óptimo y preciso, debe existir una distancia de separación entre el soplador y el conducto de separación de 90 y 100 mm, ya que en esta posición se va a tener un buen soplado a la lata de aluminio compactada, logrando así que dicho envase se dirija a su respectivo estante.

**MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PET DE 400 A 500 ML Y LATAS
DE ALUMINIO DE 330 A 350 ML**

Tabla 6.2.5. Posicionamiento de Sopladores para Botellas Plásticas PET.

SOPLADORES PARA BOTELLAS PLÁSTICAS PET		
ITEM	DISTANCIA (mm)	OBSERVACIÓN
1	50	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
2	60	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
3	70	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
4	80	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
5	90	Distribución de aire uniforme, pero hay obstrucción de sopladores con envases.
6	100	Distribución uniforme de aire.
7	110	Distribución uniforme de aire.
8	120	Distribución uniforme de aire.

CONCLUSIÓN

En la tabla anterior, para la instalación del soplador para las botellas plásticas PET, para un soplado óptimo y preciso debe existir una distancia de separación entre el soplador y el conducto de separación de 100 y 120 mm, ya que en esta posición se va a tener un buen soplado a la botella plástica PET compactadas, logrando así que dicho envase se dirija a su respectivo estante.

**MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PET DE 400 A 500 ML Y LATAS
DE ALUMINIO DE 330 A 350 ML**

Tabla 6.2.6. Distancia de Compactación de Envases Metálicos y Plásticos.

DISTANCIA DE COMPACTACIÓN DE ENVASES METÁLICOS Y PLÁSTICOS		
ITEM	DISTANCIA (mm)	OBSERVACIÓN
1	5	Exceso de distancia de compactación, botella plástica ofrece demasiada resistencia.
2	10	Compactación Uniforme.
3	15	Compactación Uniforme.
4	20	Compactación Insuficiente.
5	25	Compactación Insuficiente.
6	30	Compactación Insuficiente.

CONCLUSIÓN

Para una mejor compactación de las botellas plásticas PET y las latas de aluminio, se optó por una distancia de compactación entre la camisa y el émbolo de compactación de 10 a 15 mm. Esta distancia es la precisa, ya que así lograremos que las botellas plástica PET se compriman apropiadamente cumpliendo el objetivo de 1/3 de su tamaño original.

6.3. CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.

Calibración es un simple procedimiento de comparación entre lo que indica el instrumento y lo que debe indicar de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido. Por ello, es importante calibrar ciertos parámetros que permiten el correcto funcionamiento de la máquina, los cuales son:

- La presión de trabajo entregada por el compresor hacia los actuadores neumáticos, ya que la presión influye de manera directa a la fuerza que generará cada cilindro.
- La alineación de los actuadores neumáticos, como por ejemplo del cilindro perforador, tratando de que la punta de perforación no tenga problemas al momento de ingresar en la camisa de compactación.
- La posición de los sensores capacitivos, ya que deben enviar de manera eficiente la señal al sistema.
- La distancia hasta la cual se compacta el envase, ya sea metálico o plástico, ya que el envase genera una cierta resistencia la cual puede impedir que el cilindro compactador alcance su posición final.
- La ubicación de los sopladores de aire, debido a que si se los coloca muy cerca del conducto de separación, el envase puede quedar atascado con los sopladores, impidiendo de esta manera, que el mismo pueda descender a su respectivo estante.
- La abertura de la válvula bidireccional colocada antes de la electroválvula 5/3 que controla el cilindro compactador, ya que puede existir un exceso de alimentación de aire al mismo, lo cual podría generar un mal funcionamiento del proceso de perforación del envase plástico.
- La posición del sensor magnético D, debido a que este permite que el proceso de perforación al envase plástico se realice de manera eficiente y eficaz.



Figura 6.3.1. Prototipo de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.



Figura 6.3.2. Caja de Control del Usuario, Caja de Sensores y Cubículo de Ingreso de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.



Figura 6.3.3. Sopladores de Aire Para las Botellas Plásticas y Latas de Aluminio, Depósitos de Botellas Plásticas y Latas de Aluminio.



Figura 6.3.4. Pulsador de Reseteo, Cilindro Para las Tapas de Camisa y Cilindro Compactador.



Figura 6.3.5. Camisa de Compactación.



Figura 6.3.6. Unidad FRL.



Figura 6.3.7. Transformador de Voltaje de 110V a 24V.

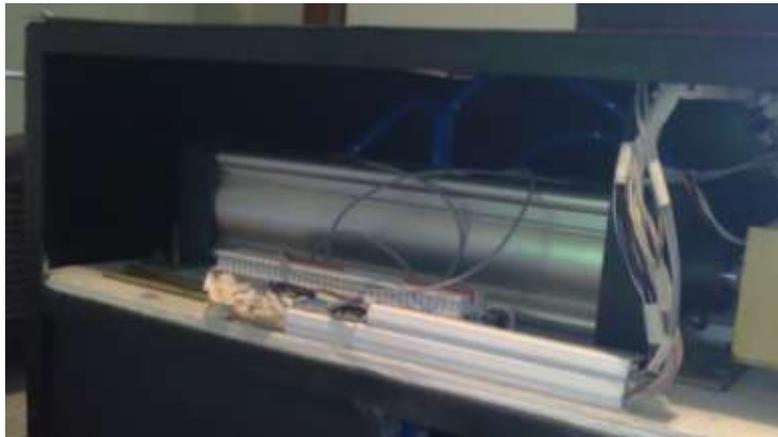


Figura 6.3.8. Cilindro Compactador.



Figura 6.3.9. Sensores Capacitivos S1 y S2.



Figura 6.3.10. Punta de Perforación y Tapas de Camisa de Compactación.



Figura 6.3.11. Depósito para Latas de Aluminio de 330 a 350 ml.



Figura 6.3.12. Depósito para Botellas Plásticas PET de 400 a 500 ml.

CAPÍTULO 7

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

7.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

La evaluación económica es un proceso en el cual se busca una adecuada formulación y evaluación tanto administrativa, como institucional y legal, buscando ver el grado de factibilidad de implementación del proyecto.

Es importante definir varios aspectos para realizar una correcta evaluación económica del proyecto, los cuales son costos directos y costos indirectos.

7.1.1. COSTOS DIRECTOS.

Los costos directos son los que son necesarios para obtener el producto (materia prima, componentes complementarios, uso de máquinas, herramientas y mano de obra).

7.1.1.1. Costos de Materia Prima.

Estos costos se refieren a los elementos que son parte de la máquina como es el caso de los cilindros neumáticos, las electroválvulas, las planchas de tol, los ángulos, las mesas de sujeción, entre otros.

7.1.1.2. Costos de Componentes Complementarios.

Son los costos de los materiales que se utilizan para la construcción de la máquina, como por ejemplo electrodos, brocas, etc.

7.1.1.3. Costos de Uso de Máquinas y Herramientas.

Son los costos que se originan por el uso de varias máquinas y herramientas para fabricar ciertas piezas (émbolo de compactación). Estas herramientas son como por ejemplo el torno, la fresadora, la cizalla, y demás herramientas que sean necesarias para la fabricación de ciertos elementos requerir en la máquina. Estos costos se mencionarán a continuación:

Servicios: 1.50 USD/hora.

Maquinaria: 2.00 USD/hora.

7.1.1.4. Costos de Mano de Obra.

Es el costo que el obrero empeña para la fabricación de la máquina. En este caso, dicho costo tiene un valor de 1.50 USD, el cual se desglosará a continuación:

Mano de Obra: 1.50 USD/hora.

La máquina recicladora fue fabricada en 15 días, 8 horas por día, lo cual da un total de 120 horas.

7.1.2. COSTOS INDIRECTOS.

Estos costos son llamados también costos indirectos, y son los que no se pueden asignar directamente al producto, como por ejemplo los costos de los servicios básicos, del transporte, del internet, entre otros.

Por lo expuesto anteriormente, el costo total de la máquina será la suma de los costos directos más los costos indirectos, tomando en cuenta un 15% de imprevistos, podemos sacar el costo total de la máquina, el cual se expondrá a continuación:

Tabla 7.1.1. Costos de Materia Prima.

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
1	1	Cilindro Φ: 100 mm, L: 320 mm	290.85	290.85
2	1	Cilindro Φ: 40 mm, L: 100 mm	120.00	120.00
3	1	Cilindro Φ: 32 mm, L: 25 mm	89.25	89.25
4	1	Microcilindro Φ: 25 mm, L: 100 mm, SE RT	94.12	94.12
5	1	Montaje pies para cilindro Φ: 100 mm	32.45	32.45
6	1	Montaje pies para cilindro Φ: 40 mm	23.22	23.22
7	2	Montaje pies para cilindro Φ: 32 mm	18.60	37.20
9	1	Electroválvula 5/3 centro cerrado G ½	140.52	140.52
10	1	Electroválvula 5/3 centro cerrado G ¼	122.18	122.18
11	2	Electroválvula 5/2 G ¼	52.36	104.72
12	1	Electroválvula 3/2 G 1/8	51.00	51.00
13	1	Unidad FRL G ½ Drenaje Manual	100.20	100.20
14	2	Silenciador de bronce G 1/2	4.00	8.00
15	1	Silenciador de bronce G 1/4	2.45	2.45
16	8	Silenciador de bronce G 1/8	1.60	9.60
17	1	Distribuidor de 5 tomas inst. de 10 mm	15.30	15.30
18	1	Conector codo inst. 1/2" * 10 mm	5.20	5.20
19	1	Conector recto inst. 1/2" * 10 mm.	3.50	3.50
20	1	Unión "T" inst. de 10mm.	3.60	3.60
21	4	Conector codo inst. 1/4" * 10 mm.	2.90	11.60
22	8	Conector codo inst. 1/4" * 8 mm.	1.92	15.36
23	2	Conector codo inst. 1/8" * 8 mm.	1.84	3.68
24	4	Conector codo inst. 1/2" * 12 mm.	5.40	21.60
25	1	Unión "T" inst. de 8 mm.	2.10	2.10
26	1	Regulador de Caudal M 10	9.56	9.56
27	6m	Manguera plástica M8	1.20	7.20
28	6m	Manguera plástica M10	1.80	10.80
29	2m	Manguera plástica M12	2.60	5.20
30	1	PLC 12/24RC Modulo Lógico	140.00	140.00
31	1	Módulo de Expansión12/24RC	84.36	84.36
32	40	Bornera	1.40	56.00
33	1	Enchufe	1.32	1.32

Tabla 7.1.1. Costos de Materia Prima (Continuación).

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
34	3	Canaleta 20x12	2.34	7.02
35	15	Codo 20x12	0.33	4.95
36	15	Tee 20x12	0.36	5.40
37	8m	Cable eléctrico # 18	0.45	3.60
38	8m	Cable eléctrico # 20	0.95	7.60
39	2	Sensor Capacitivo M18	53.37	106.75
40	1	Fuente de Alimentación 120-230VDC	86.24	86.24
41	7	Sensores magnéticos	25.00	175.00
42	3	Pulsador N.A.	2.15	6.45
43	8	Perno M14 A325	0.40	3.20
44	8	Perno M8 A325	0.25	2.00
45	8	Perno M6 A325	0.20	1.60
46	1	Barra cilíndrica de Duralón Φ : 120 mm	40.11	40.11
47	1	Plancha de Pino 2440x1200x10	19.38	19.38
48	1	Plancha de Pino 1000x500x13	10.11	10.11
49	3	Plancha de Tol Negro de 1 mm	30.33	90.99
50	1	Barra cilíndrica de acero A-36 Φ :19 mm	0.80	0.80
51	3	Ángulo 20x3	6.54	19.62
52	1	Ángulo 25x3	7.45	7.45
53	1	Plancha de acero 500x500x5	30.00	30.00
54	2	Estantes Plásticos	9.10	18.20
55	1	Regulador de Caudal M8	9.50	9.50
			SUBTOTAL	2278.11
			DESCUENTO (12%)	273.37
			TOTAL	2004.74

Tabla 7.1.2. Costos de Componentes Complementarios.

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
1	1	Electrodo 6011 (libras)	1.25	1.25
2	2	Sierras de Corte	1.50	3.00
3	1	Broca 1/2"	1.20	1.20
			TOTAL	5.45

Tabla 7.1.3. Costos de Uso de Máquinas y Herramientas.

DÍAS LABORABLES	HORAS DE TRABAJO POR DÍA	TOTAL DE HORAS	COSTO/HORA (USD)	COSTO TOTAL (USD)
15	8	120	2.00	240.00

Tabla 7.1.4. Costos de Mano de Obra.

DÍAS LABORABLES	HORAS DE TRABAJO POR DÍA	TOTAL DE HORAS	COSTO/HORA (USD)	COSTO TOTAL (USD)
15	8	120	1.50	180.00

Tabla 7.1.5. Costos Directos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	Materia Prima	2004.74
2	Componentes Complementarios	5.45
3	Uso de Máquinas y Herramientas	240.00
4	Mano de Obra	180.00
	TOTAL	2430.19

Tabla 7.1.6. Costos Indirectos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	Transporte	50.00
2	Impresiones e Internet	35.00
3	Copias	5.00
4	Alimentación	40.00
5	Agua	10.00
6	Teléfono	20.00
7	Energía Eléctrica de Diseño	15.00
8	Energía Eléctrica de Construcción	5.00
	TOTAL	180.00

El costo total del proyecto es de:

Tabla 7.1.7. Costo Total de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas y Latas de Aluminio.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	Costos Directos	2430.19
2	Costos Indirectos	180.00
3	Imprevistos (15% de CD + CI)	391.52
	TOTAL	3001.71

Para el costo total de producción no se toman en cuenta los costos indirectos, ya que estos no son gastos de producción, por lo que, el costo de producción de la máquina es de 2430.19 USD.

7.2. EVALUACIÓN FINANCIERA.

La evaluación financiera es el proceso mediante el cual una vez definida la inversión inicial, permite determinar la rentabilidad del proyecto. La evaluación financiera tiene que ver con el cálculo del valor actual neto y la tasa interna de retorno.

7.2.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN).

El valor actual neto (VAN) es una medida de la rentabilidad absoluta neta que proporciona un proyecto.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Ec. 7.2.1.

De donde:

BN: Beneficio neto de flujo del periodo t.

Io: Inversión Inicial.

n: Número de años.

i: Tasa de descuento.

Tabla 7.2.1. Costos del reciclado de botellas plásticas PET y latas de aluminio.

ITEM	VALOR (USD)
Costo de botella plástica recolectada (kg)	0.85
Costo de latas de aluminio recolectada (kg)	2.85
Recolección al mes de botellas plásticas (kg)	122.40
Recolección al mes de latas de aluminio (kg)	51.30
Recolección anual de botellas plásticas (kg)	1468.80
Recolección anual de latas de aluminio (kg)	615.60
Total (USD)	2084.40

La tabla anterior fue realizada con las siguientes condiciones:

- Peso promedio de lata de aluminio: 0.015 Kg.
- Peso promedio de botella plástica PET: 0.030 Kg.
- Cantidad promedio de latas de aluminio depositada por persona: 1.
- Cantidad promedio de botellas plásticas depositada por persona: 4.
- Cantidad diaria de personas que depositarán envases en la máquina: 40.

La inflación tomada en cuenta produce un incremento del 20% anual y se realizó la proyección a 5 años.

Tabla 7.2.2. Cálculo de VAN.

Cálculo de VAN						
n	0	1	2	3	4	5
Io	2430.19					
BN		2084.40	2501.28	3001.54	3601.84	4322.21
i	20%	20%	20%	20%	20%	20%
(1+i)^n	1	1.20	1.44	1.73	2.07	2.49
FCD		1737.00	1737.00	1737.00	1737.00	1737.00
VAN	6254.81					

Al ser el VAN mayor al valor de la inversión, el proyecto va a producir ganancias, por lo cual podemos deducir que el proyecto es viable.

7.2.2. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR).

La tasa interna de rendimiento se refiere a la evaluación del proyecto en función de una tasa única de rendimiento por periodo. En otras palabras es la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero.

$$\sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - Io = 0$$

Ec. 7.2.2.

La tasa calculada se calcula con la tasa de descuento imputada, y esta al ser mayor se deduce que el proyecto es rentable.

Tabla 7.2.3. Cálculo de la TIR.

Cálculo de la TIR						
n	0	1	2	3	4	5
Io	2430,19					
BN		2084,40	2501,28	3001,54	3601,84	4322,21
TIR	98,91%					

La tasa interna de retorno es mucho mayor que la tasa de descuento asumida, por lo que el proyecto es rentable.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- Con la alternativa de diseño seleccionada, la cual es un diseño de una máquina recicladora horizontal, se obtuvo un rendimiento altamente satisfactorio debido a que se logró alcanzar los parámetros de diseño tales como: compactar las botellas plásticas PET y latas de aluminio hasta 1/3 de su tamaño original, realizar 4 ciclos por minuto, separar los envases compactados y dirigirlos a sus respectivos estantes, entre otros.
- La máquina tiene capacidad para 80 latas de aluminio y 40 botellas plásticas PET, debido a que las botellas plásticas compactadas ocupan mayor espacio que las latas de aluminio, además la capacidad de la máquina también depende del tamaño de los estantes de almacenamiento.
- Se diseñó y construyó un prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas PET de 400 a 500 ml y latas de aluminio de 330 a 350 ml. Para el diseño, la construcción y el montaje de los diferentes elementos que conforman esta máquina se utilizó las más avanzadas herramientas computacionales como SOLIDWORKS y AUTOCAD, los que permitieron realizar los planos de fabricación de cada elemento; FLUIDSIM, el cual nos ayudó al diseño del circuito neumático, y LOGO Comfort debido a que el PLC utilizado es de marca LOGO SIEMENS.
- Se establecieron alternativas de máquinas compactadoras en el mercado local. A partir de estos se escogió el diseño más adecuado de acuerdo a parámetros como desempeño, rendimiento, fiabilidad, mantenimiento, operación de control, materiales y proceso de fabricación, así mismo el costo total de la máquina recicladora de botellas plásticas y latas de aluminio es de tres mil y un dólares.

- El factor de seguridad para la selección de cilindros es de 2.5 debido a que si se desea calibrar el sistema neumático de la máquina para que el cilindro compactador reduzca el volumen de los recipientes a un volumen mucho más pequeño que el especificado, la fuerza necesaria para ello se incrementará considerablemente.
- Los cilindros neumáticos fueron escogidos por medio de catálogos de empresas como CAMOZZI y MINDMAN, los cuales nos brindaban las características de operatividad de cada uno de ellos, permitiendo que el proceso de selección sea mucho más fácil y sencillo.
- A pesar de que el costo de fabricación de la máquina es alto, debido a que se utilizan elementos que puedan cumplir satisfactoriamente con los requerimientos de la máquina, la evaluación económica y financiera arroja que la demanda que existe dentro del mercado nacional, permitirá que la inversión realizada se pueda recuperar en poco tiempo.
- Se construyó cada elemento que conforma la máquina recicladora, en base al diseño realizado.

RECOMENDACIONES.

- Realizar una buena pre clasificación de envases tanto plásticos como metálicos que van a ingresar a la máquina, verificando que no exista líquido o algún elemento extraño dentro de los mismos.
- Antes de la construcción y montaje de los diferentes elementos que conforman la máquina, se debe tener todos los planos de construcción y diagramas tanto de proceso como de montaje, logrando de esta manera optimizar recursos como tiempo y dinero.

- Para la fabricación de la máquina se recomienda utilizar materiales certificados, que cumplan las especificaciones y estándares pertinentes para obtener el máximo beneficio de ellos en propiedades físicas, mecánicas y durabilidad.

- Se recomienda que para un mejor estudio de un proceso de reciclaje de debe buscar o implementar nuevas tecnologías de reciclaje, ya que con estos nos ayudan a una mejor conservación del medio ambiente.

- Tratar de disminuir los pasos a cumplir para la primera fase de reciclado (compactación), debido a que de esta manera lograremos que el costo de la máquina sea mucho más bajo.

- Verificar la rentabilidad de esta clase de proyectos, es importante continuar con los estudios del proceso de reciclaje, ya que no solo se busca una preservación de recursos naturales, sino que también se trata de implementar nuevas alternativas tecnológicas.

BIBLIOGRAFÍA.

1. SHIGLEY, J.E. MISCHKE, C.R. Diseño en ingeniería mecánica.
Traducido del inglés por Javier León Cárdenas. 6ta. Ed. Mc Graw Hill.
México. 2002. 1257 p.
2. INACAP. Manual de Hidráulica y Neumática. 2002.
3. Catalogo de MINDMAN (Cd, Proveedor).
4. MAJUNDAR. S.R. Sistemas Neumáticos. Traducción del inglés por José
Hernán Pérez Castellanos. 1 era Ed. Mc Graw Hill. Mexico. 1998. 300p.
5. SMS. INTERNATIONAL TRAINING. Neumática. 2da Ed. Thomson
Paraninfo. España. 2003. 314 p.
6. ATLAS COPCO. Aire Comprimido. 2005

DIRECCION INTERNET:

- [www.pdf.directindustry.es/pdf/Catalogo de Camozzi, 2010.](http://www.pdf.directindustry.es/pdf/Catalogo%20de%20Camoszi%202010)
- [www.festo.com/pnf/es_es/products/catalog.](http://www.festo.com/pnf/es_es/products/catalog) Catalogo de Festo 2011.