

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**EXTENSIÓN LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTOMATIZACIÓN DE UNA CURVADORA DE TUBO MARCA MARGUA, E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL CURVADO DE TUBOS HASTA 50MM DE DIÁMETRO Y UN ESPESOR DE 2MM PARA LA EMPRESA DE CARROCERIAS “CENTAURO”.

CRISTIAN RAFAEL BUSTILLOS MORENO

JOSÉ VLADIMIR QUILLUPANGUI TIPÁN

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del título de

**INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

Enero 2012

## DECLARACIÓN

Quienes suscriben, Cristian Rafael Bustillos Moreno, portador de la cédula de identidad 050242826-1 y José Vladimir Quillupangui Tipán portador de la cédula de identidad 171735892-1, libre y voluntariamente declaramos que el presente tema de investigación: AUTOMATIZACIÓN DE UNA CURVADORA DE TUBO MARCA MARGUA, E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL CURVADO DE TUBOS HASTA 50MM DE DIÁMETRO Y UN ESPESOR DE 2MM PARA LA EMPRESA DE CARROCERIAS “CENTAURO”, su contenido, ideas y análisis propuestos son originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaramos la autenticidad de este contenido y para los efectos legales y académicos que se desprenden del presente proyecto de grado, es y será de nuestra propiedad exclusiva, responsabilidad legal y académica.

Para respetar el derecho intelectual del autor de la información secundaria utilizada a manera de bibliografía, la misma se encuentra en el documento como pie de página.

La información contenida en el documento es principalmente el soporte intelectual del conocimiento adquirido en el transcurso de nuestra carrera.

Latacunga, Enero 2012

.....  
Cristian R. Bustillos M.

.....  
José V. Quillupangui T.

## **AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

### **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

Nosotros, Cristian Rafael Bustillos Moreno y José Vladimir Quillupangui Tipán, autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación en la biblioteca virtual y/o revistas de la institución de nuestro trabajo de investigación titulado:

AUTOMATIZACIÓN DE UNA CURVADORA DE TUBO MARCA MARGUA, E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL CURVADO DE TUBOS HASTA 50MM DE DIÁMETRO Y UN ESPESOR DE 2MM PARA LA EMPRESA DE CARROCERIAS “CENTAURO”,

Cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero 2012.

.....  
Cristian R. Bustillos M.

.....  
José V. Quillupangui T.

**CERTIFICACIÓN:**

EN NUESTRA CALIDAD DE DIRECTOR Y CODIRECTOR, CERTIFICAMOS QUE LOS SEÑORES: CRISTIAN RAFAEL BUSTILLOS MORENO Y JOSÉ VLADIMIR QUILLUPANGUI TIPÁN, HAN RELIZADO EL PROYECTO DE GRADO TITULADO: **AUTOMATIZACIÓN DE UNA CURVADORA DE TUBO MARCA MARGUA, E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL CURVADO DE TUBOS HASTA 50MM DE DIÁMETRO Y UN ESPESOR DE 2MM PARA LA EMPRESA DE CARROCERIAS “CENTAURO”**. APLICANDO LAS DISPOSICIONES INSTITUCIONALES, METODOLÓGICAS Y TÉCNICAS QUE REGULAN ESTA ACTIVIDAD ACADÉMICA, POR LO QUE AUTORIZAMOS A LOS MENCIONADOS ALUMNOS REPRODUSCAN EL DOCUMENTO DEFINITIVO, SE PRESENTE A LAS AUTORIDADES DE LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA Y SE PROCEDA A LA EXPOSICIÓN DE SU CONTENIDO.

.....

ING. WILSON SANCHEZ  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

.....

ING. OSCAR ARTEAGA  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente primero a Dios, a la Virgen del Cisne y Quinche por cuidarme en toda la vida tanto en mi profesión como en el campo personal, en segundo a mis padres quienes me han sabido inculcar desde muy pequeño valores, responsabilidades, metas, que hoy están reflejados en mí, al ser una persona de bien con valores muy altos y propósitos muy claros en la vida, en tercero a mis hermanas y sus esposos que con su cariño y su apoyo incondicional aportaron un granito de arena para estar con esta satisfacción, en cuarto pero tan importante como lo primero a una persona que en todo el periodo universitario, me acompañado alado con su apoyo en especial a los momentos finales, y esa persona es mi enamorada Mary que siempre ha estado junto a mí, en quinto a mis sobrinos quienes con pequeños aportes estuvieron presentes.

**José Vladimir**

Gracias Dios por darme la vida, por bendecirme con una linda familia, gracias porque tu voluntad es perfecta y en ti todo lo puedo, gracias te doy aún por mis fracasos porque de todos ellos tú me levantas.

Gracias papá por ser mi ejemplo de perseverancia y lucha, perdón por los malos momentos. Gracias... su esfuerzo y sus palabras no fueron en vano.

Gracias mamá por su amor incondicional, por incentivar en mi el deseo de superación.

Gracias mamá Olguita por ser mi segunda madre, su cariño no conoce límites.

Gracias Diego, Paty y Valeria por estar junto a mí en todo momento.

Gracias a mi abuelito, a mis tíos, tías, primos, y demás personas que colaboraron de una u otra forma en la realización de este proyecto.

**Cristian**

## **DEDICATORIA**

El presente documento va dedicado a mis padres, Antonio y Francisca, a mis hermanos y sus esposos, Sonia y Anabela, a mi enamorada Mary, y en si a todas las personas que confiaron en mí, gracias a ellos y a sus ejemplos de valor, confianza, esfuerzo, dedicación que son indispensables para obtener un propósito en la vida.

Dedico a la facultad de electromecánica, que con sus enseñanzas nos abre puertas para seguir adelante y no desmayar, siempre pensando en superarse, y un dicho que siempre tengo presente es,

**SOLO VENCIÉNDOTE VENCERÁS, Y OBTENDRÁS LO QUE TÚ QUIERAS EN LA VIDA.**

**José Vladimir**

Dedico este trabajo a Dios.

A mis padres René y Patricia que son el pilar fundamental en mi vida, quienes han hecho de mi una persona con valores y principios.

A mis hermanos Diego, Paty y Valeria.

A mi familia y amigos que me brindaron su confianza y que estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos durante mi vida estudiantil.

**Cristian**

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
CARÁTULA	i
DECLARACIÒN	ii
AUTORIZACIÒN DE PUBLICACIÒN	iii
CERTIFICACIÒN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
INDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ANEXOS	xx
RESUMEN	xxi
SUMMARY	xxii
ANTECEDENTES	xxiii
OBJETIVO GENERAL	xxiv
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xxiv
JUSTIFICACIÒN	xxv
METAS	xxvi

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## CAPÍTULO I

		Página
	<b>GENERALIDADES</b>	
1.1.	<b>PROCESO DE CURVADO DE TUBOS</b>	1
1.2.	<b>PRTES PRINCIALES DE UNA MÁQUINA PARA CURVADO DETUBOS</b>	1
1.2.1.	PALANCA	2
1.2.2.	EJE DE ROTACIÓN	2
1.2.3.	MOTOR	2
1.3.	<b>TIPOS DE MÁQUINAS PARA CURVADO DE TUBOS</b>	3
1.3.1.	CURVADORA DE TUBO MANUAL	3
1.3.2.	MÁQUINA CURVADORA DE TUBOS N.C.	3
1.3.3.	MÁQUINA DE CURVADO DE TUBOS C.N.C	4
1.4.	<b>FADORES QUE INTERVIENEN EN EL CURVADO DE TUBOS</b>	4
1.4.1.	ESPEJOR DEL TUBO	4
1.4.2.	DIÁMETRO INTERNO Y EXTERNO DE LAS PAREDES	5
1.4.3.	RADIO MÍNIMO Y MÁXIMO	5
1.4.4.	DUREZA	5
1.5.	<b>PRINCIPIO DE CURVADO</b>	5
1.5.1.	FUNDAMENTO FÍSICO	5
1.5.2.	RECUPERACIÓN ELÁSTICA	5
1.5.3.	MOMENTO FLECTOR	6
1.5.4.	MODULO RESISTENTE	6
1.6.	<b>TÉCNICAS DE CURVADO</b>	6
1.7.	<b>SELECCIÓN DE MATERIALES</b>	7
1.7.1.	FILOSOFÍA DE UN DISEÑO SEGURO	9
1.7.2.	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	9
a.	Resistencia a la tensión	9
b.	Resistencia a la fluencia	10
c.	Límite de proporcionalidad	10
d.	Límite elástico	10
e.	Módulo de elasticidad en tensión	10
f.	Ductilidad y porcentaje de elongación	11
g.	Resistencia al corte	11
h.	Dureza	12



	i.	Maquinabilidad	13
	j.	Tenacidad, energía de impacto	13
	k.	Resistencia a la fatiga	14
	<b>1.7.3.</b>	<b>FACTOR DE DISEÑO O FACTOR DE SEGURIDAD</b>	15
	a.	Materiales dúctiles	15
	b.	Materiales frágiles	16
<b>1.8.</b>		<b>TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO POR BANDA Y CADENA.</b>	16
	<b>1.8.1.</b>	<b>TRANSMISIÓN POR BANDA</b>	16
	<b>1.8.2.</b>	<b>TRANSMISIÓN POR CADENA</b>	17
	a.	Cadenas para soporte y elevación	18
	b.	Cadenas para transporte y elevación	18
	c.	Cadenas para transmisión de potencia	18
<b>1.9.</b>		<b>NEUMÁTICA</b>	20
	<b>1.9.1.</b>	<b>SÍMBOLOS NEUMÁTICOS</b>	21
	<b>1.9.2.</b>	<b>CILINDRO NEUMÁTICO DE MOV. LINEAL</b>	21
	a.	Generalidades	21
	b.	Cálculo de cilindros neumáticos	23
	<b>1.9.3.</b>	<b>UNIDADES DE MANTENIMIENTO</b>	31
	<b>1.9.4.</b>	<b>VÁLVULAS</b>	32
	a.	Accionamiento de válvulas	33
	b.	Electroválvula	34
<b>1.10.</b>		<b>REDUCTORES Y MOTORREDUCTORES</b>	36
	<b>1.10.1.</b>	<b>GENERALIDADES</b>	36
	<b>1.10.2.</b>	<b>GUIA PARA SELECCIONAR UN MOTORREDUCTOR</b>	37
	a.	Características de operación	37
	b.	Características del trabajo a realizar	37
	c.	Condiciones del ambiente	38
	d.	Ejecución del equipo	38
	<b>1.10.3.</b>	<b>POTENCIA DE SELECCIÓN</b>	38
	<b>1.10.4.</b>	<b>MOTORREDUCTORES SIN FIN - CORONA</b>	39
	a.	Potencias y torques	39
	b.	Relaciones de velocidad	40
	c.	Formas constructivas	40
	d.	Especificaciones generales para motorreductores	40
<b>1.11.</b>		<b>RODAMIENTOS</b>	42
	<b>1.11.1.</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO</b>	42
	<b>1.11.2.</b>	<b>TIPOS DE RODAMIENTOS</b>	43
	<b>1.11.3.</b>	<b>RODAMIENTOS SOLICITADOS ESTATICAMENTE</b>	43
	<b>1.11.4.</b>	<b>RODAMIENTOS SOLICITADOS DINÁMICAMENTE</b>	44

1.12.	<b>PLC'S</b>	45
1.12.1.	DEFINICIÓN	45
1.12.2.	PARTES FUNDAMENTALES	45
1.12.3.	ESTRUCTURA DE UN PLC	47
1.12.4.	FUNCIONAMIENTO DEL PLC	47
1.12.5.	PROGRAMAR LA MEMORIA DE UN PLC	48
1.12.6.	NUEVAS TENDENCIAS	49

## CAPÍTULO II

### PARÁMETROS DE REDISEÑO, DISEÑO Y SELECCIÓN

2.1.	<b>REDISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DE SUJECIÓN DEL TUBO MEDIANTE CILINDROS NEUMÁTICOS</b>	50
2.1.1.	ESTRUCTURA INICIAL DEL SISTEMA DE SUJECIÓN	50
2.1.2.	PARÁMETROS DEL REDISEÑO NEUMÁTICO	51
2.1.3.	MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE SUJECIÓN REDISEÑADO	52
2.1.4.	CALCULO DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS	55
a.	Fuerza del cilindro	55
2.1.5.	COMPROBACIÓN DEL REDISEÑO MEDIANTE APLICACIÓN DE CARGAS	62
a.	Análisis del factor de seguridad	62
2.1.6.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE SUJECIÓN DEL TUBO	63
a.	Construcción	63
b.	Montaje	65
2.2.	<b>DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO PARA EL CARRO POSICIONADOR</b>	65
2.2.1.	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO	66
2.2.2.	DISEÑO DEL MODELO COMPUTACIONAL DEL CARRO POSICIONADOR	67
a.	Estructura principal	67
b.	Estructuras secundarias	68
c.	Soldadura	74
d.	Sujeción	76
2.3.	<b>SELECCIÓN DE ELEMENTOS / DISPOSITIVOS</b>	76
2.3.1.	SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS	76
a.	Material	77
b.	Determinación de cargas	78

c.	Selección de rodamientos	80
d.	Análisis de selección de rodamientos	82
e.	Selección de chumaceras de pared	86
f.	Análisis de selección de chumaceras	87
g.	Selección conjunto cadena - catalina	91
h.	Análisis de selección cadena - catalina	92
i.	Análisis del factor de seguridad para las estructuras del carro posicionador	96
2.3.2.	SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS	98
a.	Utilización de electroválvulas	98
b.	Utilización de acoples y manguera	99
c.	Selección del cilindro neumático para el accionamiento de la boquilla matriz	100
2.3.3.	SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS	103
a.	Utilización de motores reductores	103
b.	Utilización del autómatas programable (PLC)	105
c.	Adquisición del tablero de control	105
d.	Construcción del tablero de mando	106
e.	Selección de elementos del tablero de mando	107
f.	Selección de contactores y relés auxiliares	109
g.	Utilización de canaletas y rieles	111
h.	Selección de protecciones eléctricas	112
i.	Utilización de finales de carrera	113

## CAPÍTULO III

### IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO

3.1.	<b>GENERALIDADES</b>	115
3.1.1.	CONTROL DE POSICIÓN	115
3.2.	<b>CONTROL DE LOS MOTORES REDUCTORES</b>	116
3.2.1.	OBJETIVO	116
3.2.2.	CONTROL LINEAL DEL MOTOR REDUCTOR “B” PARA EL DESPLAZAMIENTO DEL CARRO POSICIONADOR	117
a.	Control lineal mediante PLC	118
3.2.3.	CONTROL GRADUAL DEL MOTOR REDUCTOR “C” PARA EL POSICIONAMIENTO DEL CAÑÓN	122
a.	Control gradual mediante PLC	123

<b>3.3.</b>	<b>CALIBRACIÓN DE MICRORRUPTORES Y ACTUADORES</b>	127
<b>3.3.1.</b>	INTRODUCCIÓN	127
<b>3.3.2.</b>	<b>CALIBRACIÓN DE MICRORRUPTORES</b>	127
<b>a.</b>	Calibración de topes en el carro longitudinal	128
<b>b.</b>	Calibración de microrruptores para el control de posición gradual	131
<b>c.</b>	Calibración de microrruptores en el tambor del motor principal “A”	134
<b>3.3.3.</b>	<b>CALIBRACIÓN DE ACTUADORES</b>	135
<b>a.</b>	Análisis de trabajo de electroválvulas	135
<b>b.</b>	Montaje de electroválvulas y unidad de mantenimiento	136
<b>3.4.</b>	<b>PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ASIENTOS</b>	137
<b>3.4.1.</b>	JUSTIFICACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DEL PLC	137
<b>3.4.2.</b>	CONTROL DEL PROCESO MEDIANTE EL PLC TWIDO TWDLCAA24DRF.	139
<b>3.4.3.</b>	PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL EN TWIDOSUITE 2.01.	147
<b>3.4.4.</b>	<b>TABLERO DE CONTROL Y MANDO</b>	155
<b>a.</b>	Cable conductor	156
<b>b.</b>	Montaje e instalación eléctrica del tablero de control	156
<b>c.</b>	Montaje e instalación eléctrica del tablero de mando	159

## **CAPÍTULO IV**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

<b>4.1.</b>	<b>PRUEBAS DEL SISTEMA MECÁNICO</b>	160
<b>4.1.1.</b>	MOVIMIENTO DEL CARRO POSICIONADOR	160
<b>4.1.2.</b>	POSICIONAMIENTO GRADUAL DEL TUBO	161
<b>a.</b>	Transmisión de movimiento	161
<b>b.</b>	Atrapamiento del tubo	162
<b>c.</b>	Accionamiento coordinado de levas para el posicionamiento gradual del tubo	164
<b>4.2.</b>	<b>PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO</b>	165
<b>4.2.1.</b>	ACCIONAMIENTO DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS 1 Y 2 PARA LA SUJECIÓN DEL TUBO	165
<b>4.2.2.</b>	ACCIONAMIENTO DEL CILINDRO NEUMÁTICO 3 PARA EL ATRAPAMIENTO INICIAL DEL TUBO	166
<b>4.2.3.</b>	FUGAS DE AIRE EN EL SISTEMA NEUMÁTICO	167

	DE LA MÁQUINA	
4.3.	<b>PRUEBAS DE SENSORES</b>	168
4.4.	<b>PRUEBA DE SISTEMAS DE CONTROL</b>	168
4.4.1.	COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL EN EL PROGRAMA TWIDOSUITE DEL PLC TWIDO TWDLCAA24DRF	168
4.4.2.	RESULTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL	169
4.5.	<b>PRUEBAS DE SEGURIDADES</b>	171
4.5.1.	SEGURIDAD DEL OPERADOR	171
4.5.2.	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA	172
4.6.	<b>PRUEBA TOTAL DEL FUNCIONAMIENTO EN CONJUNTO DE LA MÁQUINA CURVADORA DE TUBO</b>	173
4.6.1.	PROCESO CONJUNTO ESPALDAR – SENTADERA	173
4.6.2.	PROCESO CONJUNTO ASIENTO	174
4.7.	<b>ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO</b>	175
4.7.1.	ANÁLISIS DE COSTOS	175
	a. Sistema mecánico y neumático	176
	b. Sistema eléctrico	177
4.7.2.	PERÍODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL	178
	a. PRK	178
	b. Información adicional	178
	c. Gasto operacional	179
4.7.3.	RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO	179
4.7.4.	BENEFICIOS DEL PROYECTO	180
4.8.	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	180

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	<b>CONCLUSIONES</b>	181
5.2.	<b>RECOMENDACIONES</b>	182

## INDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1.1</b>	Curvadora de tubo manual	3
<b>Figura 1.2</b>	Curvadora de tubo CNC	4
<b>Figura 1.3</b>	Angulo de curvado	6
<b>Figura 1.4</b>	Curvado por compresión	7
<b>Figura 1.5</b>	Curvado por presión	7
<b>Figura 1.6</b>	Curvado con rodillos	7
<b>Figura 1.7</b>	Curvado con brazo giratorio	7
<b>Figura 1.8</b>	Diagrama típico de esfuerzo - deformación	9
<b>Figura 1.9</b>	Conversiones de dureza	12
<b>Figura 1.10</b>	Resistencias a la fatiga representativas	14
<b>Figura 1.11</b>	Cadena cerrada	18
<b>Figura 1.12</b>	Cadena reforzada	18
<b>Figura 1.13</b>	Cadena de bloques	19
<b>Figura 1.14</b>	Cadena de rodillos	19
<b>Figura 1.15</b>	Cadena silenciosa	20
<b>Figura 1.16</b>	Símbolos neumáticos	21
<b>Figura 1.17</b>	Cilindro neumático de simple y doble efecto	22
<b>Figura 1.18</b>	Gráfico presión – fuerza de cilindros neumáticos	25
<b>Figura 1.19</b>	Tipos de montajes de cilindros	26
<b>Figura 1.20</b>	Pandeo del vástago del pistón	27
<b>Figura 1.21</b>	Tope de detención del pistón del cilindro	28
<b>Figura 1.22</b>	Gráfico del diámetro del vástago	29
<b>Figura 1.23</b>	Unidad de mantenimiento	32
<b>Figura 1.24</b>	Funcionamiento de una electroválvula	36
<b>Figura 1.25</b>	Motorreductor sin fin – corona	39
<b>Figura 1.26</b>	Rodamiento de la marca FAG	42
<b>Figura 1.27</b>	PLC Telemecanique	45
<b>Figura 1.28</b>	Estructura de un PLC	47
<b>Figura 1.29</b>	Panel de programación	48

### CAPÍTULO II

<b>Figura 2.1</b>	Estructura inicial del sistema de sujeción	50
<b>Figura 2.2</b>	Sistema de sujeción CNC	51
<b>Figura 2.3</b>	Modelación del sistema neumático de sujeción	52
<b>Figura 2.4</b>	Simulación del sistema neumático de sujeción	53
<b>Figura 2.4 (a)</b>	Simulación de empuje de émbolos 1 y 2	54
<b>Figura 2.4 (b)</b>	Simulación retroceso de émbolos 1 y 2	55
<b>Figura 2.5</b>	Vista frontal – tubo estructural ASTM 500	57

<b>Figura 2.6</b>	Momento flector máximo (punto medio)	58
<b>Figura 2.7</b>	Camisa extraída del reciclaje	59
<b>Figura 2.8</b>	Distribución de fuerzas durante el curvado	61
<b>Figura 2.9</b>	Simulación matriz semiredonda tubo de 50mm	63
<b>Figura 2.10</b>	Despiece físico del cilindro	64
<b>Figura 2.11</b>	Cilindro neumático	64
<b>Figura 2.12</b>	Montaje de cilindros neumáticos	65
<b>Figura 2.13</b>	Curvadora de tubo marca Margua	67
<b>Figura 2.14</b>	Estructura principal	67
<b>Figura 2.15</b>	Vista lateral	68
<b>Figura 2.16</b>	Vista frontal	68
<b>Figura 2.17</b>	Curvadora de tubo CNC	68
<b>Figura 2.18</b>	Ensamblaje estructura para desplazamiento en el eje “z”	69
<b>Figura 2.19</b>	Estructura lateral izquierda	70
<b>Figura 2.20</b>	Estructura lateral derecha	71
<b>Figura 2.21</b>	Estructura mesa – cañón	72
<b>Figura 2.22</b>	Ensamblaje catalina – eje de transmisión	72
<b>Figura 2.23</b>	Ensamblaje de la cadena sobre el chasis de la máquina	73
<b>Figura 2.24</b>	Partes del carro posicionador	73
<b>Figura 2.25</b>	Pernos de acero grado 8	76
<b>Figura 2.26</b>	Determinación de cargas placa lateral base	78
<b>Figura 2.27</b>	Determinación de cargas posicionador transversal	79
<b>Figura 2.28</b>	Determinación de cargas totales en el carro posicionador	80
<b>Figura 2.29</b>	Determinación carga dinámica	83
<b>Figura 2.30</b>	Valores orientados para el factor de seguridad estático	85
<b>Figura 2.31</b>	Determinación cargas transmisión de movimiento	87
<b>Figura 2.32</b>	Determinación carga dinámica	88
<b>Figura 2.33</b>	Factor de seguridad para motores	93
<b>Figura 2.34</b>	Potencias para cadenas	94
<b>Figura 2.35</b>	Tipos de catalina norma JIS, paso 5/8	95
<b>Figura 2.36</b>	Dimensiones de la catalina tipo SUS 50B – 15	96
<b>Figura 2.37</b>	Simulación estructura de transmisión	97
<b>Figura 2.38</b>	Electroválvula CHELIC 5/2	98
<b>Figura 2.39</b>	Bushing de ½ a ¼	99
<b>Figura 2.40</b>	Acoples rápidos de ¼ a 6 mm	100
<b>Figura 2.41</b>	Manguera neumática de 6 mm	100
<b>Figura 2.42</b>	Accionamiento mecánico de la boquilla	101
<b>Figura 2.43</b>	Cilindro neumático pequeño	102
<b>Figura 2.44</b>	Motorreductor DOGA	104
<b>Figura 2.45</b>	Motorreductor extraído del reciclaje	105
<b>Figura 2.46</b>	Tablero de control	105
<b>Figura 2.47</b>	Tablero de mando	106
<b>Figura 2.48</b>	Selector CAMSCO	107

<b>Figura 2.49</b>	Pulsador CAMSCO	108
<b>Figura 2.50</b>	Luces piloto CAMSCO	109
<b>Figura 2.51</b>	Contactador LS 50	110
<b>Figura 2.52</b>	Relé auxiliar CAMSCO	111
<b>Figura 2.53</b>	Canaleta de 2.5 x 3.8 cm	112
<b>Figura 2.54</b>	Riel DIN	112
<b>Figura 2.55</b>	Fusible de protección	113
<b>Figura 2.56</b>	Final de carrera CAMSCO	114

### CAPÍTULO III

<b>Figura 3.1</b>	Sistema de control de posición	115
<b>Figura 3.2</b>	Motor reductor “B”	117
<b>Figura 3.3</b>	Microrruptor eje “z”	118
<b>Figura 3.4</b>	Motor reductor “C”	123
<b>Figura 3.5</b>	Levas regulables 0° y 90°	123
<b>Figura 3.6</b>	Medidas sentadera	127
<b>Figura 3.7</b>	Medidas espaldar	128
<b>Figura 3.8</b>	Medidas conjunto asiento	128
<b>Figura 3.9</b>	Ubicación longitudinal de topes	131
<b>Figura 3.10</b>	Disposición de finales de carrera y levas en el eje xy	132
<b>Figura 3.11</b>	Final de carrera 1 ubicado a 0°	133
<b>Figura 3.12</b>	Tambor de levas regulable	135
<b>Figura 3.13</b>	Montaje de electroválvulas y unidad de mantenimiento	136
<b>Figura 3.14</b>	PLC Twido TWDLCAA24DRF	139
<b>Figura 3.15</b>	Ventana de inicio TwidoSuite	140
<b>Figura 3.16</b>	Ventana describir – TwidoSuite	141
<b>Figura 3.17</b>	Descripción del módulo, tabla de entradas	142
<b>Figura 3.18</b>	Descripción del módulo, tabla de salidas	142
<b>Figura 3.19</b>	Ventana programar / configurar datos	143
<b>Figura 3.20</b>	Ventana programar / Configurar comportamiento	143
<b>Figura 3.21</b>	Ventana programar / definir protecciones	144
<b>Figura 3.22</b>	Ventana programar / editar programa	144
<b>Figura 3.23</b>	Ventana programar / guardar / analizar	145
<b>Figura 3.24</b>	Ventana simulación	145
<b>Figura 3.25</b>	Ventana depurar / conectar	146
<b>Figura 3.26</b>	Cable de comunicación TSX PCX 1031	147
<b>Figura 3.27</b>	Montaje del tablero de control	156
<b>Figura 3.28</b>	Montaje e instalación de canaletas, rieles y borneras	157
<b>Figura 3.29</b>	Montaje contactores y relés térmicos	157
<b>Figura 3.30</b>	Montaje de fusibles para protección del PLC y relés auxiliares	158
<b>Figura 3.31</b>	Montaje e instalación del autómatas programable	158
<b>Figura 3.32</b>	Montaje e instalación del tablero de mando	159



<b>Figura 3.33</b>	Conexión eléctrica del tablero de mando hacia el de control	159
--------------------	---	-----

## **CAPÍTULO IV**

<b>Figura 4.1</b>	Movimiento del carro posicionador	160
<b>Figura 4.2</b>	Conjunto de rodamientos y ruedas	161
<b>Figura 4.3</b>	Conjunto transmisión de movimiento	161
<b>Figura 4.4</b>	Transmisión de movimiento para el posicionamiento gradual del cañón	162
<b>Figura 4.5</b>	Boquilla diseñada para el atrapamiento del tubo	162
<b>Figura 4.6</b>	Tubo desalineado respecto de la “Torta”	163
<b>Figura 4.7</b>	Implementación base tipo bocín	163
<b>Figura 4.8</b>	Tubo alineado respecto de la “Torta”	164
<b>Figura 4.9</b>	Disposición gradual de levas	164
<b>Figura 4.10</b>	Sujeción óptima del tubo tras la activación del cilindro 1	165
<b>Figura 4.11</b>	Sujeción óptima del tubo tras la activación del cilindro 2	166
<b>Figura 4.12</b>	Mecanismo de atrapamiento del tubo	166
<b>Figura 4.13</b>	Boquilla desactivada	167
<b>Figura 4.14</b>	Boquilla activada	167
<b>Figura 4.15</b>	Prueba de sensores	168
<b>Figura 4.16</b>	Prueba de funcionamiento en el TwidoSuite del selector de mando	169
<b>Figura 4.17</b>	Ventana indicadora de entradas iniciales	169
<b>Figura 4.18</b>	Ventana indicadora de activación de entradas (botón espaldar – sentadera).	170
<b>Figura 4.19</b>	Ventana indicadora de retorno a la posición cero	171
<b>Figura 4.20</b>	Sensor de seguridad – operador	172
<b>Figura 4.21</b>	Sensor de seguridad – máquina	173
<b>Figura 4.22</b>	Seteo de topes	173
<b>Figura 4.23</b>	Resultado proceso conjunto espaldar – sentadera	174
<b>Figura 4.24</b>	Resultado conjunto asiento	174
<b>Figura 4.25</b>	Ensamblaje de asientos	175

## INDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabla 1.1</b>	Comparación de escalas de dureza con resistencia a la tensión	13
<b>Tabla 1.2</b>	Fuerza de empuje y fuerza de restar por el área del vástago	25
<b>Tabla 1.3</b>	Factor de montaje	28
<b>Tabla 1.4</b>	Consumo de aire (litros / cm) de carrera a 6 bar	30
<b>Tabla 1.5</b>	Tipos de válvulas según su construcción	35

### CAPÍTULO II

<b>Tabla 2.1</b>	Propiedades de los aceros estructurales	56
<b>Tabla 2.2</b>	Elementos y/o piezas utilizadas del reciclaje	64
<b>Tabla 2.3</b>	Resistencias mínimas específicas de ciertos aceros ASTM	77
<b>Tabla 2.4</b>	Análisis de datos adquiridos vs datos técnicos de un rodamiento	86
<b>Tabla 2.5</b>	Análisis de datos adquiridos vs datos técnicos de una chumacera	91
<b>Tabla 2.6</b>	Características electroválvula 5/2 CHELIC	99
<b>Tabla 2.7</b>	Propiedades cilindro neumático pequeño	102
<b>Tabla 2.8</b>	Características del motorreductor “B”	103
<b>Tabla 2.9</b>	Características del motorreductor “C”	104
<b>Tabla 2.10</b>	Elementos del tablero de mando	106
<b>Tabla 2.11</b>	Características del selector	107
<b>Tabla 2.12</b>	Características de los pulsadores	107
<b>Tabla 2.13</b>	Características de luces piloto	109
<b>Tabla 2.14</b>	Características de contactores de fuerza	110
<b>Tabla 2.15</b>	Características de relés auxiliares	111
<b>Tabla 2.16</b>	Características de fusibles	113
<b>Tabla 2.17</b>	Características de microrruptores	114

### CAPÍTULO III

<b>Tabla 3.1</b>	Calibración de distancias para el proceso espaldar – sentadera	129
<b>Tabla 3.2</b>	Calibración de distancias para el proceso conjunto asiento	130
<b>Tabla 3.3</b>	Calibración gradual de levas para el proceso espaldar – sentadera	132
<b>Tabla 3.4</b>	Campo de acción de las electroválvulas	136

<b>Tabla 3.5</b>	Análisis de utilización de microcontroladores	137
<b>Tabla 3.6</b>	Análisis de utilización del control numérico computarizado	138
<b>Tabla 3.7</b>	Análisis de utilización de PLC's	138
<b>Tabla 3.8</b>	Determinación de variables del programa	147
<b>Tabla 3.9</b>	Selección de conductores para motores	156

#### **CAPÍTULO IV**

<b>Tabla 4.1</b>	Tabla de resultados posición cero	170
<b>Tabla 4.2</b>	Tabla de resultados activación botón espaldar – sentadera.	170
<b>Tabla 4.3</b>	Tabla de resultados retorno a posición cero.	171
<b>Tabla 4.4</b>	Materiales mecánicos y neumáticos	176
<b>Tabla 4.5</b>	Material eléctrico	177

## ANEXOS

	SISTEMAS NEUMÁTICOS	186
<b>ANEXO A</b>		187
<b>Anexo A - 1</b>	Estructura de los sistemas neumáticos	188
<b>Anexo A - 2</b>	Símbolos neumáticos	193
<b>ANEXO B</b>	PERNOS SEGÚN NORMAS	194
<b>Anexo B - 1</b>	Pernos según normas SAE, ASTM y MÉTRICA	198
<b>ANEXO C</b>	SOLDADURA	199
<b>Anexo C - 1</b>	Designación de códigos	200
<b>Anexo C - 2</b>	Electrodos recubiertos utilizados para soldar	202
<b>Anexo C - 3</b>	Especificación de procedimiento de soldadura (WPS)	204
<b>ANEXO D</b>	SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y/O DISPOSITIVOS	205
<b>Anexo D - 1</b>	Cilindro neumático	206
<b>Anexo D - 2</b>	Rodamientos	208
<b>Anexo D - 3</b>	Chumaceras	210
<b>Anexo D - 4</b>	Selectores, pulsadores y luces indicadoras	212
<b>Anexo D - 5</b>	Contactores LS	213
<b>Anexo D - 6</b>	Conductores eléctricos electrocables	216
<b>Anexo D - 7</b>	Relés auxiliares CAMSCO	217
<b>Anexo D - 8</b>	Fusibles Hager	218
<b>Anexo D - 9</b>	Tubo estructural 40 x 60 x 2 mm	219
<b>ANEXO E</b>	PLC TWDLCAA24DRF	220
<b>Anexo E - 1</b>	Características técnicas del PLC TWDLCAA24DRF	223
<b>Anexo E - 2</b>	Líneas de programación en el PLC TWDLCAA24DRF	254
<b>ANEXO F</b>	FESTO FLUIDSIM NEUMATIC	255
<b>Anexo F - 1</b>	Simulación en FESTO FLUIDSIM NEUMATIC	258
<b>ANEXO G</b>	CIRCUITO DE CONTROL EL SISTEMA NEUMÁTICO	259
<b>Anexo G - 1</b>	Circuito de control del sistema neumático	260
<b>ANEXO H</b>	PLANO ELÉCTRICO	261
<b>ANEXO I</b>	PLANOS MECÁNICOS	262
<b>ANEXO J</b>	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		184

## **RESUMEN**

Este proyecto trata acerca de la automatización de una máquina curvadora de tubo convencional para la empresa de carrocerías “CENTAURO”. La razón del planteamiento del este proyecto, se refleja en la necesidad de optimizar recursos y mejorar tiempos de procesamiento de perfiles de asientos.

En un principio la máquina curvadora de tubo poseía un sistema de sujeción del tubo convencional, es decir el tubo era sujetado mediante dos tornillos sin fin. Lo que se hizo fue reemplazar el mencionado sistema por cilindros neumáticos que actúen de forma coordinada y de acuerdo a la programación asignada a cada tipo de asiento.

Con la finalidad de conseguir el posicionamiento gradual necesario para la elaboración de un perfil de asiento, el operador tenía que posicionar el tubo en forma manual; aquello no garantizaba la exactitud en medidas que se establecen en normas de construcción a las que está sujeta una empresa carrocera; por lo tanto se diseñó y construyó un posicionador gradual automático que garantice la exactitud angular del tubo a ser procesado.

El sistema de sujeción mediante cilindros neumáticos y el posicionador automático están controlados en conjunto por un PLC que luego de ser programado acciona en forma coordinada electroválvulas (cilindros neumáticos) y motor reductores (posicionador) de acuerdo al tipo de asiento seleccionado en el tablero de mando.

Debido a que el motor principal de la máquina es de 5 hp, se instaló dispositivos de seguridad (microruptores) que detienen el proceso en el caso de un posible fallo, aquello minimiza el riesgo de atrapamiento para el operador dentro del radio de giro del brazo de la máquina.

La máquina curvadora de tubo brinda una gran flexibilidad en lo que se refiere al cambio de elementos mecánicos, debido a que estos fueron construidos con materiales del reciclaje, esto hace que los operarios puedan desmontarlos según la necesidad.

## **SUMMARY**

This project deals about the automation of a conventional tube bending machine for CENTAURO Company. The reason for the approach of this project is reflected in the need to optimize resources and improve processing time.

At first the tube bending machine had a conventional systems, it means the tube was attached with two screws but then this conventional system was replaced by pneumatic cylinders to act according to the schedule assigned to each type of seat.

In order to achieve the gradual positioning necessary for developing a profile of the seat, the operator had to position the tube by hand; this action did not guarantee the accuracy measures provided in construction standards, for this reason was designed and built an automatic angular positioner.

The clamping system by pneumatic cylinders and automatic positioner are controlled jointly by a PLC which is programmed in order to operate solenoid valves and motors according to the type of seat selected in the dashboard. Also were installed safety devices that stop the process in case of a possible failure, which minimizes the risk of entrapment to the operator within the radius of machine's rotation.

The tube bending machine offers great flexibility in terms of mechanical changes, because these were built with recycled materials, this means that operators can disassemble as needed.

## **ANTECEDENTES**

Desde los inicios de la revolución industrial, hubo un enorme cambio en la producción de bienes, los procesos que antes se realizaban en forma manual y artesanal, fueron reemplazados por la aparición de máquinas convencionales, las mismas que facilitaron la producción en serie, ayudando a la creación de nuevos productos en un menor tiempo y sin mucho esfuerzo del ser humano.

Desde su creación estas máquinas han sido de gran utilidad para la industria, sin embargo por ser operadas con la ayuda del ser humano, los procesos no son muy exactos, suelen ocurrir errores durante el proceso de curvado, lo que involucra un desperdicio de material, de tiempo y dinero.

Al ser poco común en empresas que manejan procesos automáticos en el curvado de tubería, existe la necesidad de realizar un estudio con el fin de determinar parámetros de diseño que serán de mucha ayuda durante la reprogramación de la máquina.

## **OBJETIVO GENERAL**

AUTOMATIZAR UNA CURVADORA DE TUBO MARCA MARGUA, E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL CURVADO DE TUBOS HASTA 50mm DE DIÁMETRO Y UN ESPESOR DE 2mm PARA LA EMPRESA DE CARROCERIAS “CENTAURO”

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✓ Automatizar el proceso de curvado de tubos para la elaboración de perfiles de asientos.
- ✓ Implementar un posicionador gradual automático.
- ✓ Dotar de memorias y finales de carrera.
- ✓ Implementar un sistema automático para la sujeción de tubos por medio de cilindros neumáticos.
- ✓ Controlar mediante sensores la seguridad operativa de la máquina.



## **JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad la industria carrocera requiere de la optimización de recursos, tiempo y mano de obra; la fabricación de asientos es un proceso muy importante y requiere tanto de rapidez como de exactitud, es así que en una jornada diaria de trabajo se elaboran manualmente un promedio de 35 a 50 asientos, lo que implica un decremento de la capacidad de producción en una empresa de ensamblaje, por tal motivo es necesaria la automatización de dicho proceso.

Este proyecto tiene como finalidad la automatización del proceso de curvado de tubos para la elaboración de asientos, por tanto la máquina constará de un posicionador gradual para la selección del ángulo según el diseño del asiento, se adaptará memorias y finales de carrera, se implementará de un sistema automático para la sujeción del tubo por medio de un mecanismo activado por cilindros neumáticos además de la utilización de dispositivos sensores para la seguridad de la máquina y del operador.

Con la automatización de la máquina para curvado de tubos marca MARGUA se estima duplicar la producción diaria, ya que la empresa de carrocerías “CENTAURO” busca un alto nivel de competitividad, por ello es de trascendental importancia la elaboración de este proyecto.

## **METAS**

- ✓ Contar con el diseño mecánico del posicionador mediante una modelación en el software SolidWorks 2010.
- ✓ Disponer del mecanismo neumático de sujeción mediante el accionamiento coordinado de electroválvulas.
- ✓ Contar con el sistema mecánico de la máquina, construido en base al material reciclado existente en la planta.
- ✓ Tener instalados microrruptores y finales de carrera con el fin de obtener parámetros necesarios para la elaboración y curvado de perfiles de asientos.
- ✓ Disponer de sensores de seguridad que minimicen un posible daño a la integridad del ser humano y de la máquina.
- ✓ Tener control del proceso de curvado de tubos mediante un PLC que accionará los sistemas de la máquina en forma coordinada, esto es de acuerdo a la programación dispuesta.
- ✓ Obtener resultados en función de las pruebas de funcionamiento dispuestas para cada sistema y para la máquina en conjunto.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1.- PROCESO DE CURVADO DE TUBOS.**

Ante la rigidez de las formas rectas, que por naturaleza ofrece el metal, surgió la necesidad de crear una máquina que hiciera posible la obtención de distintas figuras, no sólo por un fin estético, sino también para satisfacer las necesidades de mercados como el de muebles, motopartes, griferías, máquinas de gimnasio, ventanería arquitectónica, forja, etc. Partiendo de un insumo básico: el tubo, muy diferente a las barras macizas de acero, aluminio o de los perfiles, dado que el primero presenta una forma hueca, se dobla fácilmente y tiene cómodo precio.

Precisamente, las máquinas que hacen posible este trabajo son las curvadoras de tubos, equipos de los que hoy existe una amplia variedad y que ofrecen distintas posibilidades de uso de acuerdo a su grado de innovación, incluyendo funciones de doblado de platinas y ángulos, curvados en espiral para escaleras, embutidos de tubería y hasta corte, entre otros servicios.

Sin duda, la capacidad que tienen estos equipos de curvar tubos fácilmente junto con otros servicios técnicos que prestan, las han convertido en herramientas indispensables para la industria metalmeccánica actual que demanda piezas de calidad, en tiempos muy cortos y con volúmenes importantes.

### **1.2.- PARTES PRINCIPALES DE UNA MÁQUINA PARA CURVADO DE TUBOS.**

La simplicidad de la curvadora de tubos, independientemente de su grado de automatización, está fundamentada en el funcionamiento de sus tres partes básicas: una palanca, un motor y un eje de rotación, que se explican a continuación:

### **1.2.1.- PALANCA.**

Funciona partiendo de un principio básico de la física, es decir, una barra recta, angular o curva que se apoya sobre un punto específico y transmite una fuerza. Para ser más puntual, la física plantea tres tipos de palancas que varían de acuerdo a la posición de tres puntos: apoyo, resistencia y potencia. En el caso de la dobladora de tubos, la palanca funciona como el punto de apoyo que, a su vez, trabaja con un eje de rotación (resistencia) conducido por un motor (potencia).

El objetivo de la palanca es determinar el giro y ángulo de rotación indicado (manual o automáticamente) que, impulsado por el motor, activa el eje de rotación, lo que en teoría es la aplicación de las palancas de tercer género es decir, la potencia se encuentra entre el punto de apoyo y la resistencia.

### **1.2.2.- EJE DE ROTACIÓN.**

Es un disco metálico que tiene como función dar la forma y ángulo del doblado del tubo. Su tamaño depende de la pieza y del nivel de rotación pues no es lo mismo curvar un tubo para una cama, a 90°, que doblarlo en tres direcciones distintas para armar una máquina de gimnasio; ya que en el primer caso basta con un disco pequeño por la facilidad del doblado, mientras que en el segundo, se requiere un disco con un diámetro ancho y potente que tenga la capacidad de curvar el tubo sin deformarlo.

### **1.2.3.- MOTOR.**

El eje de rotación y la palanca no son suficientes para vencer la rigidez de un tubo, por tal razón el motor es el mecanismo que produce la fuerza encargada de vencer esa resistencia. Al igual que el eje de rotación, la fuerza del motor varía de acuerdo al tamaño del eje de rotación y de las características del tubo.

### **1.3.- TIPOS DE MÁQUINAS PARA CURVADO DE TUBOS.**

#### **1.3.1.- CURVADORA DE TUBO MANUAL.**

Conformada por una palanca manual, un eje de rotación y un motor con poca potencia, esta máquina responde en primer momento a la demanda básica de cualquier taller o pequeña industria, en la que se produzcan pocos codos por pieza. La palanca es manual porque en este caso, el encargado de la máquina calibra el equipo para el proceso de curvado, es decir, coloca el tubo, determina el ángulo de rotación, con sus manos activa el proceso de doblado y cambia la posición del tubo, si requiere el doblado en otra dirección. A continuación la figura 1.1 muestra una curvadora de tubo manual.



**Figura 1.1.-** Curvadora de tubo manual.

#### **1.3.2.- MÁQUINA DE CURVADO DE TUBOS N.C - CONTROL NUMÉRICO.**

Su innovación reside en la capacidad que tienen de programar el ángulo de curvado, sin necesidad de que éste sea ajustado a través de la palanca, pero esto no quiere decir que ésta desaparezca, su función es garantizar el ajuste precisamente del ángulo de curvado. Este tipo de máquinas poseen motores más potentes y trabajan a un ritmo más dinámico que las manuales, por lo que logran un doblado

ágil a diferencia del trabajo realizado por un obrero, que debe accionar la palanca y tener cuidado de no romper el tubo durante el proceso.

### **1.3.3.- MÁQUINA DE CURVADO DE TUBO CNC - CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO.**

Son las máquinas de su tipo, más avanzadas del mercado. Su software permite obtener distintos ángulos y direcciones de rotación, así como estimar el tiempo que durará el proceso de curvado, dependiendo de las especificaciones programadas por el usuario.

En el momento de graduar distancias varias de curvado en un sólo tubo, estas máquinas dejan a un lado los posicionadores, graduados manualmente por los operarios, para automatizarlos en el software, lo que conduce al tubo a reproducir fielmente la forma que se haya programado en la máquina. En la figura 1.2 se observa una máquina curvadora de tubo CNC.



**Figura 1.2.-** Curvadora de tubo CNC.

## **1.4.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CURVADO DE TUBOS.**

### **1.4.1.- ESPESOR DEL TUBO.**

Variable determinada por el tipo de material usado, el posible uso de la pieza fabricada y que está expresado generalmente en calibre o milímetros. De este valor depende mucho el resultado del doblado.

#### **1.4.2.- DIÁMETRO INTERNO Y EXTERNO DE LAS PAREDES.**

Esta variable permite evaluar significativamente hasta que radio puede ser curvado un tubo.

#### **1.4.3.- RADIO MÍNIMO Y MÁXIMO.**

Por lo general está asociado al grado de curvatura del tubo.

#### **1.4.4.- DUREZA.**

Materiales sintéticos polímetros que permiten una curvatura perfecta sin ningún tipo de alteración o cambio visible en el material, son los ideales para esta aplicación.

### **1.5.- PRINCIPIO DE CURVADO.**

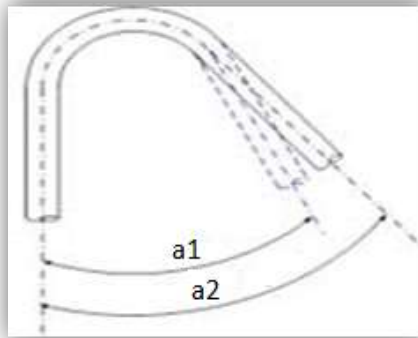
La norma DIN 8582 define el curvado como el proceso de deformación plástica o permanente que sufre un material tras aplicar sobre el mismo un determinado esfuerzo flector. El curvado se efectúa en frío, ya que sólo los espesores muy gruesos requieren un calentamiento previo.

#### **1.5.1.- FUNDAMENTO FÍSICO.**

La deformación plástica se produce tras sobrepasar la tensión de fluencia (**Re**) propia de cada material. Como la deformación elástica es reversible, el material recupera parte de su forma inicial tras el curvado. La suma de ambos procesos genera una serie de fenómenos colaterales, como la reducción del ángulo de curvado, elongación del tubo, ovalización de la sección, pérdidas de espesor, etc.

#### **1.5.2.- RECUPERACIÓN ELÁSTICA.**

Debido al carácter elástico del material, la pieza curvada recupera parcialmente su forma inicial disminuyendo ligeramente su ángulo de curvado final (de  $a_1$  a  $a_2$ ) como se observa en la figura 1.3.



**Figura 1.3.-** Ángulo de curvado.

### 1.5.3.- MOMENTO FLECTOR.

Una máquina podrá curvar satisfactoriamente una determinada pieza cuando su momento flector **Mf** (par de curvado) sea superior al momento resistente del material. Para determinar qué máquina es la más adecuada para cada producto, puede calcularse el módulo resistente (**W**) del mismo y seleccionarse una máquina con un módulo mayor. Como se desconoce la tensión aplicada en cada momento a cada pieza, se toma como valor máximo su resistencia a la tracción (**Rt**):

$$M_{f\text{máx}} = R_t * W$$

### 1.5.4.- MÓDULO RESISTENTE.

El módulo resistente depende de la geometría de cada pieza y de su eje de giro. Para tubos de sección circular, diámetro exterior **D** y espesor **e**, el módulo resistente se calcula mediante la siguiente ecuación:

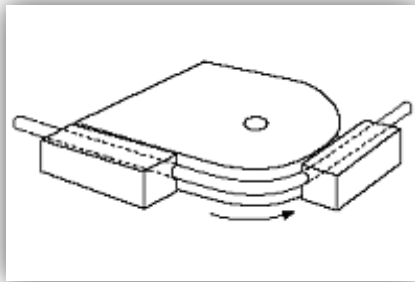
$$W = \frac{\pi}{32} \left( \frac{D^4 - (D - 2e)^4}{D} \right)$$

### 1.6.- TÉCNICAS DE CURVADO.

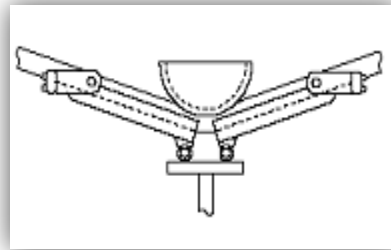
Existen diferentes técnicas de curvado, entre las cuales pueden destacarse como más habituales las siguientes:



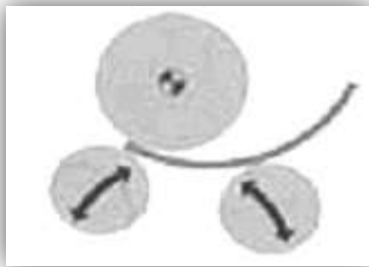
- Curvado por compresión (Figura 1.4).
- Curvado por presión (Figura 1.5).
- Curvado con rodillos (Figura 1.6).
- Curvado con brazo giratorio (Figura 1.7).



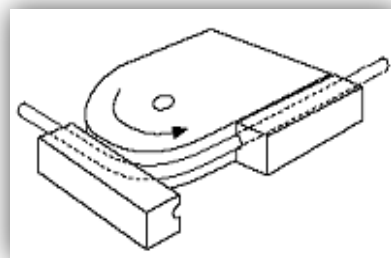
**Figura 1.4.-** Curvado por compresión.



**Figura 1.5.-** Curvado por presión.



**Figura 1.6.-** Curvado con rodillos



**Figura 1.7.-** Curvado con brazo giratorio.

## 1.7.- SELECCIÓN DE MATERIALES.<sup>1</sup>

Una de las tareas más importantes de un diseñador es especificar el material con el cual se fabricará un componente individual de un producto. En la decisión se debe considerar una cantidad gigantesca de factores.

El proceso de seleccionar un material debe comenzar con el claro entendimiento de las funciones y requisitos del diseño del producto y del componente individual, entonces, el diseñador debe considerar interrelaciones como las siguientes:

<sup>1</sup> DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS - Robert L. Mott, Cuarta Edición, Pearson Education, pág.33.

- Las funciones del componente.
- Forma del componente.
- El material con el cual se debe fabricar el componente.
- El proceso de manufactura usado para producir el componente.

Se deben detallar los requisitos generales de funcionamiento del componente. En ellos incluyen, por ejemplo:

- La naturaleza de las fuerzas aplicadas al componente.
- Los tipos y magnitudes de los esfuerzos creados por las fuerzas aplicadas.
- La deformación admisible del componente en sus puntos críticos.
- Las conexiones con otros componentes del producto.
- El ambiente en el que debe funcionar el componente.
- El tamaño físico y el peso del componente.
- Factores estéticos que se esperan del componente y del producto en general.
- Las metas de costos del producto en su totalidad y del componente en particular.
- Anticipar los procesos de manufactura disponibles.

Con un conocimiento mayor de las condiciones específicas, se puede elaborar una lista mucho más detallada. Con frecuencia se incluye los siguientes ejemplos:

1. Resistencia, indicada por la resistencia última a la tensión, resistencia de fluencia, resistencia a la compresión, resistencia a la fatiga, resistencia al cortante y otras.
2. Rigidez, indicada por el módulo de elasticidad en tensión, modulo de elasticidad en cortante o modulo deflexión.
3. Peso y masa, indicados por el peso específico o la densidad.
4. Ductilidad, indicada por el porcentaje de elongación.
5. Tenacidad, indicada por la energía de impacto
6. Costo del material.
7. Costo de procesar el material.

### 1.7.1.- FILOSOFÍA DE UN DISEÑO SEGURO.

Todos los métodos de diseño aseguran que el valor del esfuerzo sea menor que la fluencia en materiales dúctiles, al garantizar, en forma automática que la pieza no se fracture bajo una carga estática. Para materiales frágiles se asegura que los valores de esfuerzo estén muy por debajo de la resistencia última a la tensión.

Existen dos modos de falla que se aplican a los elementos de máquina; éstos son la fatiga y el desgaste. La **fatiga** es la respuesta de una parte sometida a cargas repetidas. El *desgaste* se describe como el deterioro del material con el que está construido un elemento de la máquina.

### 1.7.2.- PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

#### a.- Resistencia a la tensión ( $s_u$ ).

A veces se le llama resistencia última o simplemente resistencia a la tensión, y es el punto máximo de la curva esfuerzo - deformación unitaria. En ese punto de la prueba se mide el máximo esfuerzo aparente e una barra de prueba del material. Sin embargo, al observar en la figura 1.8, se obtiene la grafica de carga contra deflexión en lugar del esfuerzo real contra deformación unitaria. El esfuerzo aparente se calcula al dividir la carga entre el área de la sección transversal original de la barra de prueba.

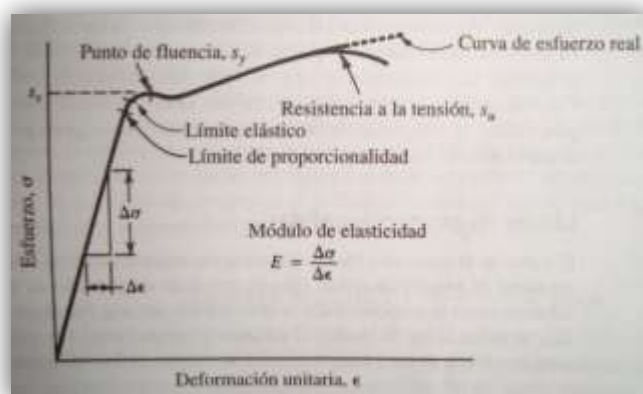


Figura 1.8.- Diagrama típico de esfuerzo-deformación.

### **b.- Resistencia a la fluencia ( $s_y$ ).**

También conocida como resistencia de cedencia, es la parte del diagrama esfuerzo - deformación unitaria donde hay un gran incremento de la deformación con poco o ningún aumento del esfuerzo. Esta propiedad indica que, en realidad, el material ha cedido o se ha alargado en gran medida y en forma plástica y permanente. Si el punto de fluencia es muy notable como en la figura 1.8, a la propiedad se la llama punto de fluencia o de cedencia y no resistencia de fluencia.

### **c.- Límite de proporcionalidad.**

El punto de la curva de esfuerzo - deformación unitaria mostrado en la figura 1.8, donde se desvía de una línea recta se llama límite de proporcionalidad. Esto es, por abajo de este valor de esfuerzo, u otros mayores, el esfuerzo ya no es proporcional a la deformación unitaria. Por abajo del límite de proporcionalidad, se aplica la ley de Hooke: *El esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria.* En el diseño mecánico es poco común utilizar los materiales arriba del límite de proporcionalidad.

### **d.- Límite elástico.**

En algún punto, llamado límite elástico, el material tiene cierta cantidad de deformación plástica, por lo que no regresa a su forma original después de liberar carga. Por debajo de este nivel, el material se comporta en forma totalmente elástica. El límite de proporcionalidad y el límite elástico están bastante cerca de la resistencia de fluencia. Como son difíciles de determinar, rara vez se les cita.

### **e.- Módulo de elasticidad en tensión (E).**

Para la parte rectilínea del diagrama esfuerzo - deformación unitaria, el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria y el valor de E, es la constante de proporcionalidad, esto es:

$$E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{deformación unitaria}} = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Esta es la pendiente de la parte rectilínea del programa. El módulo de elasticidad indica la rigidez o resistencia a la deformación del material.

#### **f.- Ductilidad y porcentaje de elongación.**

La ductilidad es el grado en el cual un material se deforma antes de su fractura final. Lo contrario de la ductilidad es la fragilidad. Cuando se usan materiales dúctiles en elementos de máquinas, se detecta con facilidad la inminente falla, y es rara una falla repentina. También los materiales dúctiles resisten, bajo condiciones normales, las cargas repetidas sobre los elementos de máquina mejor que los materiales frágiles.

La medida usual de la ductilidad es el porcentaje de elongación o de alargamiento del material cuando se fractura en una prueba normalizada de tensión. El porcentaje de elongación es la diferencia entre la longitud final y la longitud original, dividida entre la longitud original y convertida a porcentaje. Esto es:

$$\text{porcentaje de elongación} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100\%$$

#### **g.- Resistencia al corte (Sys y Sus).**

Tanto la resistencia a la fluencia como la resistencia última al corte ( $s_{ys}$  y  $s_{us}$ , respectivamente) son importantes propiedades de los materiales. Desafortunadamente rara vez se mencionan estos valores. Se usan las siguientes estimaciones:

$$s_{ys} = 0.50 * s_y = \text{resistencia de fluencia al corte}$$

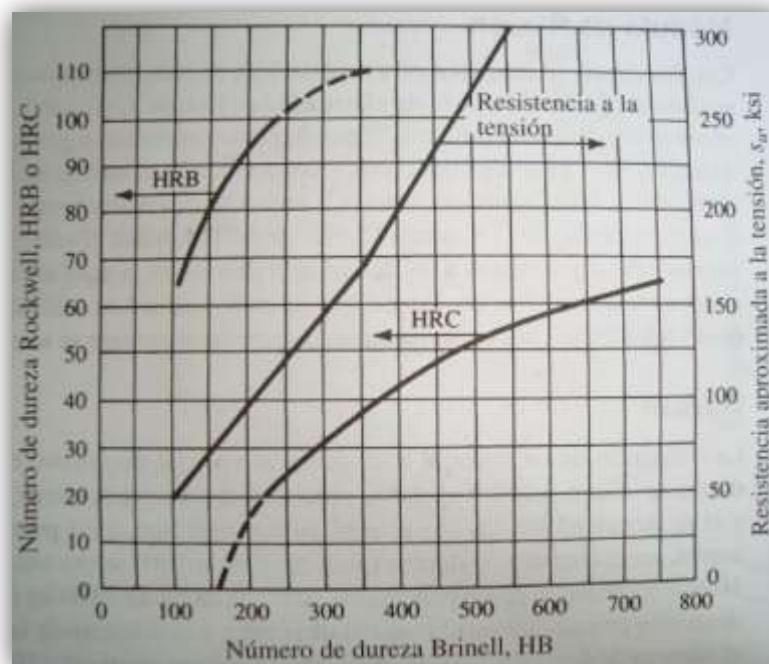
$$s_{us} = 0.75 * s_u = \text{resistencia última al corte}$$

## h.- Dureza.

La resistencia de un material a ser penetrado por un dispositivo es indicativa de su *dureza*. La dureza se mide en varios aparatos, procedimientos y penetradores; el probador de dureza Brinell y el de Rockwell son los que se utilizan con más frecuencia para elementos de máquina. Para aceros, en el medidor de dureza Brinell se usa una bola de acero endurecido de 10mm de diámetro como penetrador, bajo una carga de 3000 Kg de fuerza. La carga causa una *indentación* permanente en el material de prueba, y el diámetro de la indentación se relaciona con el número de dureza Brinell BHN (*Brinell Hardness Number*) o HB (*Hardness Brinell*).

$$0.50 (HB) = \text{resistencia aproximada a la tensión (ksi)}$$

Esta relación se la puede observar en la figura 1.9.



**Figura 1.9.-** Conversiones de dureza.

Para comparar las escalas de dureza con la resistencia a la tensión, se considera la tabla 1.1, allí se observa que existe algún traslape entre las escalas HRB y HRC.

Con frecuencia, se usa HRB para los materiales más suaves, y va de aproximadamente 60 a 100, mientras que HRC se utiliza para los materiales más duros, y va de 20 a 65. No se recomienda usar números HRB mayores que 100, o HRC menores que 20.

**Tabla 1.1.-** Comparación de escalas de dureza con resistencia a la tensión.

Material y Condición	Dureza			Resistencia a la tensión	
	HB	HRB	HRC	Ksi	MPa
1020 recocido	121	70		60	414
1040 laminado en caliente	144	79		72	496
4140 recocido	197	93	13	95	655
4140 OQT 1000	341	109	37	168	1160
4140 OQT 700	461		49	231	1590

#### **i.- Maquinabilidad.**

La *maquinabilidad* se relaciona con la facilidad con que se puede maquinar un material para obtener un buen acabado superficial con una duración razonable de la herramienta. Las tasas de producción se ven directamente afectadas por la facilidad de maquinado. Es difícil definir propiedades mensurables que se relacionen con maquinabilidad, por lo que esta propiedad se suele mencionar en términos comparativos, que relacionan el desempeño de determinado material en relación con un patrón.

#### **j.- Tenacidad, Energía de impacto.**

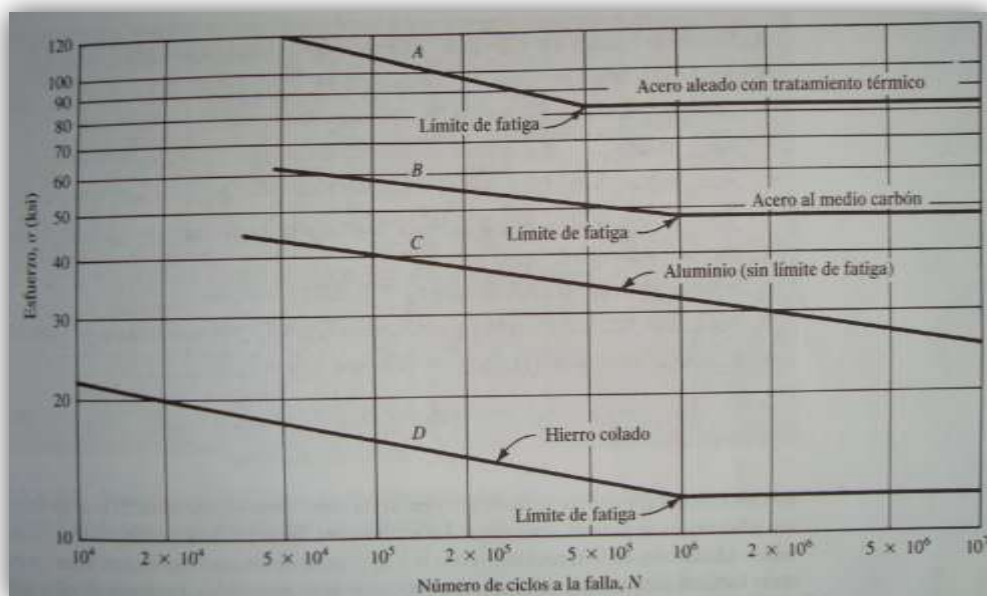
La *tenacidad* es la capacidad de un material para absorber la energía que se le aplica sin fractura. Las piezas sometidas a cargas aplicadas repentinamente, a

choques o a impacto, necesitan tener un alto nivel de tenacidad. Para medir la cantidad de energía necesaria para romper determinado espécimen hecho con el material que interesa, se emplean varios métodos. Al valor de absorción de energía en estas pruebas se le llama con frecuencia *energía de impacto*, o *resistencia al impacto*. Sin embargo, es importante observar que el valor real depende mucho de la naturaleza de la muestra, en particular de su geometría.

#### k.- Resistencia a la fatiga.

La *resistencia a la fatiga* de un material es su capacidad de resistir cargas de fatiga. En general, es el valor del esfuerzo que puede resistir un material durante una cantidad dada de ciclos de carga. Si la cantidad de ciclos es infinita, el valor del esfuerzo se llama *límite de fatiga*.

Las resistencias a la fatiga se suelen graficar como en la figura 1.10, donde se muestra un diagrama S-N (o *diagrama esfuerzo-ciclos*). Las curvas A, B y D representan un material que si tiene un límite de fatiga, como puede ser el acero al carbono simple.



**Figura 1.10.-** Resistencias a la fatiga representativas.



### **1.7.3.- FACTOR DE DISEÑO O FACTOR DE SEGURIDAD (FDS).**

El factor de diseño FDS, es una medida de seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricará el componente se divide entre el factor de diseño para determinar un *esfuerzo de diseño*,  $\sigma_d$ , que a veces se llama *esfuerzo admisible* o *esfuerzo permisible*. Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño. Para algunos tipos de cargas, es más cómodo establecer una relación con la que se pueda calcular el factor de seguridad FDS, a partir de los esfuerzos reales aplicados y de la resistencia del material.

El diseñador debe determinar cuál será el valor razonable del factor de seguridad en determinado caso. Con frecuencia, el valor del factor de seguridad está definido por códigos establecidos por organizaciones de normalización, como la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos, entre otras. Para estructuras, con frecuencia son los reglamentos de construcción local o estatal que indican los factores de diseño o factores de seguridad.

Cuando no se cuenta con códigos o normas, el diseñador debe aplicar su juicio para especificar el factor de seguridad adecuado. Parte de la filosofía de diseño, se refiere a asuntos como la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas sobre el componente que se va a diseñar, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplean en el proceso de diseño. Todas estas consideraciones afectan la decisión acerca de qué valor del factor de diseño es el adecuado, a continuación se establecen los siguientes lineamientos.

#### **a.- Materiales dúctiles.**

- 1. FDS = 1.25 a 2.0.** El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.

2. **FDS = 2.0 a 2.5.** Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
3. **FDS = 2.5 a 4.0.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4. **FDS = 4.0 o más.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

#### **b.- Materiales frágiles.**

1. **FDS = 3.0 a 4.0.** Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2. **FDS = 4.0 a 8.0.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

En general, el diseño para carga estática implica aplicar el factor de seguridad a la resistencia de fluencia, o a la resistencia última del material. En las cargas dinámicas se requiere la aplicación del factor de diseño a la resistencia a la fatiga.

## **1.8.- TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO POR BANDA Y CADENA.**

Las bandas y las cadenas son los tipos principales de elementos flexibles de transmisión de potencia. Las bandas trabajan con poleas, mientras que las cadenas trabajan con ruedas dentadas llamadas catalinas.

### **1.8.1.- TRANSMISIÓN POR BANDA.**

Una banda es un elemento flexible de transmisión de potencia que asienta firmemente en un conjunto de poleas. La figura 1.11 muestra la distribución

básica. Cuando se usa la banda para reducir la velocidad que es el caso típico, la polea menor se monta en el eje de alta velocidad, que puede ser el eje de un motor eléctrico. La polea mayor se monta en la máquina impulsada. La banda se diseña para montarse en las dos poleas, sin resbalamiento.

### **1.8.2.- TRANSMISIÓN POR CADENA.**

La transmisión por cadena se usa cuando se requiere una acción segura y cuando se desea obtener un conjunto menos voluminoso que si se usara correa plana. En general, la potencia se transmite a menor distancia con cadena que con correa plana. Las poleas en esta clase de transmisión tienen superficies de la forma adecuada al tipo de cadena usado. Poleas y cadenas se construyen en una gran variedad de formas de acuerdo con el servicio que han de prestar.

Los distintos tipos de cadenas usados en la industria pueden clasificarse así:

#### ***Cadenas para soporte y elevación:***

- Cerrada.
- Reforzada.

#### ***Cadenas para transporte y elevación:***

- Separable o de ganchos.
- De ganchos cerrados.

#### ***Cadenas para transmisión de potencia:***

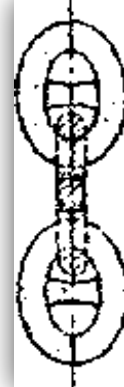
- De bloques.
- De rodillos.
- Silenciosa.

### **a.- Cadenas para soporte y elevación.**

La cadena cerrada se usa en grúas, dragadoras, etc., y la cadena reforzada se usa principalmente en la marina en anclas y amarres. La ventaja, principal de la segunda sobre la primera es que no se engancha ni se enreda tan fácilmente.



**Figura 1.11.-** Cadena cerrada.



**Figura 1.12.-** Cadena reforzada.

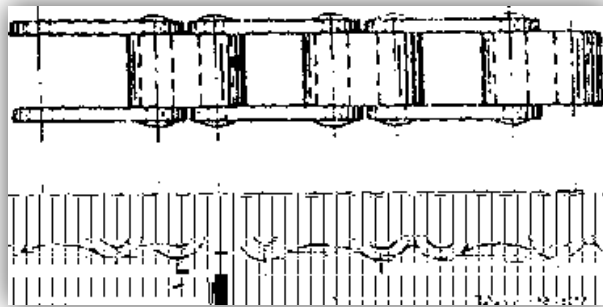
### **b.- Cadenas para transporte y elevación.**

Estas cadenas se emplean para transportar y elevar toda clase de materiales en condiciones muy variables. La cadena separable o de ganchos es muy usada, pero no se adapta bien a los materiales predominantemente arenosos. También se usa en algunos casos para transmitir potencia cuando las velocidades son reducidas. La cadena de ganchos cerrados, se emplea para transporte y elevación de materiales arenosos y para transmitir potencia a velocidades moderadas.

### **c.- Cadenas para transmisión de potencia.**

Las cadenas estudiadas en los párrafos anteriores no son útiles para aquellos casos en que se precisen velocidades superiores a los 200 m/min, y, por lo tanto, no son adecuadas para, transmitir potencia a velocidades por encima de este límite. Para ello se construyen, con bastante precisión, cadenas especiales para transmitir potencia.

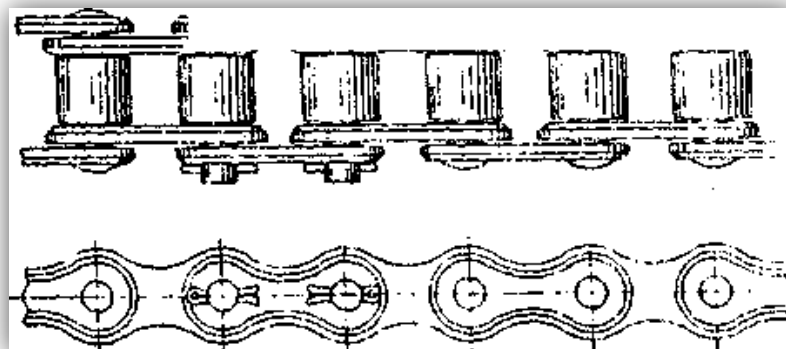
La figura 1.13 muestra una cadena de bloques. Como su nombre indica, esta cadena está formada por bloques macizos de acero de forma semejante a la letra B o a la cifra 8, a los cuales se unen los laterales por medio de remaches de acero endurecido. Las cadenas de bloques son más económicas que las de rodillos o las silenciosas, y han demostrado ser satisfactorias en transmisiones de poca potencia con velocidades por debajo de 250-300 m/min.



**Figura 1.13.-** Cadena de bloques.

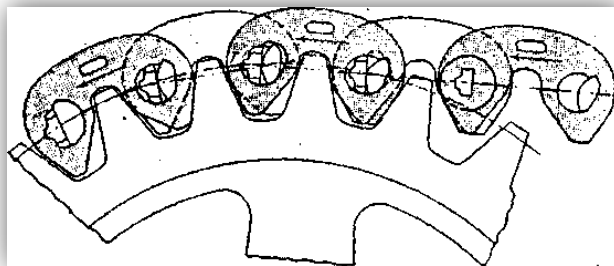
En la figura 1.14 se muestra una típica cadena de rodillos, este tipo de cadenas se usa, con alguna extensión, en vehículos automóviles, especialmente en camiones, así como para transmisiones de potencia en general.

El límite de velocidad para uso general es, aproximadamente, de 500 m/min, con lubricación adecuada.



**Figura 1.14.-** Cadena de rodillos.

El tipo de cadena más usado para transmitir potencia a velocidades relativamente elevadas es la cadena silenciosa. Hay varias conocidas marcas, actualmente en uso, que funcionan satisfactoriamente a altas velocidades. Un ejemplo servirá para mostrar este tipo de cadenas, ya que todos en general tienen sus eslabones de la misma forma, difieren únicamente en la manera de unirse. Si está bien diseñado y construido, un sistema de transmisión por cadena silenciosa es tan eficiente como un engranaje para las mismas condiciones de funcionamiento.



**Figura 1.15.-** Cadena Silenciosa.

Cuando es esencial la seguridad de la transmisión y los ejes están demasiado separados para usar engranajes, se suelen emplear cadenas silenciosas. Además, se adaptan bien para transmisiones de potencia económicas a velocidades de 400-500 m/min, y los tamaños más pequeños de cadenas pueden funcionar hasta a más de 600 m/min.

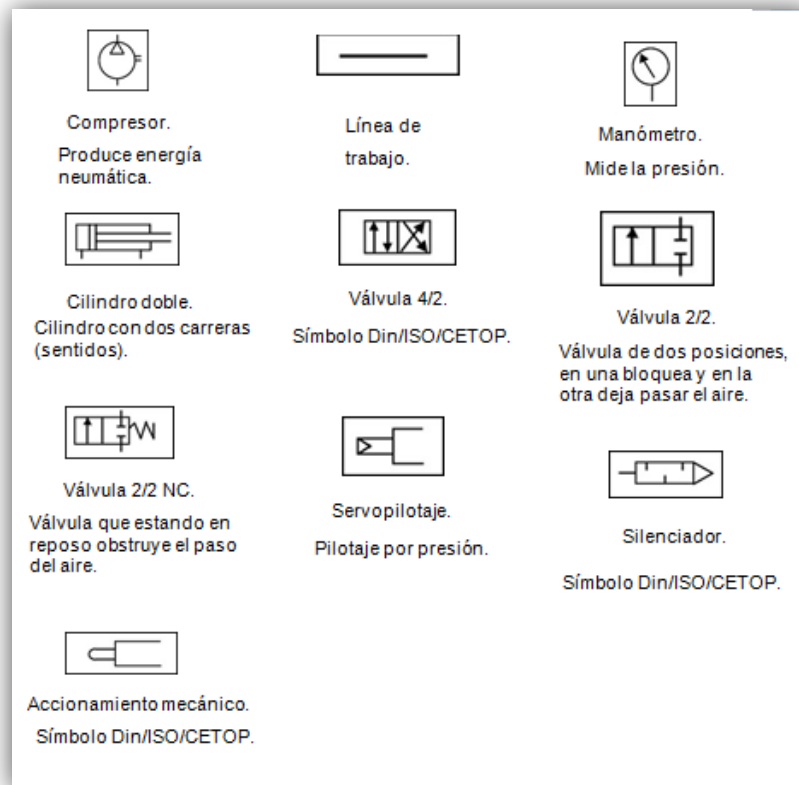
## **1.9.- NEUMÁTICA.<sup>2</sup>**

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.

<sup>2</sup> DISPOSITIVOS NEUMÁTICOS - Introducción y Fundamentos - W. Depperty K. Stoll, Marcombo bolxaren editores  
Barcelona-Mexico.

### 1.9.1.- SÍMBOLOS NEUMÁTICOS.

Para representar elementos del sistema se utilizaron los siguientes símbolos:



**Figura1.16.-** Símbolos Neumáticos.<sup>3</sup>

En el **Anexo A - 2** se detalla la simbología neumática.

### 1.9.2.- CILINDRO NEUMÁTICO DE MOVIMIENTO LINEAL.<sup>4</sup>

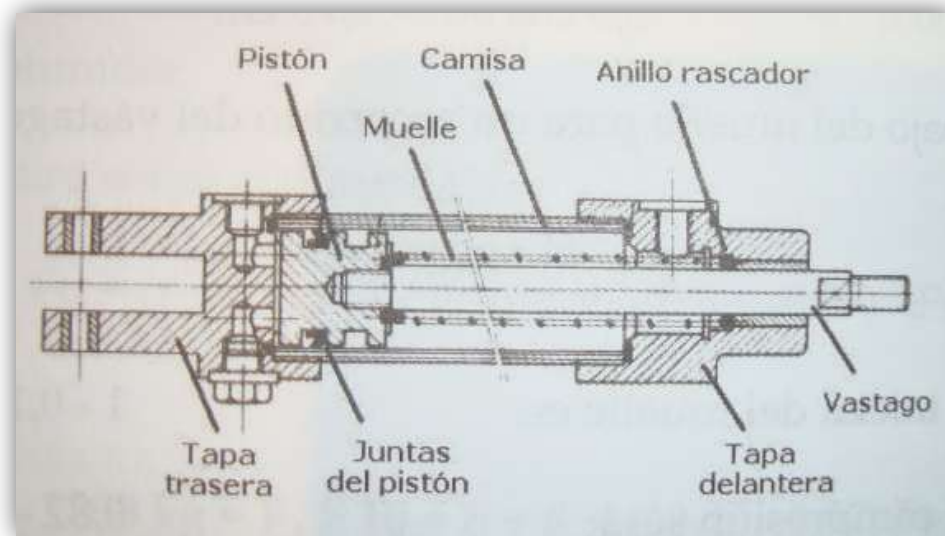
#### a.- Generalidades.

El cilindro neumático consiste en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y se transmite su movimiento al exterior mediante un vástago (Figura 1.17).

<sup>3</sup> [http://www.sapiensman.com/simbolos\\_neumaticos.mht](http://www.sapiensman.com/simbolos_neumaticos.mht).

<sup>4</sup> NEUMÁTICA E HIDRÁULICA - Creus Antonio – Primera edición, págs. 26 - 43.

Se compone de las tapas trasera y delantera, de la camisa donde se mueve el pistón, del propio pistón, de las juntas estáticas y dinámicas del pistón y del anillo rascador que limpia el vástago de suciedad.



**Figura 1.17.-** Cilindro neumático de simple efecto y doble efecto.

En el **cilindro neumático de doble efecto**, el aire a presión entra por el orificio de la cámara trasera y, al llenarla, hace avanzar el vástago, que en su carrera comprime el aire de la cámara delantera que se escapa al exterior a través del correspondiente orificio.

En la carrera inversa del vástago se invierte el proceso, penetrando ahora el aire por la cámara delantera y siendo evacuado al exterior por el orificio de la cámara trasera.

El **cilindro neumático de simple efecto** funciona de forma similar exceptuando que la carrera inversa se efectúa gracias a la acción del muelle.

En el **cilindro neumático guiado**, dos o más vástagos rígidos guiados proporcionan una anti rotación al mecanismo acoplado al cilindro, evitando las fuerzas radiales y de torsión que la carga ejercía en un cilindro normal.



El *cilindro neumático de impacto* mueve el vástago a gran velocidad (10 m/s) y se utiliza en las prensas para trabajos de embutición, remachado, etc.

El *cilindro neumático de rotación* proporciona un movimiento de rotación gracias a una cremallera unida al vástago o a un elemento rotativo de paletas.

## **b.- Cálculo de cilindros neumáticos.**

Las principales variables a considerar en la selección de los cilindros neumáticos son la fuerza del cilindro, la carga, el consumo de aire y la velocidad del pistón.

### ***b.1.- Fuerza del cilindro.***

La fuerza del cilindro es una función del diámetro del cilindro, de la presión del aire y del roce del émbolo, que depende de la velocidad del émbolo y que se toma en el momento de arranque. La fuerza que el aire ejerce sobre el pistón es:

$$F = P_{aire} * A_{pistón}$$

Trabajando en unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI), la longitud es el metro (m), la fuerza viene dada en newton (N) y la presión en Pascal (Pa) que es la presión ejercida por una fuerza de 1N (Newton) sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup> normal a la misma, o sea N/m<sup>2</sup>. Como el Pascal es una unidad muy pequeña se utiliza el bar equivalente a 100000 pascal. Otras equivalencias del bar con unidades de presión son:

$$1Bar = 0.987 atmósfera = 1.02 \frac{Kg}{cm^2} = 1.020 cm. c. d. a. = 750 mm. c. d. Hg$$

Para comodidad de cálculo se utiliza la fuerza en newton, la presión en bar, el diámetro en mm, y la superficie en mm<sup>2</sup>. De este modo, la fórmula anterior pasa a ser:

$$F = P_{aire}(bar) * 100000 * \frac{Area\ pistón\ (mm^2)}{1000000}$$

$$F = \frac{P_{aire}(bar) * Area\ pistón\ (mm^2)}{10}$$

Para los cilindros de simple efecto (Figura 1.17), la fuerza es la diferencia entre la fuerza del aire y la del muelle.

$$F = \frac{P_{aire} * Area\ pistón}{10} - f_{muelle} = P_{aire} * \frac{\pi * D^2}{40} - f_{muelle}$$

Con:

$F$  = Fuerza (newton).

$D$  = Diámetro cilindro (mm).

$P_{aire}$  = Presión del aire (bar).

$F_{muelle}$  = Fuerza muelle (newton).

Los cilindros de doble efecto (Figura 1.17) no cuentan con un resorte para volver a su posición de equilibrio, así su fuerza no disminuye en la carrera de avance, pero si en su carrera de retroceso, debido a la disminución del área del émbolo por la existencia del vástago. Las expresiones matemáticas correspondientes son:

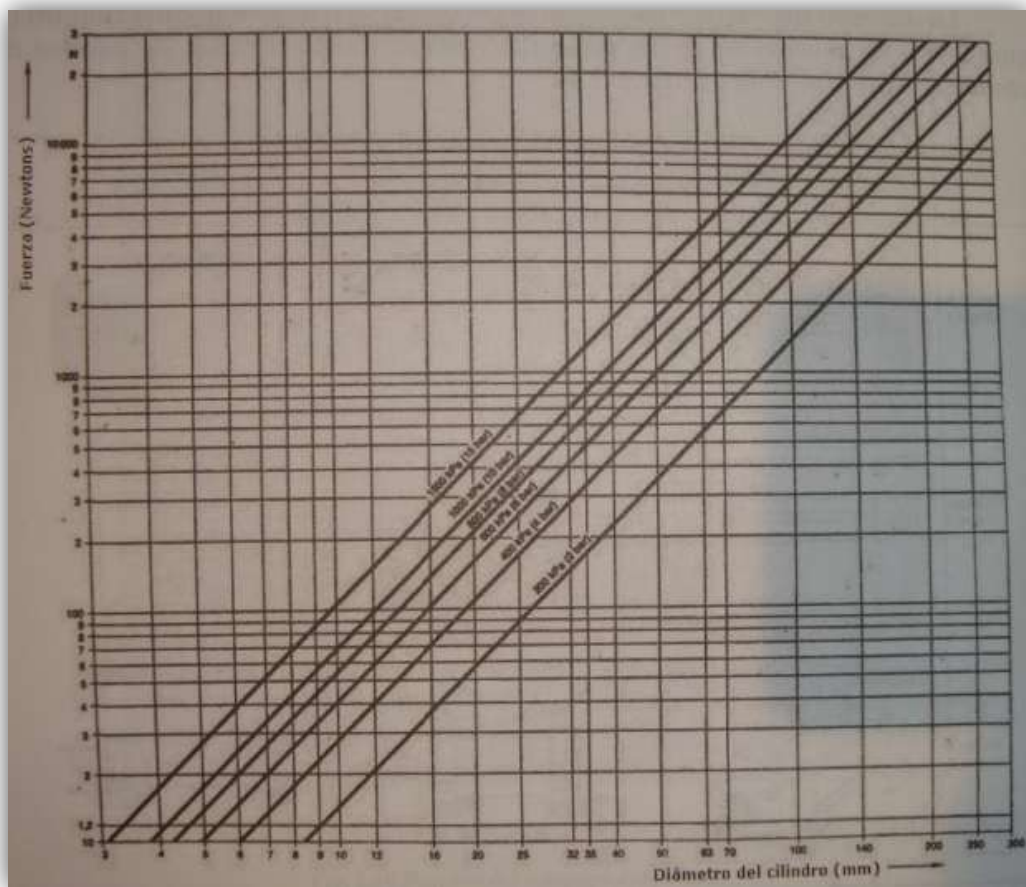
$$F_{avance} = P_{aire} * \frac{\pi * D^2}{40} \qquad F_{retroceso} = P_{aire} * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{40}$$

El rozamiento del pistón en su movimiento equivale a un valor comprendido entre el 3% y el 10% de la fuerza calculada.

En la tabla 1.2 pueden verse, para varios tamaños de cilindros, la fuerza de empuje a restar por el área del vástago del pistón en el retroceso, y en el gráfico de la figura 1.17 puede verse el diagrama presión – fuerza de cilindros neumáticos.

**Tabla 1.2.-** Fuerza de empuje y fuerza de restar por el área del vástago.

Fuerza de empuje actuando el aire en toda el área del pistón						Fuerza a restar por el área del vástago del pistón en el retroceso					
Diámetro del cilindro (mm)	Área del pistón (mm <sup>2</sup> )	Fuerza de empuje en Newton a varias presiones (bar)				Diámetro vástago o pistón (mm)	Área vástago o pistón (mm <sup>2</sup> )	Fuerza de retroceso a varias presiones (Newton)			
		5.0	25.1	35.2	50.2			5.0	25.1	35.2	50.2
8	50	5.0	25.1	35.2	50.2	8	50	5.0	25.1	35.2	50.2
16	201	20.1	100.5	140.7	201	10	79	7.9	39.3	55	78.5
32	804	80.4	401.9	562.7	803.8	12	113	11.3	56.5	79.1	113
63	3117	311	1557.8	2181	3115.7	16	201	20.1	100.5	140.7	201
100	7854	785	3925	5495	7850	20	314	31.4	157	219.8	314
125	12272	1226	6132.8	8585.9	12265	25	491	49.1	245.3	343.4	490
160	20106	2009	10048	14067	20096	32	804	80.4	401.9	562.7	803
200	31416	3140	15700	21980	31400	40	1257	125	628	879.2	1256



**Figura 1.18.-** Gráfico presión – fuerza de cilindros neumáticos.

### ***b.2.- Fuerza de carga del cilindro.***

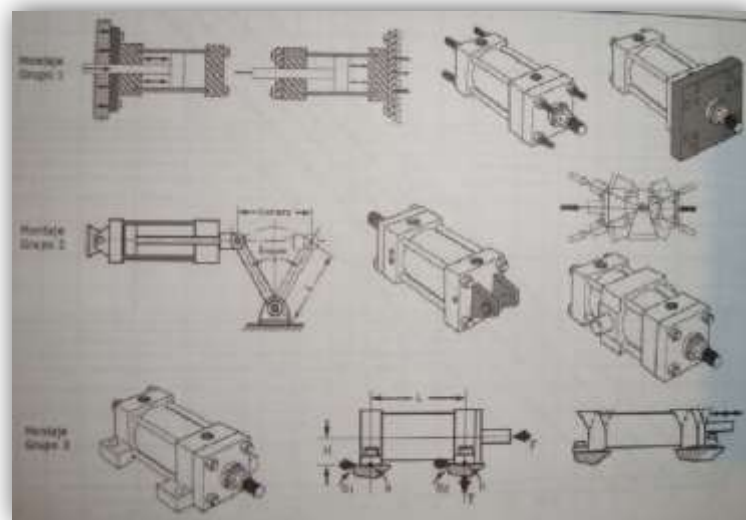
La carga depende de las formas de montaje del cilindro que son básicamente tres:

**Grupo 1:** Montaje fijo que absorbe la fuerza del cilindro en la línea central. Es el mejor sistema ya que las fuerzas sobre el vástago están equilibradas y los elementos de fijación (tornillos,...) sólo están sometidos a una simple tensión o cizalladura. La fijación del cilindro puede ser del tipo de espárragos o de brida.

**Grupo 2:** El montaje absorbe la fuerza del cilindro en la línea central y permite el movimiento en un plano. Se emplean cuando la máquina donde están montados se mueve siguiendo una línea curva.

**Grupo 3:** El montaje no absorbe la fuerza del cilindro en la línea central y el plano de las superficies de montaje no coincide con dicha línea por lo que, al aplicar la fuerza, se produce un momento de giro que tiende a hacer girar el cilindro de los pernos de montaje.

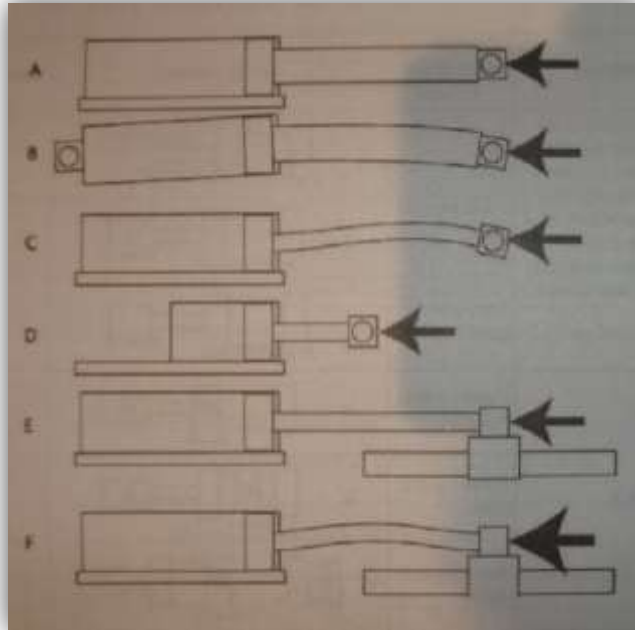
La selección del vástago del pistón depende del tipo de montaje del cilindro (Figura 1.19) y de la conexión del extremo del vástago. Existe el riesgo de pandeo del vástago, tal como se ve en la figura 1.20.



**Figura 1.19.-** Tipos de montajes de cilindros.

La longitud básica del vástago se calcula mediante la expresión:

$$\text{Longitud básica} = \text{Carrera actual} * \text{Factor de pandeo}$$

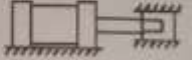
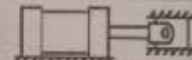
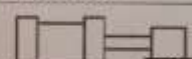

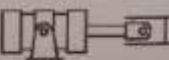



**Figura 1.20.-** Pandeo del vástago del pistón.

La carga sobre el cilindro se determina mediante la tabla 1.3 entrando el diámetro del cilindro y leyendo el valor correspondiente a la presión de trabajo, o bien mediante la expresión:

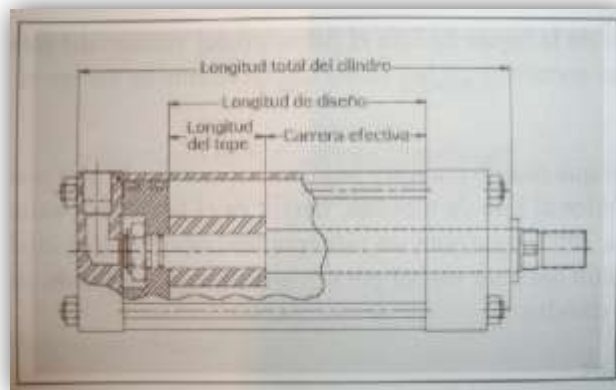
$$F_{avance} = P_{aire} * \frac{\pi * D^2}{40}$$

**Tabla 1.3.-** Factor de montaje.

Tipos de montaje	Conexión del extremo del vástago	Tipo de conexión	Factor de pandeo
Grupos 1 o 3 - Los cilindros de gran longitud de carrera deben montarse usando en un extremo una base rígida y alineada para soportar la fuerza principal y en el extremo opuesto un soporte parecido. Se aconseja un soporte enlameado para el caso de carreras muy largas.	Fijo y guiado rígido	I 	0.5
	Pivote y guiado rígido	II 	0.7
	Soporte sin guiado rígido	III 	2
Grupo 2	Pivote y guiado rígido	IV 	1
	Pivote y guiado rígido	V 	1.5
	Pivote y guiado rígido	VI 	2

El tope de detención (Figura 1.21) es un separador que aumenta la distancia que existe entre el pistón y soporte del vástago cuando el pistón está en un extremo de la carrera. De este modo, añade rigidez estructural al cilindro, mejora la resistencia del vástago y reduce el efecto de las cargas transmitidas a las áreas de los cojinetes.

Se recomienda en cilindros desprovistos de amortiguación del pistón y en cilindros hidráulicos de longitud menor de 150 mm.



**Figura 1.21.-** Tope de detención del pistón del cilindro.

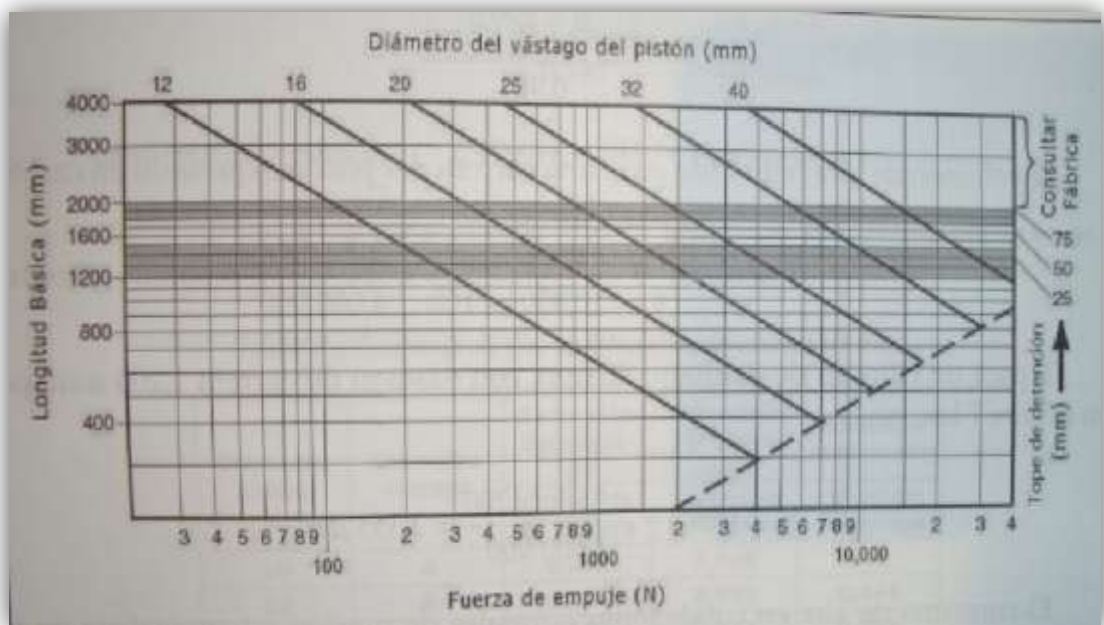
A partir de la carga y de la longitud básica se consulta la figura 1.22 y se determina el diámetro del vástago del pistón y la longitud del tubo de tope de detención del pistón del cilindro.

Ejemplo: Cilindro  $\varnothing$  50 mm, a 7 bar, con vástago de carrera 1200 mm y fuerza 1200 Newton montado con pivote y guiado rígido (grupo 2 tipo IV).

La tabla 1.3 da el factor de pandeo de 1.

La longitud básica es  $1200 \cdot 1 = 1200$  mm.

La tabla 1.2 proporciona la carga sobre el cilindro de 1373.8 N.



**Figura 1.22.-** Gráfico del diámetro del vástago.

El gráfico de la figura 1.22 da el diámetro del vástago del pistón de 18 mm. Si este valor no se encuentra en las tablas del fabricante se escoge el inmediatamente superior.

A señalar que cuando mayores sean los momentos de giro que se presentan en el cilindro, debidos al tipo de montaje, mayor es el factor de pandeo, y mayor es la longitud básica, con lo que ante un esfuerzo de trabajo determinado, la sección del

vástago del pistón debe ser mayor para que el vástago no pueda curvarse por el esfuerzo sobre el cilindro.

La tabla 1.4 indica el consumo de aire en litros/cm, de carrera para varios tamaños de cilindros a la presión de 6 bar.

**Tabla 1.4.-** Consumo de aire en (litros / cm) de carrera a 6 bar.

<b>Diámetro pistón</b>	<b>Diámetro vástago</b>	<b>Extensión del vástago</b>	<b>Retracción del vástago</b>	<b>Consumo combinado</b>
		<b>Litros / cm de carrera</b>	<b>Litros / cm de carrera</b>	<b>Litros / cm de carrera</b>
10	4	0.054	0.046	0.1
12	6	0.079	0.065	0.144
16	6	0.141	0.121	0.262
20	8	0.22	0.185	0.405
25	10	0.344	0.289	0.633
32	12	0.563	0.484	1.047
40	16	0.88	0.739	1.619
50	20	1.374	1.155	2.529
63	20	2.182	1.962	4.144
80	25	3.519	3.175	6.694
100	25	5.498	5.154	10.652
125	32	8.59	8.027	16.617
160	40	14.074	13.195	27.269
200	40	21.991	21.112	43.103
250	50	34.361	32.987	67.348



### 1.9.3.- UNIDADES DE MANTENIMIENTO.<sup>5</sup>

Los filtros de aire comprimido retienen las partículas sólidas y las gotas de humedad contenidas en el aire. Los filtros llamados ciclónicos tienen doble función: el aire al entrar pasa a través de placas que fuerzan una circulación rotativa, así las grandes partículas sólidas y el líquido se depositan en las paredes del vaso o copa, por la acción centrífuga. Luego el aire atraviesa el elemento filtrante principal, de malla metálica, papel o metal sinterizado. Este filtro de entre 20 a 40 micrones retiene las partículas sólidas. Esta acción de filtrado se denomina “mecánica” ya que, afecta a la contaminación mecánica del aire y no a su contenido de humedad.

Las partículas más grandes, son retenidas por el filtro sinterizado, mientras que los líquidos son desviados al vaso del filtro. El líquido condensado en el vaso o copa del filtro se debe vaciar periódicamente, ya que si no podría ser arrastrado por la corriente del aire comprimido al circuito.

Los filtros más finos, de hasta 0.01 micras, se encargan de filtrar las partículas más pequeñas e incluso mínimas gotas de agua que pudieran quedar en el aire comprimido.

Dentro de la unidad de mantenimiento se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- **La válvula reguladora o regulador de presión.-** mantiene la presión de trabajo constante en el lado del usuario, independientemente de las variaciones de presión en la red principal y del consumo. Obviamente, para lograr esto la presión de entrada del regulador debe ser siempre superior a la de trabajo.

<sup>5</sup> AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA, Salvador Millan, Editorial Alfaomega.

- **El lubricador de aire comprimido.-** tiene la importante función de lubricar de modo suficiente a todos los elementos neumáticos, en especial a los activos. El aceite que se utiliza en la lubricación es aspirado de un pequeño depósito de la misma unidad de mantenimiento como se muestra en la figura 1.23, mezclado con la corriente de aire comprimido, y distribuido en forma de niebla o micro pulverización. Para que esta tarea sea efectiva el caudal debe ser suficientemente fuerte. En instalaciones especiales, de baja presión o con sensores específicos, deberá evitarse el uso de aire lubricado, mediante el uso de toma diferente para la conexión de esos elementos.



**Figura 1.23.-** Unidad de mantenimiento.

Todos los aparatos neumáticos poseen una resistencia interior, por lo que se produce una caída de presión de la entrada y su salida. Esta caída de presión depende del caudal de paso y de la presión de alimentación correspondiente. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta para el cálculo de la elección del tipo y modelo más adecuado a nuestra instalación y el uso que le será dado.

#### **1.9.4.- VÁLVULAS.**

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y una parte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenada en un depósito. La subdivisión de las válvulas se muestra a continuación:

- Válvulas de vías o distribuidoras.
- Válvulas de bloqueo.
- Válvulas de presión.
- Válvulas de caudal.
- Válvulas de cierre.

#### **a.- Accionamiento de válvulas.**

##### ***a.1.- Accionamiento permanente, señal continua.***

La válvula es accionada manualmente o por medios mecánicos, neumáticos o eléctricos durante todo el tiempo hasta que tiene lugar el reposicionamiento. Este es manual o por medio de un muelle.

##### ***a.2.- Accionamiento momentáneo, impulso.***

La válvula es invertida por una señal breve (impulso) y permanece indefinidamente en esa posición, hasta que otra señal la coloca en su posición anterior.

Las características de construcción de las válvulas determinan su duración, fuerza de accionamiento y tamaño.

Según la construcción, se distinguen los tipos como se muestra en la tabla 1.5.

**Tabla 1.5.-** Tipos de válvulas según su construcción.

<b>VÁLVULAS DE ASIENTO</b>	Esférico
	Disco plano
<b>VALVULAS DE CORREDERA</b>	Émbolo
	Émbolo y cursor
	Disco giratorio

### **b.- Electroválvula.**

Una electroválvula es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

#### ***b.1.- Partes de una electroválvula.***

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento.

Es correcto que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien

pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas, que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

### ***b.2.- Funcionamiento de una electroválvula.***

La figura 1.24 muestra el funcionamiento de este tipo de válvula.

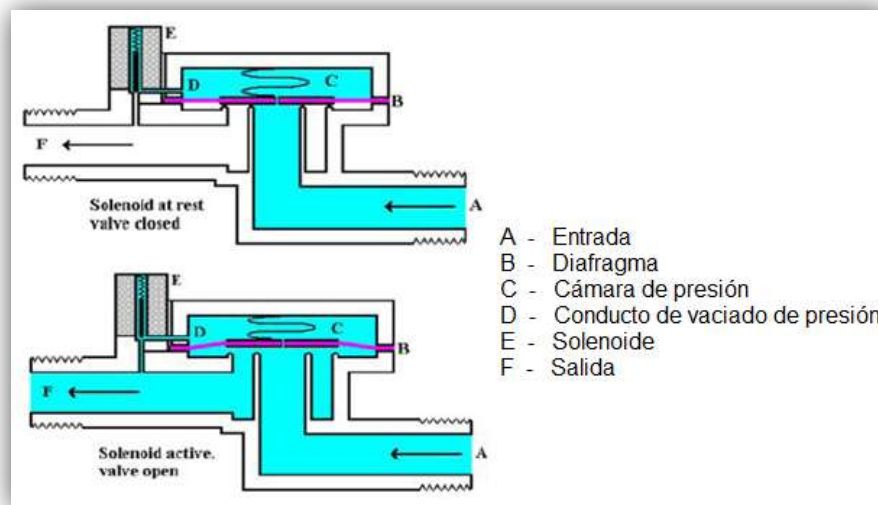
En la parte superior vemos la válvula cerrada. El aire bajo presión entra por **A**. **B** es un diafragma elástico y tiene encima un muelle que le empuja hacia abajo con fuerza débil.

El diafragma tiene un diminuto orificio en el centro que permite el paso de un pequeño flujo de aire. Esto hace el aire llene la cavidad **C** y que la presión sea igual en ambos lados del diafragma.

Mientras que la presión es igual a ambos lados, se observa que actúa en más superficie por el lado de arriba que por el de abajo, por lo que presiona hacia abajo sellando la entrada. Cuanto mayor sea la presión de entrada, mayor será la fuerza con que cierra la válvula.

Ahora estudiamos el conducto **D**. Hasta ahora estaba bloqueado por el núcleo del solenoide **E** al que un muelle empuja hacia abajo. Si se activa el solenoide, el núcleo sube y permite pasar el aire desde la cavidad **C** hacia la salida con lo cual disminuye la presión en **C** y el diafragma se levanta permitiendo el paso directo de agua desde la entrada **A** a la salida **F** de la válvula.

Si se vuelve a desactivar el solenoide se vuelve a bloquear el conducto **D** y el muelle situado sobre el diafragma necesita muy poca fuerza para que vuelva a bajar ya que la fuerza principal la hace el propio fluido en la cavidad **C**.



**Figura 1.24.-** Funcionamiento de una electroválvula.

## **1.10.- REDUCTORES Y MOTORREDUCTORES.**

### **1.10.1.- GENERALIDADES.**

Los Reductores ó Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Al emplear REDUCTORES O MOTORREDUCTORES se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.

- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

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

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo Motorreductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor.

Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-44 (Según DIN 40050). Bajo pedido se puede mejorar la clase de protección en los motores y unidades de reducción.

### **1.10.2.- GUIA PARA LA SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE UN REDUCTOR O MOTORREDUCTOR.**

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

#### **a.- Características de operación.**

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

#### **b.- Características del trabajo a realizar.**

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)

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

**c.- Condiciones del ambiente.**

- Humedad.
- Temperatura.

**d.- Ejecución del equipo.**

- Ejes a 180°, ó, 90°.
- Eje de salida horizontal, vertical, etc.

**1.10.3.- POTENCIA DE SELECCIÓN (Pn).**

Es difícil encontrar en la práctica, que una unidad de reducción realice su trabajo en condiciones ideales, por tanto, la potencia requerida por la máquina accionada, debe multiplicarse por un factor de servicio  $F_s$ , factor que tiene en cuenta las características específicas del trabajo a realizar y el resultado, llamado Potencia de selección, es el que se emplea para determinar el tamaño del reductor en las tablas de selección.

$$\text{Potencia de selección } (P_n) = \text{Potencia requerida } (P_r) \times F_s$$

En algunos casos los reductores se determinan no por la potencia sino por los torques de selección. El torque y la potencia están relacionados mediante la siguiente función:

$$716.2 \times P_n \text{ (hp)}$$

$$Tn \left( \frac{kg}{m} \right), n \text{ (rpm)}$$



Para las tablas de selección:

$$P_n = HP \text{ (de salida)}$$

$$T_n = \text{Torque}$$

$$n = \text{eficiencia del reductor}$$

Para condiciones especiales como altas frecuencias de arranque - parada o de inversiones de marcha en el motor, alta humedad o temperatura ambiente y construcciones o aplicaciones especiales es conveniente consultar datos técnicos.

#### **1.10.4.-REDUCTORES Y MOTORREDUCTORES TIPO SINFÍN-CORONA (EJES A 90°).**

Los reductores o Motorreductores están contruidos en forma universal conformados por un tren de reducción tipo Sinfín-Corona, el cual se aloja dentro de un cuerpo central (carcaza) y dos tapas laterales como se observa en la figura 1.25.



**Figura 1.25.-** Motorreductor sin fin – corona.

##### **a.- Potencias y torques.**

Estos equipos se ofrecen para potencias desde 1/3 de HP hasta 70 HP con torques de salida que van desde 0.9 Kg-m hasta 1500 Kg.m.

## **b.- Relaciones de velocidad.**

Las relaciones de velocidad se obtienen con las siguientes reducciones:

- **SIMPLE:** Comprenden desde 6.75:1 hasta 70:1.
- **DOBLE:** Desde 100:1 hasta 5000:1. Estas relaciones se logran con doble Sinfín- Corona o Sinfín-Corona piñones helicoidales.

## **c.- Formas constructivas.**

Para lograr las formas constructivas A, V, y N basta con sacar los tornillos de fijación de las tapas laterales y girarlas en la posición deseada. La obtención de la forma constructiva F se consigue sustituyendo las tapas laterales por tapas de la serie "Brida".

## **d.- Especificaciones generales para motorreductores sin fín-corona.**

La carcasa y las tapas del Reductor son de fundición de hierro de grano fino, distencionadas y normalizadas.

El sinfín fabrica de acero aleado, cementado y rectificado, y está apoyado con dos (2) rodamientos cónicos y uno (1) de rodillos cilíndricos.

La corona se fabrica de bronce de bajo coeficiente de fricción está embutida atornillada a un núcleo de función de hierro. La corona está generada con fresas especiales que garantizan exactitud en el engranaje.

El eje de salida es fabricado en acero al carbono, resistente a la torsión y trabaja apoyado en dos (2) rodamientos de bolas.

La refrigeración del equipo se realiza por radiación. La temperatura externa no puede sobrepasar los 70 grados centígrados.

### ***a.1.- Instalación y acoplamiento.***

Los aditamentos deben montarse cuidadosamente sobre los ejes para evitar daños en los cojinetes (no deben golpearse al entrar en los ejes).

El reductor debe mantenerse rígidamente sobre las bases para evitar vibraciones que puedan afectar la alineación de los ejes.

### ***a.2.- Lubricación.***

El reductor lleva tapones de llenado y ventilación, nivel y vaciado.

En la placa de identificación del reductor se encuentra el tipo de aceite apropiado. MOBIL GEAR 629.

El aceite a usar debe tener las siguientes características:

- Gravedad Específica 0.903.
- Viscosidad SSU A 100 grados F 710/790.
- Viscosidad CST A 40 grados C 135/150.
- Clasificación ISO V G 150.

El aceite a usar debe contener aditivos de extrema presión del tipo azufre-fósforo, los cuales le dan características antidesgaste de reducción a la fricción, disminuyendo así la elevación de temperatura en los engranajes. Adicionalmente aditivos contra la formación de herrumbre y la corrosión, así como agentes especiales para aumentar la estabilidad a la oxidación y resistencia a la formación de espuma.

Bajo condiciones extremas de temperatura o humedad deben emplearse aceites adecuados.

### ***a.3.- Mantenimiento.***

El nivel del aceite debe comprobarse regularmente, mínimo una vez al mes; el agujero de ventilación debe mantenerse siempre limpio.

En el reductor nuevo después de las 200 horas iniciales de funcionamiento debe cambiarse el aceite realizando un lavado con ACPM; los posteriores cambios se harán entre las 1500 y 2000 horas de trabajo.

## 1.11.- RODAMIENTOS.<sup>6</sup>

Los rodamientos son elementos mecánicos con un amplio campo de aplicación. Su fiabilidad ha quedado demostrada incluso en condiciones de servicio severas. Los fallos prematuros son poco frecuentes.

La figura 1.26 muestra un rodamiento de la marca FAG.



**Figura 1.31.-** Rodamiento de la marca FAG.

### 1.11.1.- DIMENSIONAMIENTO.

Muchas veces el diámetro del agujero de los rodamientos viene especificado por el diseño general de la máquina o dispositivo. Sin embargo, para determinar finalmente las demás medidas principales y el tipo de rodamiento, conviene averiguar mediante un cálculo de dimensionado, si las exigencias de vida, seguridad estática y rentabilidad quedan satisfechas. En este cálculo se hace una comparación entre la sollicitación del rodamiento y su capacidad de carga.

En la técnica de rodamientos se distingue entre sollicitación dinámica y sollicitación estática. Una sollicitación estática tiene lugar si el movimiento relativo entre los aros de los rodamientos es nulo o muy lento ( $n < 10 \text{ min}^{-1}$ ). En estos casos se examinará la seguridad contra deformaciones plásticas demasiado elevadas en los caminos de rodadura y en los cuerpos rodantes.

La mayoría de los rodamientos se solicitan dinámicamente. Sus aros giran relativamente entre sí.

Con el cálculo de dimensionado se examina la seguridad contra la fatiga prematura del material de los caminos de rodadura y de los cuerpos rodantes.

Sólo en escasas ocasiones el cálculo de vida nominal según DIN ISO 281 indica la vida realmente alcanzable. Sin embargo, para obtener construcciones económicas ha de sacarse el máximo provecho posible de las capacidades de los rodamientos. Cuanto más prestaciones se exijan, tanto más importante es tener un dimensionado preciso de los rodamientos.

El acreditado método de cálculo FAG para la vida alcanzable considera las influencias del servicio y del ambiente en el cálculo

### **1.11.2.- TIPOS DE RODAMIENTOS.**

En el Anexo D - 2 se detallan los tipos de rodamientos y sus respectivas características.

### **1.11.3.- RODAMIENTOS SOLICITADOS ESTÁTICAMENTE.**

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

$$f_s = \frac{C_o}{P_0}$$

Siendo:

$f_s$  = Factor de esfuerzos estáticos.

$C_o$  = Capacidad de carga estática [kN].

$P_0$  = Carga estática equivalente [kN].

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

$f_s = 1,5 \dots 2,5$  para exigencias elevadas.

$f_s = 1,0 \dots 1,5$  para exigencias normales.

$f_s = 0,7 \dots 1,0$  para exigencias reducidas.

Los valores recomendados para los rodamientos axiales oscilantes de rodillos y rodamientos de precisión se indican en las tablas.

La capacidad de carga estática ( $C_o$ ) [kN] según DIN ISO 76 – 1988, está indicada en las tablas para cada rodamiento. Esta carga (en rodamientos radiales una carga radial y en rodamientos axiales una carga axial y centrada) en el centro del área de contacto más cargada entre los cuerpos rodantes y el camino de rodadura produciría una presión superficial teórica ( $P_o$ ) de:

- 4600 N/mm<sup>2</sup> para rodamientos oscilantes de bolas
- 4200 N/mm<sup>2</sup> para todos los demás rodamientos de bolas
- 4000 N/mm<sup>2</sup> para todos los rodamientos de rodillos

Bajo una sollicitación  $C_o$  (correspondiente a  $f_s = 1$ ) se origina una deformación plástica total del elemento rodante y el camino de rodadura de aprox. 1/10,000 del diámetro del elemento rodante en el área de contacto más cargada.

La carga estática equivalente ( $P_o$ ) [kN] es un valor teórico. Es una carga radial en rodamientos radiales y una carga axial y centrada en los rodamientos axiales. ( $P_o$ ) Origina la misma sollicitación en el punto de contacto más cargado entre cuerpos rodantes y camino de rodadura que la carga combinada real.

#### **1.11.4.- RODAMIENTOS SOLICITADOS DINÁMICAMENTE.**

En el método de cálculo normalizado (DIN/ISO 281) para rodamientos solicitados dinámicamente, se parte de la fatiga del material (formación de pitting) como causa del deterioro del rodamiento.

La fórmula de vida es:

$$L_{10} = L = \left(\frac{C}{P}\right)^P [10^6 \text{ revoluciones}]$$

Siendo:

$L_{10} = L =$  Vida nominal [ $10^6$  revoluciones].

$C =$  Capacidad de carga dinámica [kN].

$P =$  Carga dinámica equivalente [kN].

$p =$  Exponente de vida.

$(L_{10})$ , es la vida nominal en millones de revoluciones alcanzada o rebasada por lo menos de un 90% de un gran lote de rodamientos iguales.

La capacidad de carga dinámica  $C$  [kN] según DIN ISO281 - 1993 se indica en las tablas para cada rodamiento. Con esta carga se alcanza una vida  $L_{10}$  de  $10^6$  revoluciones.

## 1.12.- PLC'S.

### 1.12.1.- DEFINICIÓN.

Un PLC se puede definir como un sistema basado en un microprocesador.



**Figura 1.27.-** PLC Telemecanique.

### 1.12.2.- PARTES FUNDAMENTALES.<sup>7</sup>

Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S).

<sup>7</sup> <http://www.unicrom/tutorial.asp>.

- **La CPU** se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas.
- **La memoria** de solo lectura **ROM** almacena programas para el buen funcionamiento del sistema.
- **La memoria** de lectura y escritura **RAM** está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del PLC.
- **El sistema de Entradas y Salidas** recopila la información del proceso (Entradas) y genera las acciones de control del mismo (salidas). Los dispositivos conectados a las entradas pueden ser Pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, presostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: Pilotos, relés, contactores, Drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc.
- **Las E/S digitales** se identifican por presentar dos estados diferentes: on u off, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los niveles de tensión de las entradas más comunes son 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.
- **Las E/S analógicas** se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's).
- **Las E/S especiales** se utilizan en procesos en los que con las anteriores E/S vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones o por protocolos especiales de comunicación que se necesitan para poder obtener el dato requerido por el PLC (HART, Salidas de trenes de impulso, motores paso a paso).



### 1.12.3.- ESTRUCTURA DE UN PLC.

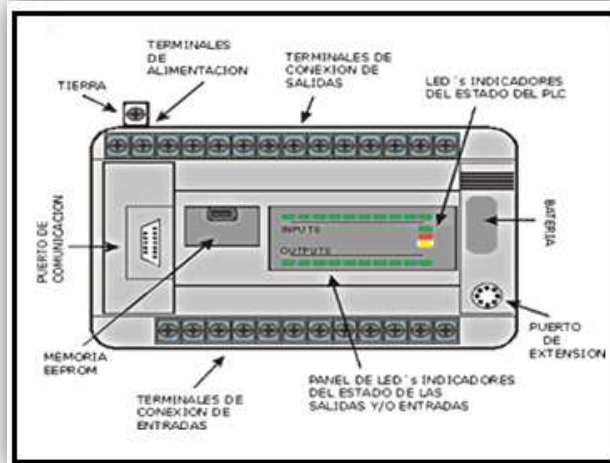


Figura 1.28.- Estructura de un PLC.

### 1.12.4.- FUNCIONAMIENTO DEL PLC.

Cuando se pone en marcha el PLC lo primero que este realiza es una lista de chequeos internos para dar, permitir que todo desde el inicio este en buenas condiciones y todo esté debidamente conectado (Power Supply, conexiones de entradas y salidas).

Una vez efectuadas estas comprobaciones y son aprobadas, la CPU inicia la exploración del programa y reinicializa. Esto último si el autómata se encuentra en modo RUN (marcha), ya que de estar en modo STOP (paro) aguardaría, sin explorar el programa, hasta la puesta en RUN. Al producirse el paso al modo STOP o si se interrumpe la tensión de alimentación durante un tiempo lo suficientemente largo, la CPU detiene la exploración del programa y luego pone a cero, es decir, desactiva todas las salidas. Mientras se está ejecutando el programa, la CPU realiza en intervalos continuos de tiempo distintas funciones de diagnóstico (watch-dog). Cualquier singularidad que se detecte se mostrará en los indicadores de diagnóstico del procesador dependiendo de su importancia se generará un código de error o se parará totalmente el sistema.

El tiempo total del ciclo de ejecución viene determinado por los tiempos empleados en las distintas operaciones. El tiempo de exploración del programa es variable en función de la cantidad y tipo de las instrucciones así como de la ejecución de subrutinas. El tiempo de exploración es uno de los parámetros que caracteriza a un PLC y generalmente se suele expresar en milisegundos por cada mil instrucciones. Para reducir los tiempos de ejecución, algunas CPU's constan de dos o más procesadores que operan simultáneamente y están dedicados a funciones específicas.

#### **1.12.5.- PROGRAMAR LA MEMORIA DE UN PLC.<sup>8</sup>**

Al programar un PLC se necesita una interfaz entre el operador y el PLC para introducir en la memoria de usuario el programa con las instrucciones que definen las secuencias de control. Normalmente esta interfaz se lleva a cabo a través de software instalados en Computadores personales (PC).

Dependiendo del tipo de PLC el equipo de programación produce unos códigos de instrucción directamente ejecutables por el procesador o bien un código intermedio, que es interpretado por un programa residente en el procesador (firmware).



**Figura1.29.-** Panel de programación.

Las funciones que estos equipos o software de programación son la edición y modificación del programa, detección de errores, archivamiento de programas (discos duros) y monitoreo en línea de variables.

<sup>8</sup> <http://www.unicrom/tutorial.asp>.

#### **1.12.6.- NUEVAS TENDENCIAS.**

En general, los PLC son cada vez más rápidos y más pequeños y como resultado de esto, están ganando capacidades que solían ser dominio exclusivo de la computadora personal (PC) y de las estaciones de trabajo. Esto se traduce en manejo datos críticos de manera rápida que se comparte entre el PLC en el piso de la fábrica y el nivel de negocios de la empresa. Ya no se trata de los PLCs antiguos que únicamente controlaban salidas a partir de una lógica y de unas entradas.

Algunas de las características que un PLC puede aportar a sus proyectos de automatización son los servidores web, servidores FTP, envío de e-mail y Bases de Datos Relacionales Internas.

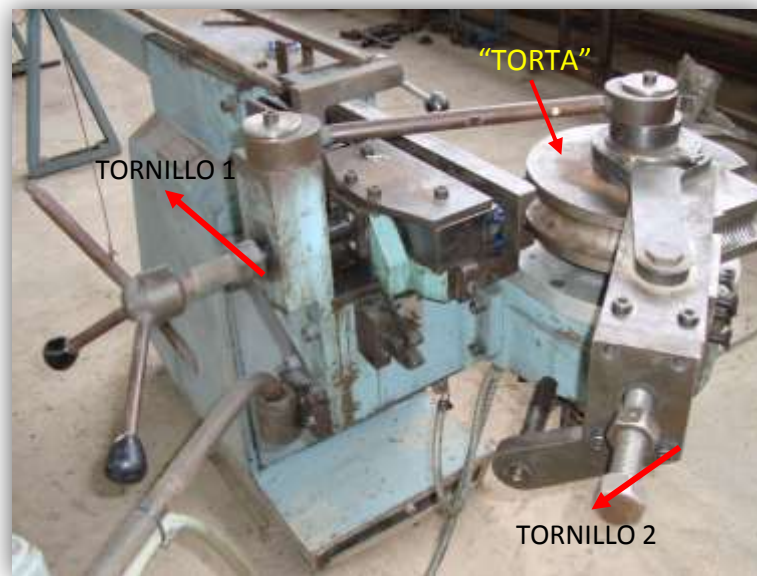
## CAPITULO II

### PARÁMETROS DE REDISEÑO, DISEÑO Y SELECCIÓN.

#### 2.1.- REDISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DE SUJECIÓN DEL TUBO MEDIANTE CILINDROS NEUMÁTICOS.

##### 2.1.1.- ESTRUCTURA INICIAL DEL SISTEMA DE SUJECIÓN.

La curvadora de tubo marca Margua dispone de un sistema de sujeción manual que incorpora dos tornillos sin fin (Figura 2.1), el primer tornillo actúa desplazando una guía, la misma que alinea al tubo respecto a la matriz conocida como “Torta”, el segundo tornillo ajusta la matriz que contiene al tubo que va a ser curvado.



**Figura 2.1.-** Estructura inicial del sistema de sujeción.

El sistema de sujeción manual que posee la curvadora de tubo marca Margua genera pérdida de tiempo, baja producción y exceso de personal, por ello es necesario el rediseño inmediato del sistema.

De acuerdo a una investigación previa, se considera la incorporación de un sistema de sujeción por medio de cilindros neumáticos de doble efecto; debido a su alto rendimiento y confiabilidad, este sistema es muy común en máquinas curvadoras de tubo CNC (Figura 2.2).



**Figura 2.2.-** Sistema de sujeción CNC.

### **2.1.2.- PARÁMETROS DE REDISEÑO NEUMÁTICO.**

El sistema neumático a implementarse en el mecanismo de sujeción del tubo, tiene como objetivo desplazar coordinadamente los vástagos, de manera que se acoplen cara con cara las matrices del tubo, dicho desplazamiento interactúa directamente con un sistema neumático a través de un compresor.

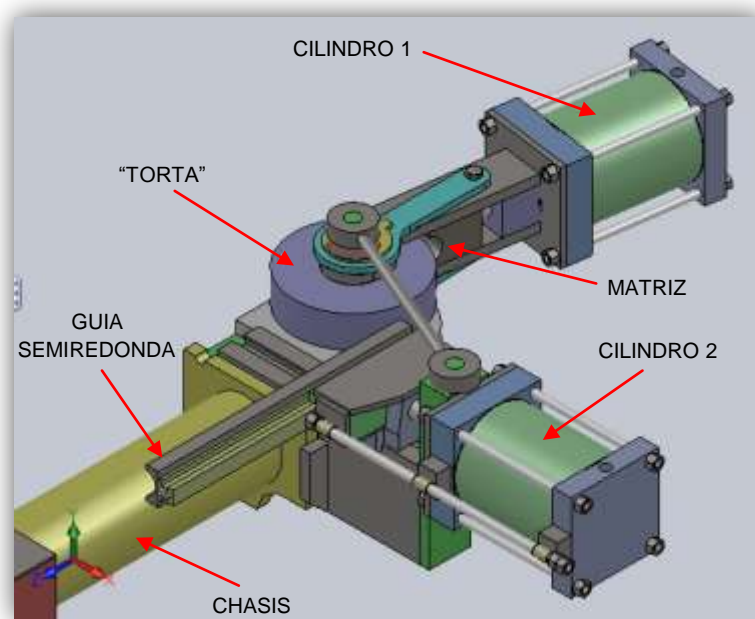
Los parámetros indispensables del funcionamiento serán la presión del aire verificada en el manómetro del regulador de presión, además de la coordinación en el accionamiento de las electroválvulas.

La presión óptima del aire será de **70 psi**, este valor será seteado en el regulador de presión que está conectado al compresor, el sistema neumático es controlado por electroválvulas 5/2 de accionamiento mecánico y eléctrico que garantizan la maniobra del sistema.

En el ANEXO A - 1 se detalla la estructura de los sistemas neumáticos.

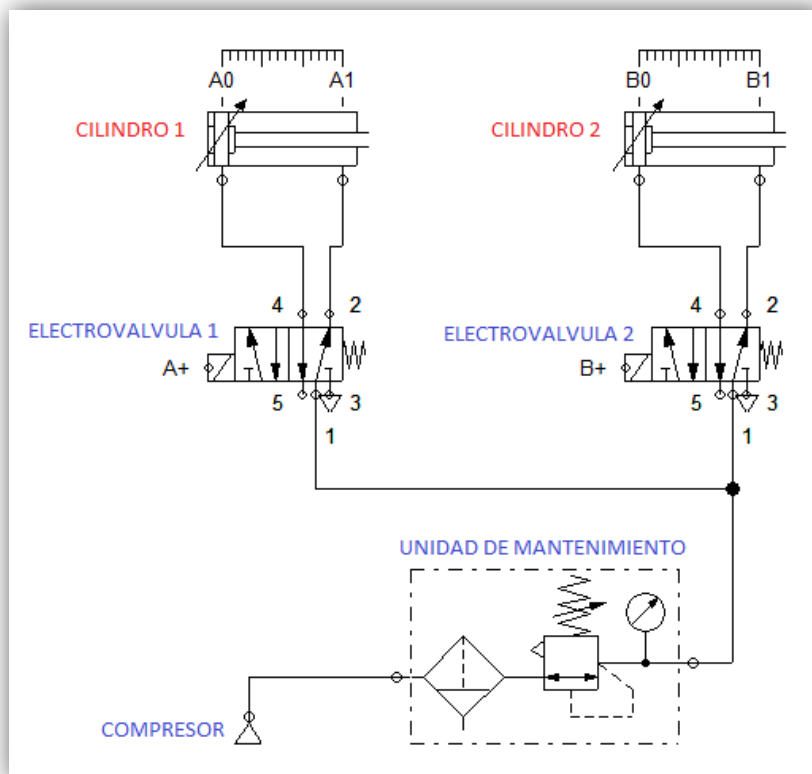
### 2.1.3.- MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE SUJECCIÓN REDISEÑADO.

La modelación del sistema neumático rediseñado se lo realizó con la ayuda del software SolidWorks 2010.



**Figura 2.3.-** Modelación del sistema neumático de sujeción.

La simulación del sistema neumático para la sujeción del tubo, se realizó mediante el software FESTO FluidSIM NEUMATIC.



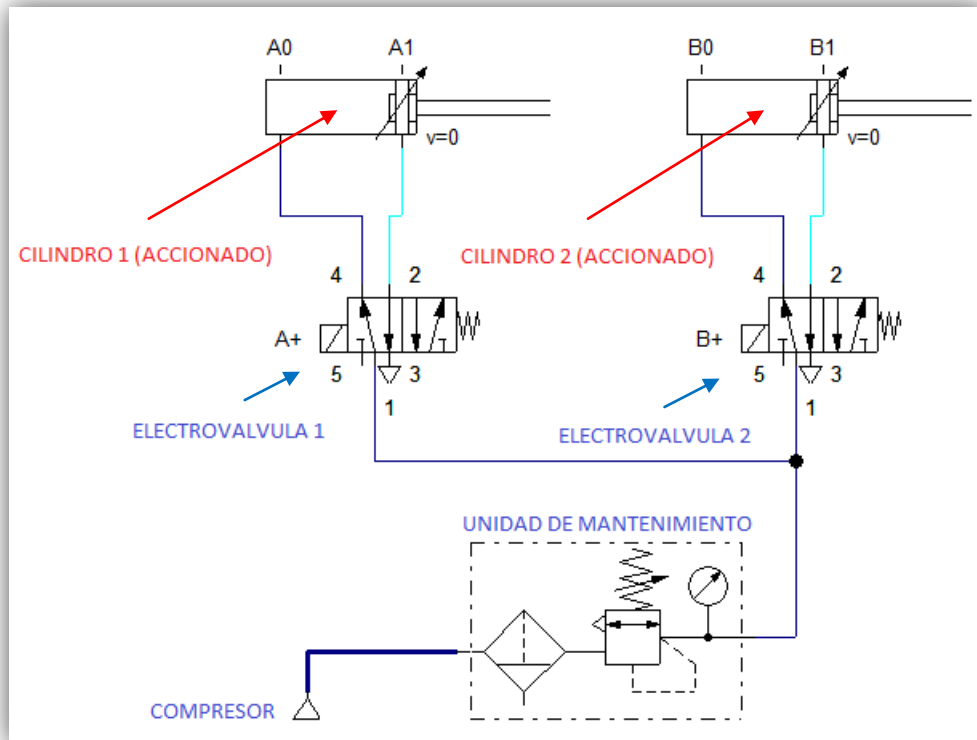
**Figura 2.4.-** Simulación del sistema neumático de sujeción.

La simulación del sistema neumático de sujeción (Figura 2.4) muestra que los cilindros 1 y 2, se accionan mediante la activación coordinada de las electroválvulas 1 y 2, estas a su vez están alimentadas por una unidad de mantenimiento que trabaja a 70 psi, el compresor es la fuente de aire del sistema; en el **ANEXO A - 2** se muestra la simbología neumática utilizada.

Con el fin de obtener una mejor apreciación respecto a la actuación coordinada de los cilindros neumáticos, es importante dividir el proceso de sujeción en dos pasos, aquellos se detallan a continuación:

**Paso a:** De acuerdo con la programación dispuesta para este proceso, el cilindro 1 es accionado por la electroválvula 1; una vez cerrada la matriz y luego de un tiempo, el cilindro 2 es accionado por la electroválvula 2.

En la figura 2.4 (a) se puede apreciar la simulación del empuje que ejercen de los émbolos 1 y 2.

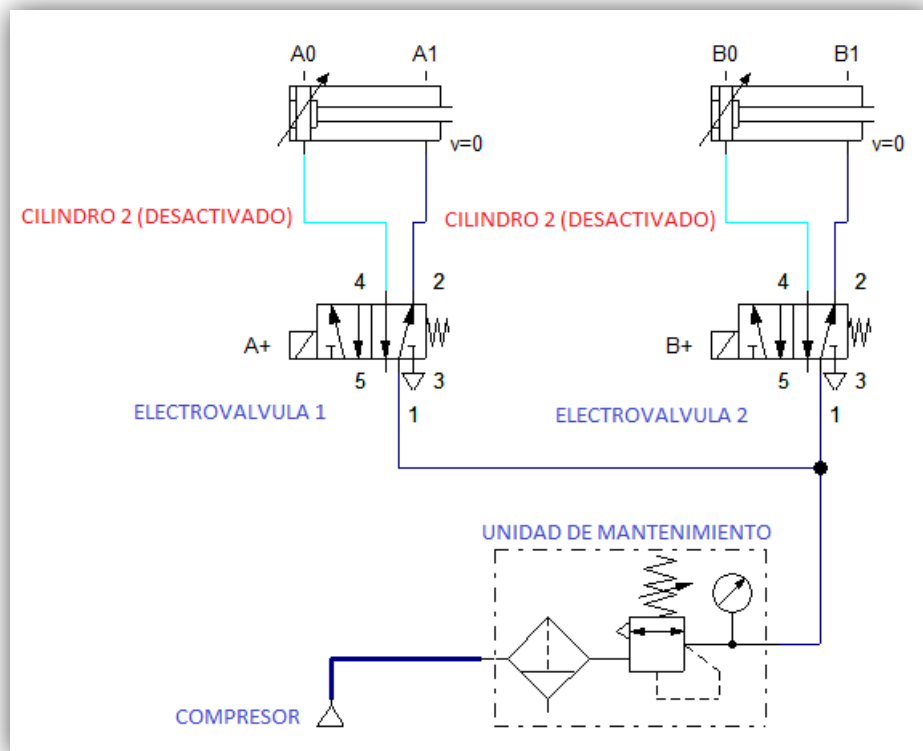


**Figura 2.4 (a).**- Simulación empuje de émbolos 1 y 2.

**Paso 2:** Luego del accionamiento del motor y posterior doblado del tubo, la programación indica que los cilindros deben desactivarse de acuerdo a la secuencia del proceso, es decir primero lo hace el cilindro 2 y después de un tiempo el cilindro 1.

La figura 2.4 (b) muestra el retroceso de los émbolos 1 y 2.





**Figura 2.4 (b).**- Simulación retroceso de émbolos 1 y 2.

En el ANEXO G - 1 se muestra el circuito de control del sistema de sujeción neumático rediseñado.

#### 2.1.4.- CÁLCULO DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS.

Las principales variables a considerar en la selección de los cilindros neumáticos son la fuerza del cilindro, la carga, el consumo de aire y la velocidad del pistón.

##### a.- Fuerza del cilindro.

El tipo de cilindros neumáticos que se implementarán en el sistema de sujeción de la curvadora de tubo marca Margua serán de doble efecto.

Los cilindros de doble efecto no cuentan con un resorte para volver a su posición de equilibrio, así su fuerza no disminuye en la carrera de avance, pero si en su carrera de retroceso, debido a la disminución de la carrera de embolo por la existencia del vástago.

La teoría de la energía de deformación (Esfuerzo de Von Misses) predice que la falla ocurre cuando el esfuerzo de Von Misses ( $\sigma$ ) excede la resistencia a la fluencia del material.

$$\sigma_{DISEÑO} = \frac{S_y}{F_s} \quad \text{Ec: 2.1}$$

Donde:

$\sigma_{DISEÑO}$  = Esfuerzo de Von Misses.

$S_y$  = Resistencia a la fluencia del material.

$F_s$  = Factor de seguridad.

En la tabla 2.1 se muestra el valor de resistencia a la fluencia de un tubo redondo ASTM A500.

**Tabla 2.1.-** Propiedades de los aceros estructurales.

Designación del Material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(Ksi)	(Mpa)	(Ksi)	(Mpa)	
A36	$t \leq 8\text{pulg}$	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4\text{pulg}$	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 4\text{pulg}$	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente	58	400	36	250	23

Entonces la resistencia a la fluencia ( $S_y$ ) será:

$$S_y = 50 \text{ KSI}$$

Se asume un factor de seguridad de **4** en razón de que la máquina curvadora de tubo proviene del reciclaje y su estructura mecánica está bastante deteriorada.

Reemplazando en la ecuación 2.1 se tiene:

$$\sigma_{DISEÑO} = \frac{50KSI}{4}$$

$$\sigma_{DISEÑO} = \mathbf{12.5 Kpsi} \rightarrow \text{Esfuerzo límite}$$

Una vez conocido el esfuerzo límite del material se toma como referencia el área del tubo a ser curvado, el mismo que está sujeto a flexión:

$$\sigma = \pm \frac{M*c}{I} = \frac{M}{Z} \quad \text{Ec: 2.2}$$

Donde:

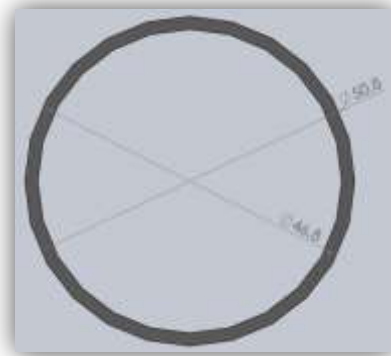
$M$  = Momento flexionante.

$C$  = Distancia desde el eje neutro hasta las fibras exteriores.

$I$  = Momento de inercia.

$Z$  = Módulo de la sección.

El tubo de mayor diámetro a curvar es de 2 pulg (50.8 mm), en la figura 2.5 se observa su diámetro interior y exterior.



**Figura 2.5.-** Vista frontal – tubo estructural ASTM 500 (50 mm).

Se procede entonces con el cálculo del módulo de la sección ( $Z$ ) para ello se utiliza la ecuación 2.3:

$$Z = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} \quad \text{Ec: 2.3}$$

Donde:

$Z$  = Modulo de la sección.

$D$  = Diámetro exterior (tubo de 2 pulg).

$d$  = Diámetro interior (tubo de 2 pulg).

Por tanto:

$$Z = \frac{\pi(2^4 - 1.84^4)\text{pulg}^4}{32(2\text{pulg})}$$

$$Z = 0.223 \text{ pulg}^3$$

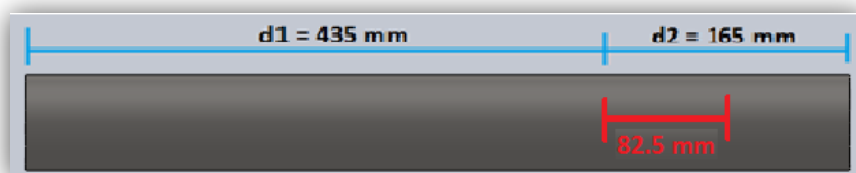
Reemplazando en la ecuación 2.2 se encuentra el momento flector máximo:

$$M_{\text{máx}} = \sigma * Z$$

$$M_{\text{máx}} = 12500 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 0.223 \text{ pulg}^3$$

$$M_{\text{máx}} = 2787.5 [\text{lb} * \text{pulg}]$$

La longitud óptima de curvado es 165 mm, entonces en el punto medio (82.5 mm) será el momento flector máximo.



**Figura 2.6.-** Momento flector máximo (punto medio).

Por tanto del momento flector máximo ( $M_{m\acute{a}x}$ ) se despeja la fuerza necesaria para curvar un tubo de 50 mm (ecuación 2.4):

$$M_{m\acute{a}x} = F * d \quad \text{Ec: 2.4}$$

$$F = \frac{M_{m\acute{a}x}}{d}$$

$$F = \frac{2787.5 \text{ lbf} * \text{pulg}}{82,5 \text{ mm}} * \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}}$$

$$F = 858.21 \text{ lbf} * \frac{1N}{0,224\text{lbf}} = 3831.29 \text{ N}$$

Una vez conocida la fuerza se procede con el cálculo de la presión necesaria para curvar un tubo de 50 mm de diámetro y un espesor de 2 mm (ecuación 2.5), para ello se toma como referencia una camisa proporcionada por la empresa (Figura 2.7); a continuación se exponen sus características:

- Diámetro interno: 178 mm (7 pulg).
- Espesor: 4 mm.



**Figura 2.7.-** Camisa extraída del reciclaje.

Entonces:

$$F_{empuje} = P_{aire} * \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ec: 2.5}$$

$$P_{aire} = \frac{F_{empuje} * 4}{\pi * D^2}$$

$$P_{aire} = \frac{858.21 \text{ lbf} * 4}{\pi * 7 \text{ pulg}^2}$$

$$P_{aire} = \mathbf{22.3 \text{ Psi}}$$

En consecuencia se necesita 22.3 Psi para curvar un tubo de 50mm de diámetro con un espesor de 2mm. Teniendo en cuenta que son dos cilindros se necesitaría una presión total de **44.6 Psi**.

El compresor de la planta tiene una capacidad de 200 psi, entonces se concluye que el mencionado compresor abastece el curvado.

**Diseño a 200 Psi (Capacidad máxima del compresor).**

$$F_{empuje} = P_{aire} * \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$F_{empuje} = 200 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} * \frac{\pi * (7 \text{ pulg})^2}{4} * \frac{1 \text{ N}}{0.224 \text{ lbf}}$$

$$F_{empuje (200 \text{ psi})} = \mathbf{34361.25 \text{ N}}$$

**Cálculo del torque del motor principal "A".**

Datos de placa:

$$P = 4 \text{ Kw.}$$

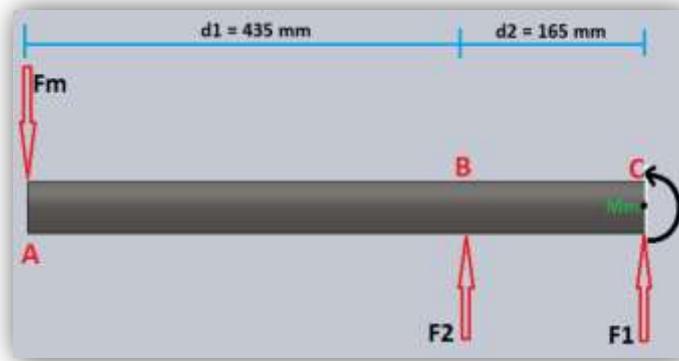
$$n = 12 \text{ rpm (Velocidad reducida).}$$

$$P = \frac{T * n}{9550}$$

$$T = \frac{P * 9550}{n}$$

$$T = \frac{4 \text{ Kw} * 9550}{12 \text{ rpm}}$$

$$T = \mathbf{3183.3 \text{ Nm}}$$



**Figura 2.8.-** Distribución de fuerzas durante el curvado (tubo 50 mm).

$$T = M_{máquina}$$

Entonces se procede con el cálculo de la fuerza ejercida por el motor:

$$\sum M_B = 0$$

$$F_1 * d_2 + F_m * d_1 + M_{máquina} = 0$$

$$F_{máquina} = -\left(\frac{M_m + F_1 d_2}{d_1}\right)$$

$$F_{máquina} = -\left(\frac{3183.3 \text{ Nm} + (3831.29 \text{ N} * 0.165 \text{ m})}{0.435 \text{ m}}\right)$$

$$F_{máquina} = -8771.18 \text{ N}$$

La Fuerza del motor ( $F_m$ ) que resulta en la parte posterior del tubo, se debe al torque efectuado por el motor en la parte delantera, por ello su signo negativo.

Con el fin de garantizar que la mordaza matriz del tubo se mantenga fija durante el proceso de curvado (giro del motor), se dice que:

$$F_{cilindro (200 \text{ psi})} \geq F_{máquina}$$

Como:

$$F_{cilindro 1} = F_{cilindro 2} = 34361.25 \text{ N}$$

Se tiene:

$$34361.25 N \geq 8771.18 N$$

Por tanto las mordazas que sujetan al tubo no se abrirán durante el curvado, esto ratifica que los cilindros neumáticos cumplen con los parámetros de trabajo.

Realizando una regla de tres se tiene que:

$$34361.25 N \rightarrow 200 Psi$$

$$8771.18 N \rightarrow x Psi$$

$$x = 51.05 Psi$$

Entonces el rango óptimo de operación del sistema neumático de la máquina comprende desde 51.05 Psi hasta 200 Psi, por ello se setea la unidad de mantenimiento en **70 Psi** debido a que el compresor abastece otros procesos.

### **2.1.5.- COMPROBACIÓN DEL REDISEÑO MEDIANTE APLICACIÓN DE CARGAS.**

Para la comprobación del rediseño del sistema neumático se aplicaron cargas en sitios estratégicos del sistema de sujeción de la curvadora, aquello permitió determinar el cumplimiento de parámetros, entre ellos el factor de seguridad.

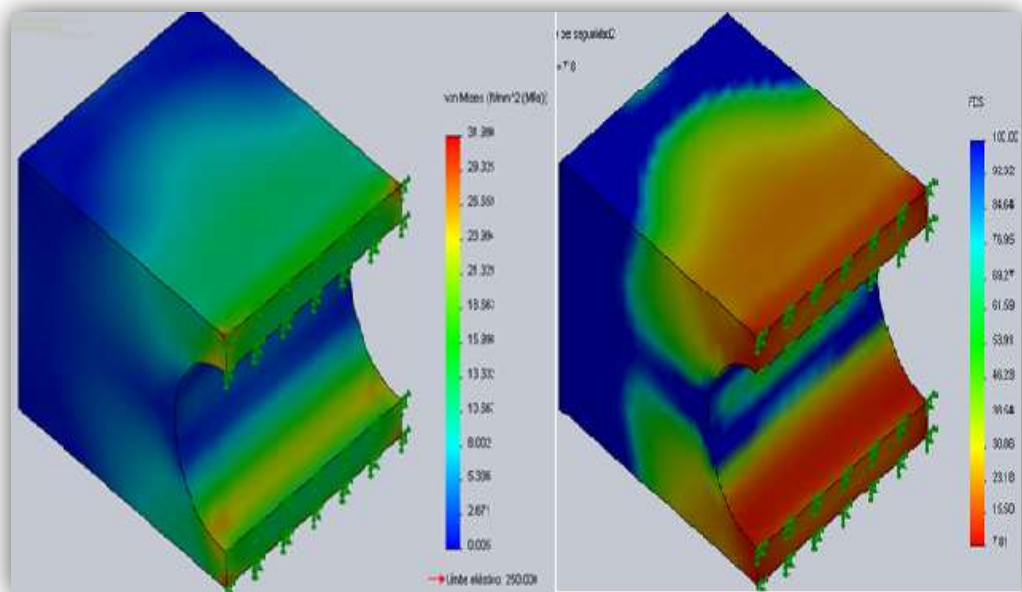
#### **2.1.5.1.- Análisis del factor de seguridad.**

El software SolidWorks 2010 permite utilizar y modificar los límites de fluencia ( $S_y$ ) de tensión y tracción con el fin de establecerlos de acuerdo a nuestra necesidad, sin perder el criterio de diseño.

A continuación se detallan las cargas aplicadas en la **mordaza semi redonda para tubo de 50mm** (Figura 2.9):

- Fuerza de empuje distribuida a 200 psi = 34361,25 N.
- Gravedad (carga externa).
- Material asignado en la mordaza: ASTM A-36.





**Figura 2.9.-** Simulación de la matriz semi redonda mediante SolidWorks.

Aplicando la fuerza máxima a 200 psi de presión (capacidad del compresor), se determina una TENSIÓN DE VON MISSES máxima de **31.99 Mpa**. Teniendo en cuenta que el límite máximo para el acero ASTM A-36 es de 250 Mpa, se dice que el valor obtenido está dentro de los parámetros.

En el análisis de tensiones ejecutado por el software SolidWorks 2010, también se comprobó que las tensiones máximas aplicadas no superan las tensiones admisibles por el acero seleccionado (ASTM 36), teniendo como resultado un factor de seguridad de **7.8**, aquello ratifica que el sistema neumático de sujeción propuesto cumple con los parámetros de rediseño.

### **2.1.6.- CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE SUJECCIÓN DEL TUBO.**

#### **a.- Construcción.**

Para la construcción de la estructura física del sistema neumático de sujeción, se utilizó material reciclado existente en la empresa; la tabla 2.2 muestra elementos y/o piezas que fueron necesarias para el mencionado fin.

**Tabla 2.2.-** Elementos y/o piezas utilizadas del reciclaje.

<b>ELEMENTOS Y/O PIEZAS UTILIZADAS DEL RECICLAJE</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>MATERIAL</b>
Tubo tipo camisa (x2)	D = 178 mm. L = 220 mm, e = 4 mm.	Acero inoxidable al cromo.
Bocines	Varios	Bronce
Paredes de cilindro (x4)	(190 x 190 x 40) mm.	ASTM A36
Vástago (x2)	D = 35 mm. L = 285 mm.	AISI 321
Embolo (x2)	D = 170 mm. L = 40 mm.	AISI 321
Placa soporte (x2)	(190 x 190 x 12) mm.	ASTM A36
O - rings (x4)	De = 178 mm. Di = 170 mm.	Caucho de silicio.

En el **ANEXO C** se detalla el proceso, tipo y demás especificaciones correspondientes a la **SOLDADURA**.

Las figuras 2.10 y 2.11, muestran uno de los cilindros neumáticos, construidos en base a elementos reciclados existentes en la empresa.

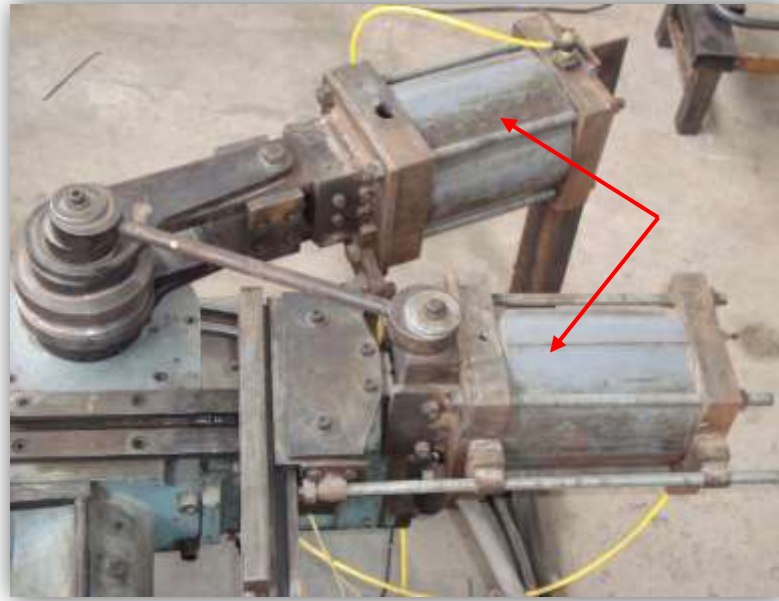


**Figura 2.10.-** Despiece físico del cilindro.

**Figura 2.11.-** Cilindro neumático.

### **b.- Montaje.**

La figura 2.12 muestra el montaje del sistema de sujeción por medio de cilindros neumáticos rediseñado.



**Figura 2.12.-** Montaje de cilindros neumáticos.

## **2.2.- DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO PARA EL CARRO POSICIONADOR.**

En la actualidad las empresas carroceras realizan el proceso de curvado de tubos en forma manual, significa que para la realización de un perfil de asiento es necesaria la presencia de por lo menos 2 operadores, la construcción de un sistema de posicionamiento simplifica el proceso, debido a que el tubo es girado gradualmente e introducido en una matriz de paredes redondas; por tanto se ha decidido diseñar un carro posicionador para la curvadora de tubo marca Margua, dicho sistema optimiza recursos e incrementa la producción.

### 2.2.1.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO.<sup>9</sup>

Cuando se usa la expresión de diseño está refiriéndose a varias características que influyen en un elemento o, quizá en todo el sistema.

Por lo general se debe tomar en cuenta ciertos parámetros que intervienen en el diseño, entre los más importantes tenemos:

- Confiabilidad.
- Costo.
- Seguridad.

a) **El método de confiabilidad de diseño.-** la tarea del diseñador es efectuar una selección juiciosa de materiales, procesos, dimensiones o tamaños, de modo que se determina la distribución de esfuerzos y de resistencias, y luego se relacionan estos dos conceptos a fin de lograr un índice aceptable.

b) **Costo.-** La consideración del costo es tan importante en el proceso de la decisión para el diseño, que tardaría uno tanto en examinarlo como en estudiar el diseño mismo.

c) **El método de diseño por factor de seguridad.-** Se le llama método clásico de diseño, es un procedimiento confiable comprobado a través del tiempo. Cuando se usa en forma apropiada, se obtienen diseños adecuados y seguros.

Para realizar el diseño del carro posicionador partimos de una estructura principal, en este caso será la máquina curvadora de tubo proporcionada por la empresa de carrocerías "CENTAURO", (Figura 2.13); con la ayuda del Software SolidWorks 2010 se obtendrán parámetros necesarios para el cálculo de las futuras estructuras (secundarias).

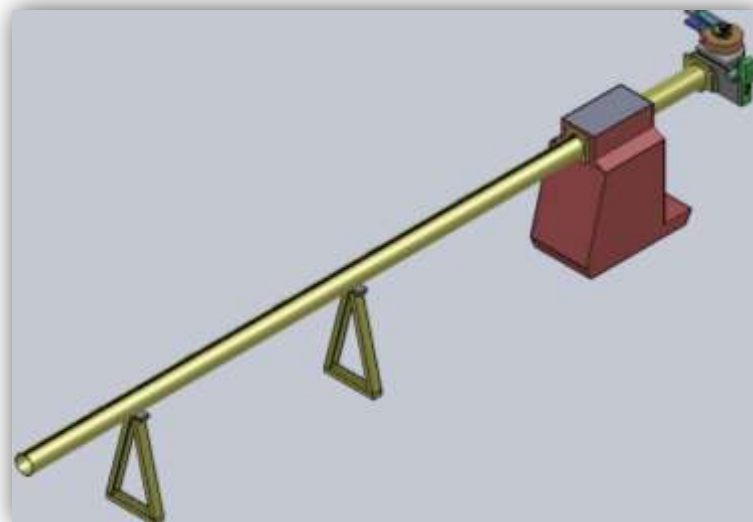


**Figura 2.13.-** Curvadora de tubo marca Margua.

### **2.2.2.- DISEÑO DEL MODELO COMPUTACIONAL DEL CARRO POSICIONADOR.**

#### **a.- Estructura principal.**

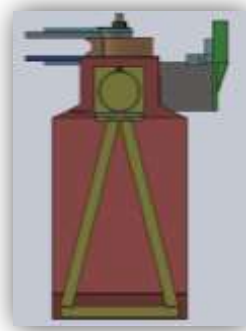
Se realizó la modelación de la máquina (Figuras 2.14; 2.15; 2.16) mediante el Software SolidWorks 2010 tomando en cuenta la estructura inicial existente.



**Figura 2.14.-** Estructura principal.



**Figura 2.15.-** Vista Lateral.



**Figura 2.16.-** Vista frontal.

#### **b.- Estructuras secundarias.**

Para el caso de la curvadora de tubo marca Margua, las estructuras secundarias son aquellas que no se encuentran dispuestas inicialmente en la máquina, es decir que dichas estructuras serán construidas mediante un diseño previo, basado en los movimientos que presenta una curvadora de tubo CNC, (Figura 2.17).



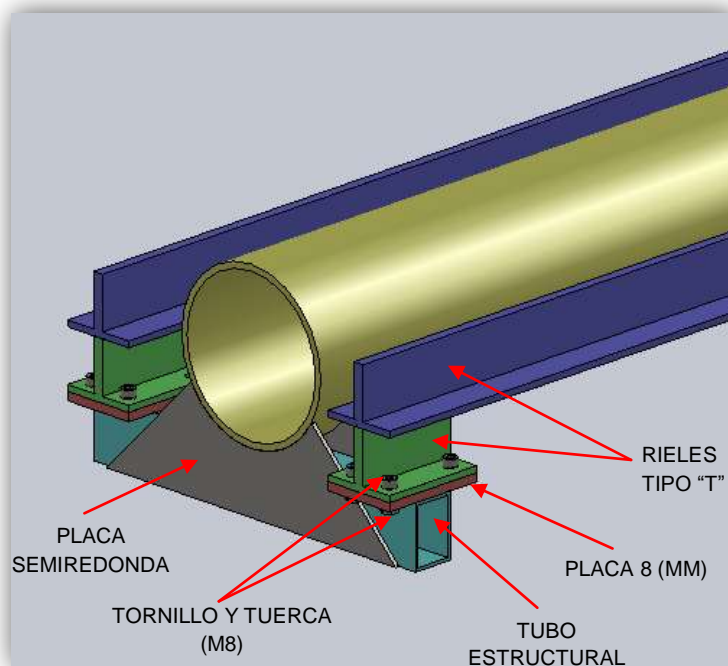
**Figura 2.17.-** Curvadora de tubo CNC.

La modelación de las estructuras secundarias también se lo realizó con la ayuda del software SolidWorks 2010, el mismo que facilita la visualización y posterior simulación del modelo diseñado, cabe mencionar que para dicho fin se asignaron materiales reciclados existentes en la planta.

a) **Ensamblaje de la estructura para el desplazamiento en el eje “z”.**

Las piezas utilizadas en la estructura que permite el desplazamiento longitudinal (eje “z”) del carro posicionador (Figura 2.18), son:

- Perfiles tipo “T”, con superficie rectificada.
- Placas (4mm), ASTM 36, Fresado semiredondo.
- Tubo estructural (60x40x2) mm, ASTM 36.
- Pernos M8x25 y tuercas M8.
- Placa (100x70x8) mm, ASTM 36.

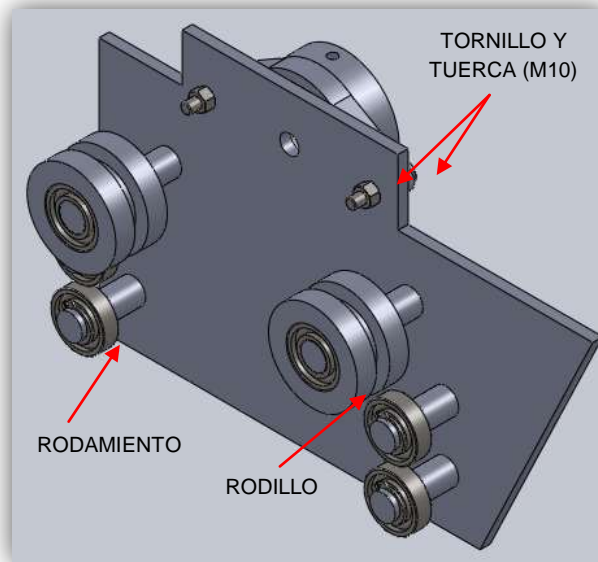


**Figura 2.18.-** Ensamblaje estructura para desplazamiento en el eje “z”.

b) **Ensamblaje de placas laterales.**- Aquí se presenta los conjuntos laterales tanto de izquierda (Figura 2.19), como de derecha (Figura 2.20); dichos conjuntos permiten el desplazamiento del carro posicionador a lo largo del eje “z”.

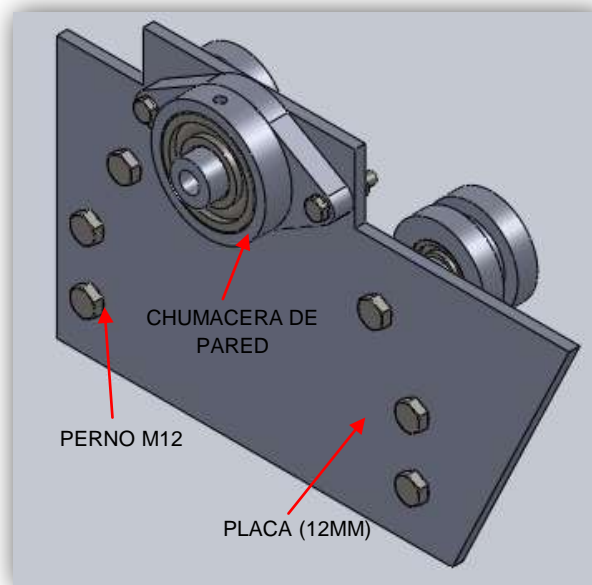
A continuación se expone una lista de materiales y/o piezas que se utilizaron para el ensamblaje de placas laterales:

- Placa ASTM 36 (12mm).
- Rodamiento.
- Chumacera de pared.
- Rodillo ASTM 36, Torneado.
- Eje ASTM 36.
- Tornillo y tuerca M8.
- Perno M12.



**Figura 2.19.-** Estructura lateral izquierda.

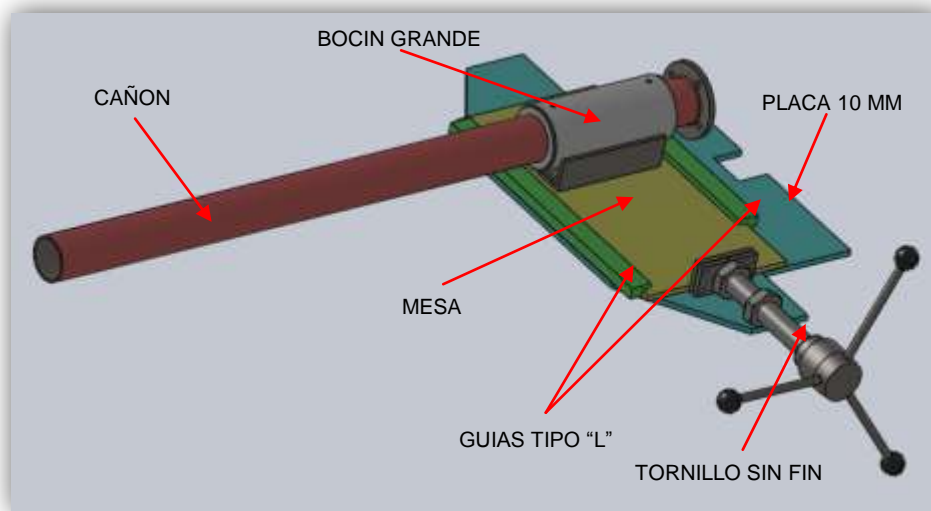




**Figura 2.20.-** Estructura lateral derecha.

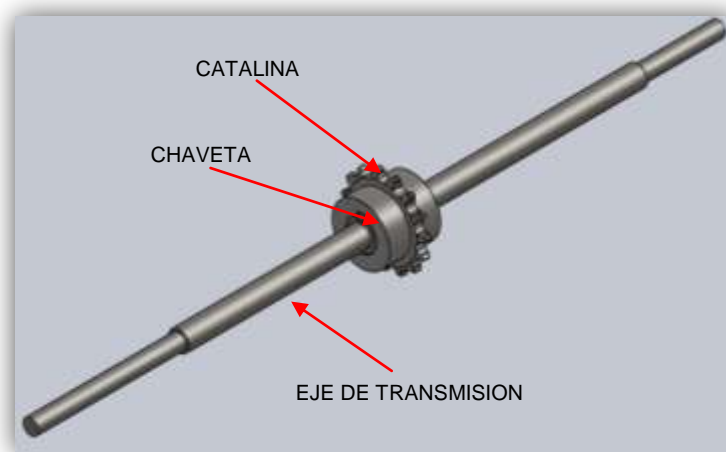
c) **Ensamblaje mesa - cañón para posicionamiento del eje “x”.-** Para lograr un correcto posicionamiento del tubo a procesarse (cañón), fue necesaria la construcción de una mesa, la misma que se desplaza transversalmente con la ayuda de dos guías tipo L; a continuación se presenta una lista de materiales y/o piezas utilizadas en el presente ensamble (Figura 2.21):

- Cañón.
- Mesa.
- Tornillo sin fin.
- Guías tipo L.
- Bocín guía.
- Placa base 10 mm.



**Figura 2.21.-** Ensamblaje mesa - cañón.

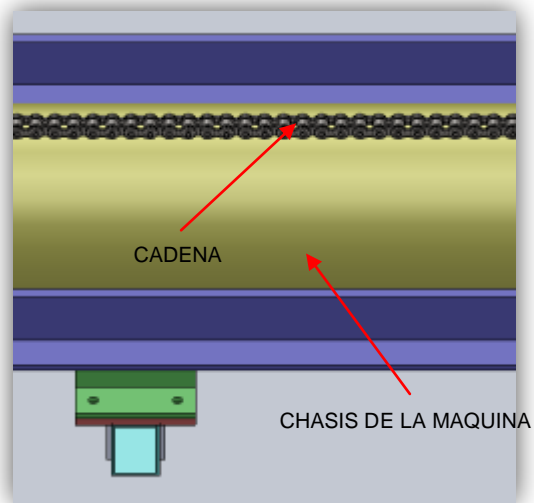
- d) **Ensamblaje catalina – eje de transmisión.-** Para el desplazamiento del carro posicionador a lo largo del eje longitudinal ("z") se utilizó una catalina y un eje proporcionados por la empresa, en la figura 2.22 se detallan los elementos del presente ensamblaje:



**Figura 2.22.-** Ensamblaje catalina - eje de transmisión.

- e) **Ensamblaje de la cadena.-** Se utilizaron pedazos de cadena unidos entre sí con el objeto de alcanzar la dimensión longitudinal necesaria para el

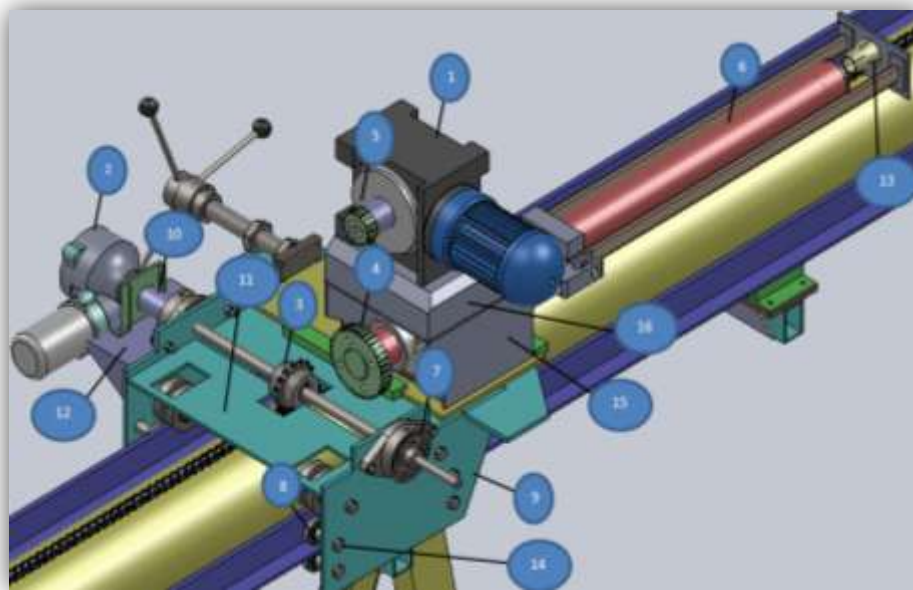
desplazamiento del carro posicionador; en la figura 2.23 se muestra el ensamblaje de la cadena sobre el chasis de la máquina:



**Figura 2.23.-** Ensamblaje de la cadena sobre el chasis de la máquina.

En el ANEXO I se detallan los planos mecánicos del sistema de posicionamiento.

**f) Listado de partes del carro posicionador.**



**Figura 2.24.-** Partes del carro posicionador.

1. Motorreductor C.
2. Motorreductor B.
3. Conjunto eje – catalina.
4. Rueda 83 dientes.
5. Piñón 38 dientes.
6. Cañón.
7. Chumacera de pared  $\frac{3}{4}$ .
8. Rodamientos.
9. Placa lateral A36 (8 mm).
10. Matrimonio.
11. Placa A36 (8 mm).
12. Base motorreductor B (Placa 6 mm - A36).
13. Boquilla
14. Pernos M8.
15. Placa A36 (6 mm).
16. Base motorreductor C (Tubo estructural 50 x 50 x 2 mm).

### **c.- Soldadura.**

#### **A. Soldadura del sistema de sujeción rediseñado.**

- **Proceso de soldadura:** El proceso de soldadura seleccionado es el SMAW (soldadura con electrodo revestido); por ser este el más económico que otros procesos y más versátil.
- **Tipo de soldadura:** el tipo de soldadura seleccionada para la unión permanente de los elementos es la soldadura a filete para todos los elementos.
- **Soldadura a Filete.**  
Las pruebas han mostrado que la soldadura de filete es más resistente a la tensión y compresión que al corte.
- **Material Base:** Es el acero estructural ASTM A36.
- **Tipo de Electrodo:** Se usará un electrodo E7018.
- **Electrodo E 7018.**<sup>10</sup>

Electrodo para soldar al arco eléctrico. Pertenece al grado E 70, que produce un metal de aporte de resistencia mínima de 70 000 lb/pulg<sup>2</sup>. Sirve para soldar en toda posición.

Puede emplearse con CA o CC polaridad invertida, produciendo un arco de tipo medio con penetración mediana. Su revestimiento es del tipo bajo hidrógeno y contiene de 30 a 50% de polvo de hierro.

**Aplicaciones:** Para aceros de mediano y bajo carbono, baja aleación, aceros laminados en frío, entre otros. Es de fácil manejo y posee un óptimo rendimiento, especialmente adecuado para soldadura de tubería de vapor, calderas de alta presión, tanques, piezas para maquinaria pesada, etc.

#### **B. Soldadura de las estructuras secundarias.**

- **Proceso de soldadura:** El proceso de soldadura seleccionado es el SMAW (soldadura con electrodo revestido).
- **Tipo de soldadura:** el tipo de soldadura seleccionada para la unión permanente de los elementos es la soldadura a filete para todos los elementos.
- **Material Base:** Es el acero estructural ASTM 500 y el acero ASTM 36.
- **Tipo de Electrodo:** Se usara un electrodo 6011 y 6018 respectivamente.
- **Electrodo E 6011.**<sup>11</sup>

Electrodo celuloso, para soldaduras de penetración, el arco es muy estable, potente y el material depositado de solidificación rápida, fácil aplicación de CA o CC. Los depósitos son de alta calidad en cualquier posición.

<sup>11</sup> Guía práctica para usos y selección de electrodos – AGA, pág. 24.

**Aplicaciones:** soldadura para aceros no templables (aceros dulces), carpinterías metálicas, bastidores para maquinas, chapas gruesas y delgadas.

El ANEXO C - 2 adjunta tablas de selección de electrodos.

#### d.- Sujeción.

Para la sujeción de placas, ejes, cilindros, bocines y demás componentes de los sistemas de la máquina, se utilizaron pernos de acero. En la figura 2.25 se detallan sus características.

Marcado de pernos de acero grado SAE					
Número de grado SAE	Rango del diámetro [inch]	Carga de prueba [kpsi]	Esfuerzo de ruptura [kpsi]	Material	Marcado de la cabeza
8	¼ - 1½	120	150	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	

**Figura 2.25.-** Pernos de acero grado 8.

El ANEXO B - 1 adjunta las marcas con que se indica el grado de resistencia de los pernos, para las normas SAE, ASTM y métrica.

## 2.3.- SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y/O DISPOSITIVOS.

### 2.3.1.- SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS.

Luego de realizada la modelación computacional de las estructuras primarias y secundarias de máquina, se procede con la selección y/o cálculos de los parámetros mecánicos expuestos en el párrafo 2.2 del presente capítulo.

**a.- Material.**

La selección del material que se asignará en el modelo computacional y que posteriormente se utilizará en la construcción de elementos mecánicos, está basado en las especificaciones de resistencia (Tabla 2.3).

**Tabla 2.3.-** Resistencias mínimas específicas de ciertos aceros ASTM.<sup>12</sup>

TIPO DE ACERO	Núm. ASTM	S <sub>y</sub> , kpsi	S <sub>u</sub> , Kpsi	TAMAÑO, in, HASTA
<b>Al carbono</b>	<b>A36</b>	<b>36</b>	<b>58</b>	<b>8</b>
	A 529	42	60	1/2
De baja aleación	A572	42	60	6
	A572	50	65	2
inoxidable	A588	50	70	4
De aleación &T	A514	100	110	2 1/2

Dónde:

$S_y$  = Resistencia de fluencia.

$S_u$  = Resistencia última.

De acuerdo con la experiencia y disponibilidad en el reciclaje de la empresa, además de su moderado costo, el tipo de acero seleccionado es el **ASTM 36**.

Para la construcción de la estructura secundaria y el sistema neumático de sujeción, se utilizaron pedazos de plancha ASTM 36 de 6mm, 8mm y 12mm, además del tubo estructural ASTM 500 (40 x 60) extraídos del reciclaje de la planta.

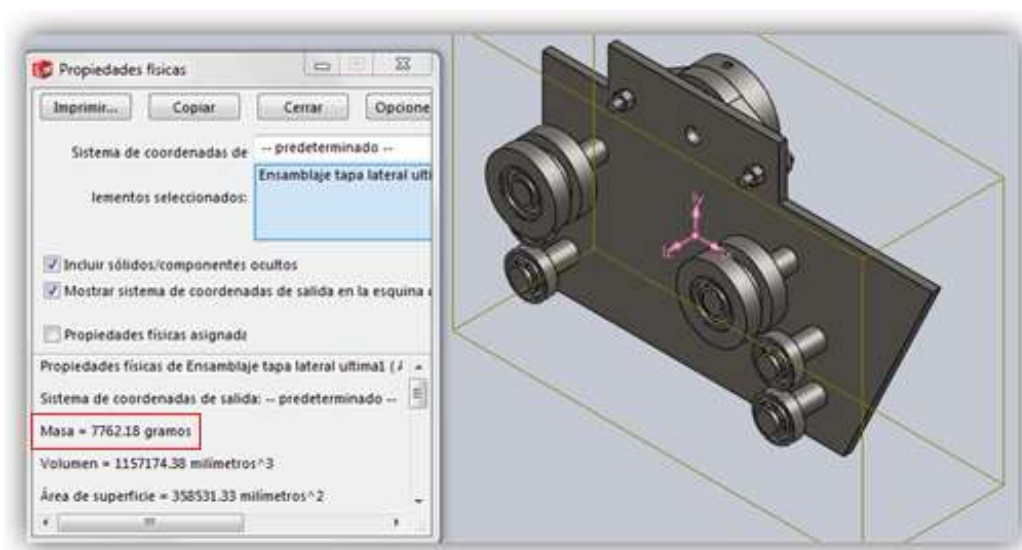
En el **ANEXO D - 8** se detallan las características físicas y técnicas de tubos estructurales DIPAC existentes en el mercado nacional.

### **b.- Determinación de cargas.**

Para realizar la selección de rodamientos, pernos, elementos de transmisión como cadena y catalina, entre otros, se debe asignar el tipo de material en el diseño computacional, en este caso se asignará el acero al carbono ASTM 36; aquello permite conocer las cargas existentes en las estructuras primarias y secundarias de la máquina.

#### **Placa lateral.**

- Masa total es de 7,76218Kg.
- No se toma en cuenta la gravedad en el modelo.
- Acero ASTM 36: espesor de 8mm.



**Figura 2.26.-** Determinación de cargas placa lateral base.



### Posicionador transversal eje “x” (conjunto mesa-cañón).

- Masa total es de 31,11429 Kg.
- No se toma en cuenta la gravedad en el modelo.
- Acero ASTM 36: espesor de 8mm.
- Tubo ASTM 500: D = 65 mm, e = 3 mm.

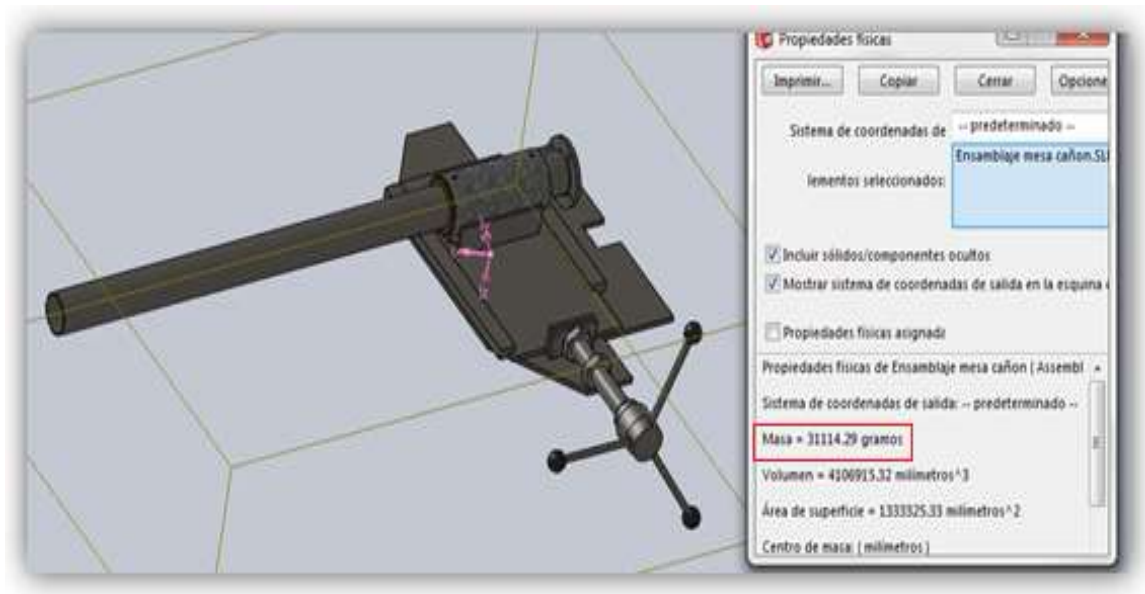
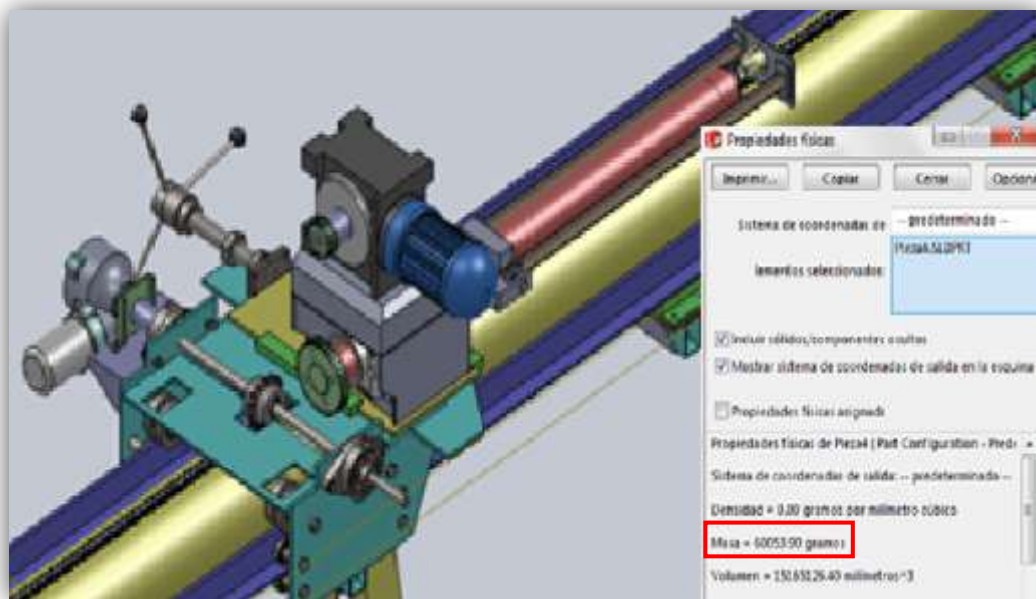


Figura 2.27.- Determinación de cargas posicionador transversal.

### Carro posicionador.

- Masa total es de 60,053 Kg.
- No se toma en cuenta la gravedad en el modelo.
- Materiales asignados: acero ASTM 36, ASTM 500, acero galvanizado, Bronce comercial.



**Figura 2.28.-** Determinación de cargas totales en el carro posicionador.

**Nota:** La asignación de materiales para las estructuras secundarias anteriormente citadas, se lo realizó con la ayuda del asesor de estudio del software SolidWorks 2010.

### **c.- Selección de rodamientos.**

Como se detalla en la modelación computacional y de acuerdo a los materiales disponibles en la empresa, se utilizaron rodamientos de la **serie:**

**SKF - 6004 - 12**

↓            ↓            ↓

A            B            C

Dónde:

**A:** Marca del rodamiento.

**B:** Es la numeración en donde se determina el diámetro interior, diámetro exterior, espesor, por lo general los dos primeros dígitos determinan el diámetro interior de acuerdo a la norma, el diámetro exterior por los dos siguientes dígitos.

**C:** Determina el número de bolas interiores.

La selección de un rodamiento se basa en la carga a la que va a estar sometido, por tal razón dispone de lo siguiente:

- Masa carro posicionador: **60,053 Kg.**
- Masa tubo estructural 50mm, espesor 2mm: **2,37 kg/m.**

La sumatoria de masas es la siguiente:

$$\Sigma Masa = 60.053$$

$$\Sigma Masa = 60,053 [Kg\ masa]$$

Entonces:

$$W_{posicionador} = 60,053[kg\ masa] * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_{posicionador} = 589,22 [N] * \frac{0,1020[kgf]}{1[N]}$$

$$W_{posicionador} = \mathbf{60,090 [kgf]}$$

Para un tubo estructural de 6 metros que existe en el mercado se tiene:

$$M_{tubo} = 2,37 \left[ \frac{kg}{m} \right] * 6[m]$$

$$M_{tubo} = 14,22 [kg]$$

Por tanto:

$$W_{tubo} = 14,22 [kg] * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_{tubo} = 139,50[N] * \frac{0,1020[kgf]}{1[N]}$$

$$W_{tubo} = \mathbf{14,23[kgf]}$$

El peso total que soportan los 6 rodamientos dispuestos en cada lado del carro posicionador es:

$$W_{total} = 60,090[kgf] + 14,23[kgf]$$

$$W_{total} = \mathbf{74,32[kgf]}$$

#### **d.- Análisis de selección de rodamientos.**

Para realizar un análisis de selección se debe recolectar datos que permitan hacer una comparación con el fin de determinar una correcta selección del dispositivo y/o elemento, en este caso los datos que intervienen en el mencionado análisis son el diseño computacional y los elementos (rodamientos) proporcionados por la empresa.

A continuación se presenta una lista de datos obtenidos:

- Diámetro del eje del rodamiento interno: 20mm.
- Diámetro del rodamiento exterior: 42mm.
- Diámetro del eje de la polea de movimiento en el eje “z”: 20mm.
- Diámetro exterior de la polea de movimiento en el eje “z”: 42mm.
- Peso total del carro posicionador: 74,32 [kgf].
- Numero de rodamientos por tapa lateral: 6.

### Cálculos carga dinámica.

Para determinar la carga dinámica que es parte del análisis de selección de un rodamiento, se emplea la ecuación 2.6 tomada del capítulo 1, párrafo 1.11.4, ahí se expone el método matemático que al ser simplificado resulta la siguiente expresión:

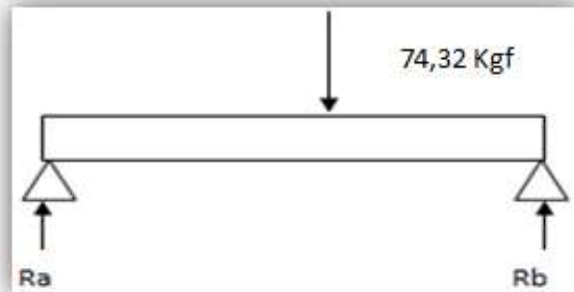
$$P = F [Kgf] \quad \text{Ec 2.6}$$

Dónde:

$P$  =Carga equivalente sobre el rodamiento [ $Kgf$ ].

$F$  = Fuerza [ $Kgf$ ].

Por tanto para determinar la carga ( $P$ ) que soporta cada placa, es necesario realizar una sumatoria de fuerzas como se ilustra en la figura 2.29.



**Figura 2.29.-** Determinación carga dinámica.

$$W_{total} = 74,32[kgf]$$

Entonces:

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma F = 74,32 - Ra - Rb$$

Los apoyos  $Ra$  y  $Rb$  son iguales, por tanto:

$$74,32 - 2Ra = 0$$

$$Ra = 37,16[kgf]$$

Los rodamientos que desplazan el carro posicionador son apoyos que soportan carga (peso de la estructura), existen 6 rodamientos por cada placa.

$$P = \frac{37,16[kgf]}{6 \text{ rodamientos}}$$

$$P = 6,19[kgf]$$

La expresión matemática de la vida útil detallada en el capítulo 1, párrafo 1.11.4, permite la obtención de la carga dinámica ( $C$ ).

A continuación su forma simplificada:

$$C = \sqrt[3]{L_{10}} * P \quad \text{Ec 2.7}$$

Dónde:

$C$  = Carga dinámica.

$L_{10}$  = 1000000 (Vida estimada en millones de revoluciones).

$P$  = Carga equivalente sobre el rodamiento.

$$C = \sqrt[3]{1000000} * 6,19$$

$$C = 619[kgf] * \frac{1[N]}{0,1020[kgf]}$$

$$C = 6,19[KN]$$

### Cálculos carga estática.

Para determinar la carga estática ( $C_0$ ) que es parte del análisis de selección de rodamiento, es necesario citar la siguiente expresión matemática ya simplificada: (véase capítulo 1. Párrafo 1.11.3)

$$C_0 = S_o * P \quad \text{Ec 2.8}$$

Dónde:

$C_0$  = Carga estática.

$S_o$  = Factor de seguridad estático.

$P$  = Carga equivalente sobre el rodamiento.

De acuerdo con los valores orientados para el factor de seguridad estático ( $S_o$ ), el valor de 1 es recomendable para rodamientos de rodillos y bolas en condiciones normales (Figura 2.30).

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios						Rodamientos estacionarios	
	Requisitos relativos al funcionamiento silencioso sin importancia			normales			alto	
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables <sup>1)</sup>	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

**Figura 2.30.-** Valores orientados para el factor de seguridad estático.

Entonces:

$$C_0 = 1 * 6,19kgf$$

$$C_0 = 6,19kgf * \frac{1[N]}{0,1020[kgf]}$$

$$C_0 = 6,19[KN]$$

## **Análisis.**

La tabla 2.4 muestra el análisis de datos adquiridos y datos técnicos de un rodamiento.

**Tabla 2.4.-** Analisis de datos adquiridos vs datos técnicos en un rodamiento.

<b>Características rodamientos proporcionados por la empresa</b>		<b>Características técnicas manual SKF 6004 - 12</b>	
Diámetro interior	20mm	Diámetro interior	20mm
Diámetro exterior	42mm	Diámetro exterior	42mm
Carga estática	6,19 KN	Carga estática	7 KN
Carga dinámica	6,19 KN	Carga dinámica	9,95 KN

Como se observó en la tabla 2.4, los parámetros obtenidos mediante cálculos no superan los establecidos en el manual de características técnicas SKF 6004 – 12; esto quiere decir que los elementos (rodamientos) proporcionados por la empresa cumplen con las exigencias del diseño.

En el **ANEXO D - 2** se detallan las características técnicas de rodamientos SKF.

### **e.- Selección de chumaceras de pared.**

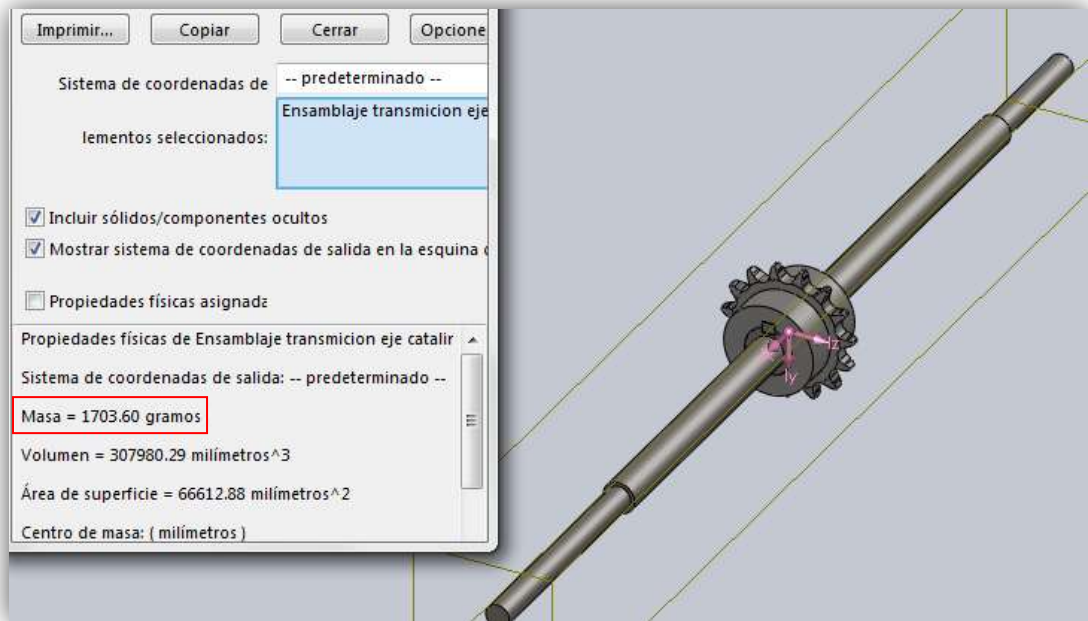
En función de los materiales disponibles en la empresa, se utilizaron dos chumaceras de la **serie: SKF-FY 15 DF.**

Como en un rodamiento, la selección de una chumacera depende de la carga a la cual está sometida, por ello es necesario determinar cargas existentes en las estructuras afines a las chumaceras.



## Conjunto transmisión de movimiento.

- Masa total es de 1.7 Kg.
- No se toma en cuenta la gravedad en el modelo.
- Material asignado: Acero ASTM A-36.



**Figura 2.31.-** Determinación de cargas transmisión de movimiento.

$$Masa\ del\ ensamblaje = 1,7 [Kg\ masa]$$

$$W_{ensamblaje} = 1,7[kg\ masa] * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_{ensamblaje} = 16.7 [N] * \frac{0,1020[kgf]}{1[N]}$$

$$W_{ensamblaje} = 1,7[kgf]$$

### f.- Análisis de selección de chumaceras.

Los datos con los que se cuenta para dicho análisis son los elementos (chumaceras) proporcionados por la empresa y el diseño computacional.

Por tanto se tiene:

- Diámetro del eje del rodamiento interno: 15mm
- Peso total del ensamblaje: 1,7 [kgf].
- Numero de rodamientos por tapa lateral: 2.

### Cálculos carga dinámica.

La determinación de la carga dinámica para el análisis de selección de una chumacera, es similar a la de un rodamiento, por tanto la expresión del modelo matemático simplificado es la siguiente:

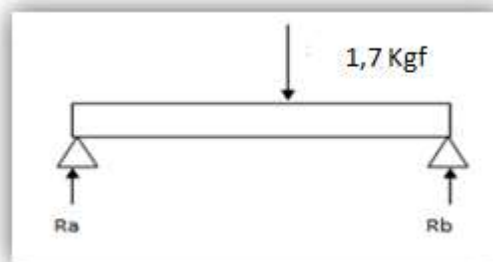
$$P = F \text{ [Kgf]}$$

Dónde:

$P$  = Carga equivalente sobre el rodamiento [Kgf].

$F$  = Fuerza [Kgf].

Para determinar la carga ( $P$ ) que soporta cada placa, es necesario realizar una sumatoria de fuerzas (DCL) como se ilustra en la figura 2.32.



**Figura 2.32.-** Determinación carga dinámica.

$$W_{total} = 1.7[\text{kgf}]$$

Entonces:

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma F = 1.7 - Ra - Rb$$

Los apoyos  $Ra$  y  $Rb$  son iguales, por tanto:

$$1.7 - 2Ra = 0$$

$$Ra = \mathbf{0.85[kgf]}$$

Las chumaceras son apoyos que soportan carga (peso del conjunto transmisión de movimiento), existen 2 chumaceras por cada placa.

$$P = \frac{0.85[kgf]}{2 \text{ chumaceras}}$$

$$P = \mathbf{0.43[kgf]}$$

La expresión matemática de la vida útil detallada en el capítulo 1, permite la obtención de la carga dinámica ( $C$ ).

A continuación su forma simplificada:

$$C = \sqrt[3]{L_{10}} * P$$

Dónde:

$C$  = Carga dinámica.

$L_{10}$  = 1000000 (Vida estimada en millones de revoluciones).

$P$  = Carga equivalente sobre el rodamiento.

$$C = \sqrt[3]{1000000} * 0.43$$

$$C = 43[kgf] * \frac{1[N]}{0,1020[kgf]}$$

$$C = 0,422[KN]$$

### **Cálculos carga estática.**

Para determinar la carga estática ( $C_0$ ) que actúa sobre la chumacera, es necesario citar la siguiente expresión matemática ya simplificada: (véase capítulo 1. Párrafo 1.11.3)

$$C_0 = S_0 * P$$

Dónde:

$C_0$  = Carga estática.

$S_0$  = Factor de seguridad estático.

$P$  = Carga equivalente sobre el rodamiento.

De acuerdo con los valores orientados para el factor de seguridad estático ( $S_0$ ), el valor de 1 es recomendable en condiciones normales.

Entonces:

$$C_0 = 1 * 0,43kgf$$

$$C_0 = 4,43kgf * \frac{1[N]}{0,1020[kgf]}$$

$$C_0 = 0,42[KN]$$

### **Análisis.**

La tabla 2.5 muestra el análisis de datos adquiridos y datos técnicos de una chumacera.

**Tabla 2.5.-** Analisis de datos adquiridos vs datos técnicos de una chumacera.

<b>Características proporcionadas por la empresa</b>		<b>Características Técnicas manual SKF-FY 15 DF</b>	
Diámetro interior	15mm	Diámetro interior	15mm
Fundición cuadrada	Ajuste por prisioneros M6	Fundición cuadrada	Ajuste por prisioneros M6
Carga estática	0,42KN	Carga estática	4,75KN
Carga dinámica	0,42KN	Carga dinámica	9,56KN

Como se observó en la tabla 2.5, los parámetros obtenidos mediante cálculos no superan los establecidos en el manual de características técnicas SKF - FY 15 DF; esto quiere decir que los elementos (chumaceras) proporcionadas por la empresa cumplen con las exigencias del diseño.

En el **ANEXO D - 3** se detallan las características técnicas de chumaceras SKF - FY 15 DF.

**g.- Selección del conjunto cadena - catalina.**

La selección del conjunto cadena – catalina se lo hizo en función a la modelación computacional y a la disponibilidad de estos elementos en el reciclaje de la empresa, por tanto se utilizó una cadena # 50 y una catalina de 15 dientes.

#### **h.- Análisis de selección cadena – catalina.**

Los datos que se enlistan a continuación, fueron proporcionados por la empresa, es decir características físicas de la máquina, actuadores, elementos del reciclaje, entre otros.

- Longitud árbol principal: 5055mm.
- Radio de la rueda de desplazamiento en eje “z”: 42mm.
- Tiempo de desplazamiento del carro posicionador: 6,31seg.
- Numero de cadena: 50.
- Paso de la cadena: 15,8mm.
- Voltaje motor reductor “B”: 12Vdc.
- Corriente de consumo: 1,5 A.

#### **Longitud de arco de la rueda del motor.**

$$L = 2\pi r$$

$$L = 2 * \pi * 42 \text{ mm}$$

$$L = \mathbf{263.89 [mm]}$$

#### **Número de veces o revoluciones según la distancia del árbol.**

$$\#Revoluciones = \frac{5055[mm]}{263,89[mm]}$$

$$\#Revoluciones = 19,15 \approx \mathbf{19}$$

#### **Como se tiene el tiempo se tiene las rpm.**

$$RPM = \frac{19[rev]}{6,31[seg]} * \frac{60[seg]}{1[min]}$$

$$RPM = 180,66[rpm] \approx \mathbf{181[rpm]}$$

**La potencia mecánica obedece la siguiente relación:**

$$P = V * I$$

$$P = 12[V] * 1,5[A]$$

$$P = \mathbf{18 [W]}$$

En la figura 2.33 se muestra el factor de seguridad para motores eléctricos.

Condiciones de Trabajo	Motor Eléctrico		Motor Diesel	
	8 - 10 hs.	24 hs.	8 - 10 hs.	24 hs.
Uniforme	1,00	1,25	1,25	1,50
Semi Pesado	1,25	1,50	1,50	1,75
Pesado	1,50	1,75	1,75	2,00

**Figura 2.33.-** Factor de seguridad para motores. <sup>13</sup>

Entonces la potencia total ( $P_T$ ) para el análisis de la cadena será:

$$P_T = 18[W] * FS$$

$$P_T = 18[W] * 1,25$$

$$P_T = \mathbf{22,5[W]}$$

**Torque requerido.**

$$P = \frac{T * n}{9550}$$

Entonces:

$$T = \frac{P * 9550}{n}$$

$$T = \frac{0,018KW * 9550}{181rpm}$$

$$T = \mathbf{0,94 N.m}$$

## Análisis.

El presente análisis tiene como objetivo comparar los valores calculados y los datos técnicos, de modo que se pueda conocer si el criterio de selección fue el adecuado, de no ser así se tomarán medidas correctivas.

### Cadena utilizada del reciclaje:

Datos:

- Potencia requerida = 22,5 [W] (0,03 HP).
- Rpm del piñón (catalina) = 181rpm.
- Paso = 5/8.

En la figura 2.34 se observa que para una velocidad de 250 rpm (sobre dimensionado) y número de dientes = 15; La cadena que se utilizó del reciclaje soporta una potencia de 2.20 [hp], por tanto está bien seleccionada.

RPM del Piñón	Paso 3/8"					Paso 1/2" x 5/16"					Paso 5/8"				
	Veloc. Max 3900 RPM					Veloc. Max 3000 RPM					Veloc. Max 2000 RPM				
	Dientes					Dientes					Dientes				
	15	17	19	21	23	15	17	19	21	23	15	17	19	21	23
50	0.14	0.15	0.17	0.19	0.20	0.30	0.40	0.45	0.50	0.55	0.55	0.60	0.66	0.73	0.80
150	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	1	1.10	1.20	1.30	1.45	1.40	1.60	1.80	2	2.20
250	0.60	0.65	0.75	0.85	0.90	1.45	1.65	1.85	2.05	2.25	2.20	2.50	2.80	3.10	3.40
400	0.90	1	1.10	1.25	1.35	2.30	2.45	2.70	3	3.30	3.20	3.60	4.10	4.50	4.90
600	1.30	1.40	1.55	1.75	1.90	3	3.30	3.70	4.10	4.50	4.30	4.80	5.40	5.90	6.50
950	1.65	1.90	2.15	2.40	2.60	4	4.45	4.95	5.50	6	5.40	6.20	7	7.70	8.40
1500	2.25	2.50	2.80	3.10	3.40	4.80	5.40	6	6.70	7.30	6.10	6.90	7.70	8.50	9.25
2000	2.60	2.80	3.15	3.50	3.80	5	5.50	6.20	7	7.50	6.10	6.90	7.70	8.50	9.25
2500	2.70	3	3.30	3.70	4	5	5.50	6.20	7	7.50					
3000	2.70	3	3.30	3.70	4	5	5.50	6.20	7	7.50					
3500	2.70	3	3.30	3.70	4										

Figura 2.34.- Potencias para cadenas.<sup>14</sup>



**Catalina tipo SUS 50B-15 utilizada del reciclaje:**

Datos:

- Numero de dientes = 15.
- Paso = 5/8.

La selección de la catalina se lo hace en función de la cadena, es decir uno de los parámetros para selección de la cadena es el número de dientes de la catalina, en este caso es 15, por tanto se ratifica la óptima selección del mencionado elemento.

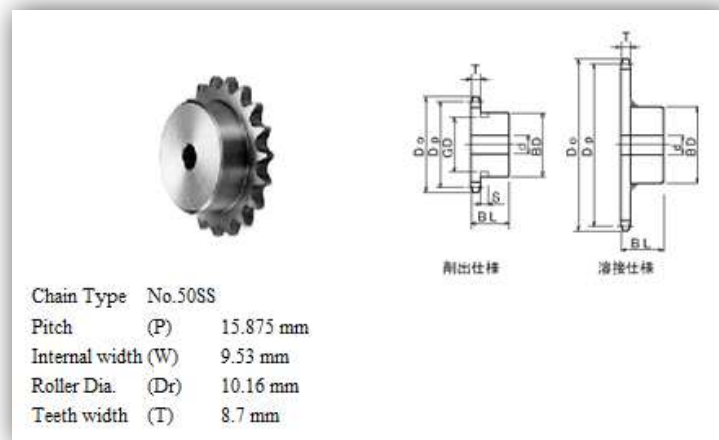
La figura 2.35 muestra los tipos de catalina de acuerdo del número de dientes.

Sprockets No.		Outside Dia. Do	Pitch Dia. Dp	Bore d			Hub		Weight (kg)
Type	Teeth No.			Stock	min.	max.	BD	BL	
SUS 50B	10	58	51.37	9	11	22	*40	25	0.27
	11	64	56.35	14.5	16.5	28	*45.5	25	0.33
	12	69	61.34	14.5	16.5	30	*50	25	0.41
	13	74	66.34	14.5	16.5	32	*51	25	0.46
	14	79	71.34	14.5	16.5	32	52	25	0.52
	15	84	76.35	14.5	16.5	35	57	25	0.62
	16	89	81.37	14.5	16.5	40	62	25	0.72
	17	94	86.39	14.5	16.5	45	67	25	0.83
	18	100	91.42	14.5	16.5	48	72	28	1.00
	19	105	96.45	14.5	16.5	48	73	28	1.10
	20	110	101.48	14.5	16.5	48	73	28	1.20
	21	115	106.51	14.5	16.5	48	73	28	1.20
	22	120	111.55	16.5	18.5	48	73	28	1.30
	23	125	116.58	16.5	18.5	48	73	28	1.30
	24	130	121.62	16.5	18.5	48	73	28	1.40
	25	135	126.66	16.5	18.5	48	73	28	1.50
	26	140	131.70	16.5	18.5	48	73	28	1.50
	27	145	136.74	16.5	18.5	48	73	28	1.50
	28	150	141.79	16.5	18.5	48	73	28	1.60
	30	161	151.87	16.5	18.5	48	73	28	1.80

**Figura 2.35.-** Tipos de catalina norma JIS, paso 5/8.<sup>15</sup>

La figura 2.36 ilustra las dimensiones de la catalina seleccionada.

<sup>15</sup> [http://www.transmicion.com/Manufacturer\\_sprocketschain.com](http://www.transmicion.com/Manufacturer_sprocketschain.com).



**Figura 2.36.-** Dimisiones de la catalina tipo SUS 50B-15.

**NOTA:** El eje de transmisión (ASTM 36) con el que se cuenta posee un diámetro de 30 mm, por ello es necesario mecanizarlo hasta obtener el diámetro de 20 mm dispuesto en la catalina.

**i.- Análisis del factor de seguridad para las estructuras del carro posicionador.**

Como ya se explicó en el párrafo 2.1.5.1 del presente capítulo, el análisis del factor de seguridad se lo realiza con la ayuda del software SolidWorks 2010 tomando como referencia el criterio de MAXIMA TENSION DE VON MISSES.

Para determinar el factor de seguridad de un elemento, es necesario asignar datos como la masa, torque, entre otros.

A continuación se procede con el análisis de la estructura (eje, chaveta, catalina) correspondiente al carro posicionador.

### Estructura de transmisión (eje, chaveta, catalina).

$$W_{eje-catalina} = 2,42[\text{kg masa}] * 9,81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$W_{eje-catalina} = 23,74 [N] * \frac{0,1020[\text{kgf}]}{1[N]} = 2,42 [\text{kgf}]$$

$$W_{transmision} = W_{eje-catalina} + W_{placas laterales}$$

$$W_{transmision} = 2,42[\text{kgf}] + 53,13[\text{kgf}]$$

$$W_{transmision} = 56,6 [N] * \frac{0,1020[\text{kgf}]}{1[N]} = 5,8[N]$$

Con este valor más el torque se realiza el análisis computacional que está a continuación:

$$T = 0,94 \text{ N.m}$$

$$W_{transmision} = 5,8[N]$$

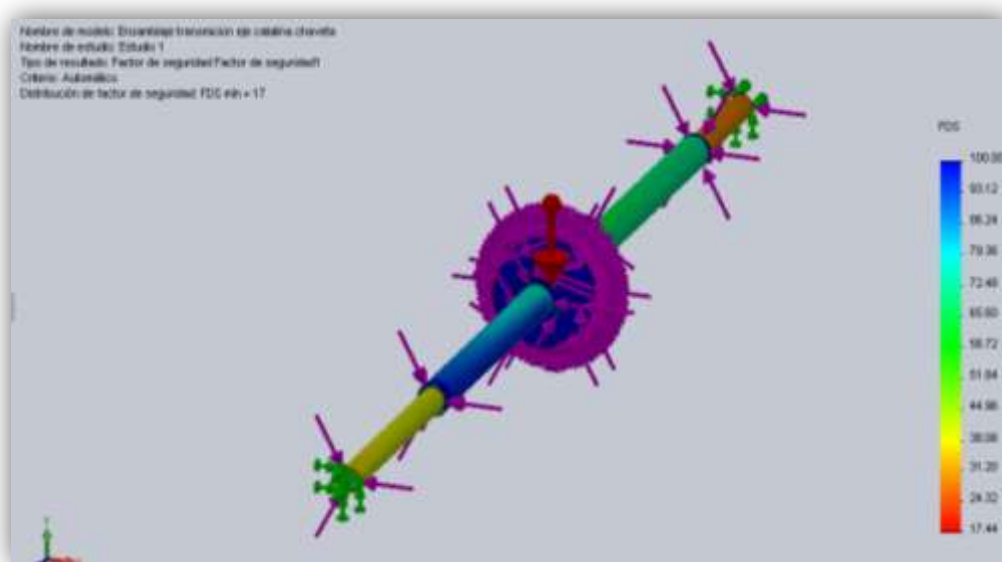


Figura 2.37.- Simulación estructura de transmisión.

El factor de seguridad necesario debe ser  $FDS = 4$  (véase capítulo 1, párrafo 1.7.3) o mayor, ya que los componentes estarán sometidos a carga o choque por impacto durante su funcionamiento.

Con la ayuda de SolidWorks 2010 se comprobó que las tensiones máximas aplicadas no superan las tensiones admisibles por el acero seleccionado ASTM 36, aquello arroja un  $FDS_{min} = 17$ ; esto muestra que la estructura de transmisión propuesta en la modelación computacional cumple con parámetros de seguridad.

### **2.3.2.- SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS.**

#### **a.- Utilización de electroválvulas.**

La función de una electroválvula neumática es controlar la posición del vástago en un cilindro neumático de doble efecto, por ello se seleccionó 3 electroválvulas 5/2 con pilotaje eléctrico y retorno por muelle, dos de ellas trabajarán en el accionamiento coordinado del sistema de sujeción del tubo; la tercera contraerá una boquilla matriz, la misma que sujetará el tubo que va a ingresar al proceso de curvado, cabe mencionar que dichas electroválvulas soportarán una presión de 70 psi, este valor se obtuvo mediante el cálculo de la fuerza de empuje de los émbolos, las características de las electroválvulas seleccionadas se detalla en la tabla 2.6.



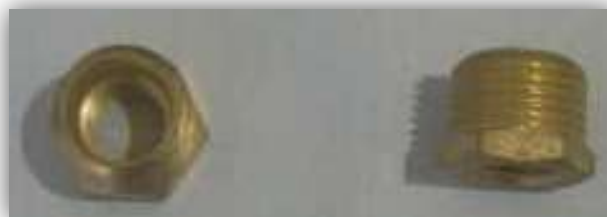
**Figura 2.38.-** Electroválvula CHELIC 5/2.

**Tabla 2.6.-** Características electroválvula 5/2 CHELIC.

<b>ELECTROVALVULA</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
Marca	CHELIC
Marca de Bobina	AMISCO
Presión Máxima	135 PSI
Temperatura	5 – 60 °C
Voltaje	110VAC
Tipo	SV - 6102
Potencia	5 VA

**b.- Utilización de acoples y manguera.**

Cada cilindro neumático tiene dos entradas roscadas de  $\frac{1}{2}$  “, por lo que se utilizó 4 bushing de  $\frac{1}{2}$  “a  $\frac{1}{4}$  “.



**Figura 2.39.-** Bushing de  $\frac{1}{2}$  “a  $\frac{1}{4}$  “.

A partir de esto se adaptó 4 acoples rápidos para las cilindros de sujeción del tubo y 2 para el cilindro de accionamiento de la boquilla ( $\frac{1}{4}$ ” a 6 mm) que es el

diámetro de la manguera neumática que sale de la unidad de mantenimiento y de las electroválvulas.



**Figura 2.40.-** Acoples rápidos de  $\frac{1}{4}$  "a 6 mm.

La manguera neumática que se seleccionó es la de 6mm de diámetro, debido a que la salida de la unidad de mantenimiento al igual que las electroválvulas poseen dicha medida, la manguera puede trabajar en condiciones óptimas hasta 200 psi, este valor supera la presión del sistema que es de 70 psi.



**Figura 2.41.-** Manguera neumática de 6 mm.

### **c.- Selección del cilindro neumático para el accionamiento de la boquilla matriz.**

El accionamiento de la boquilla matriz que sujeta al tubo que será procesado, requiere de un sistema mecánico que empuje a la boquilla (abierto) y contraiga a la misma (cerrada). Dicho sistema mecánico será accionado con la ayuda de un cilindro neumático de doble efecto (Figura 2.42).



**Figura 2.42.-** Accionamiento mecánico de la boquilla.

Para la selección del actuador neumático se impone en el sistema una presión de trabajo de 70 psi, este valor se obtiene de una unidad de mantenimiento que también alimenta a los dos cilindros de sujeción grandes.

Si se asume una pérdida de presión del 5%, la presión final que actúa en el cilindro es de 66.5 psi. Con estos valores se procede a encontrar el valor del diámetro:

$$\text{Presión(psi)} = \frac{F(\text{lb})}{A(\text{pulg}^2)} \quad \text{Ec 2.9}$$

$$66.5 \text{ psi} = \frac{200 \text{ lb}}{A(\text{pulg}^2)}$$

$$A(\text{pulg}^2) = \frac{200\text{lb}}{66.5 \text{ lb/pulg}^2}$$

$$A(\text{pulg}^2) = 3 \text{ pulg}^2 = 19.40 \text{ cm}^2$$

$$A = \pi r^2 \quad \text{Ec 2.10}$$

Entonces:

$$r^2 = \frac{A}{\pi}$$

$$\sqrt{r^2} = \sqrt{\frac{19.40 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$r = 2.48 \text{ cm}$$

Por lo tanto se seleccionó un cilindro neumático de 5 cm de diámetro, cuyas características se detallan en la tabla 2.7.

**Tabla 2.7.-** Propiedades cilindro neumático pequeño.

<b>CILINDRO NEUMÁTICO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Marca	GLUAL
Tipo	AL
Diámetro	5 cm
Recorrido del émbolo	4.5 cm
Tipo de acción	Doble efecto



**Figura 2.43.-** Cilindro neumático pequeño.



En el ANEXO D - 1 se observa especificaciones técnicas del cilindro neumático pequeño.

### 2.3.3.- SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS.

#### a.- Utilización de Motorreductores para posicionamiento gradual del tubo y desplazamiento del carro posicionador.

La utilización de motorreductores obedece a la necesidad de conseguir elevados torques y velocidades relativamente bajas que transmitan movimientos controlados a los sistemas de desplazamiento y posicionamiento de la máquina.

La empresa de carrocerías “CENTAURO” cuenta con dos motorreductores extraídos del reciclaje; luego de realizar un mantenimiento correctivo en uno de ellos y posterior verificación del correcto funcionamiento de ambos, los mencionados equipos fueron acoplados y puestos en operación.

El peso máximo de la estructura del carro posicionador es de 60,090 kgf, esto quiere decir que dicha carga no es relevante en comparación al ¼ hp de potencia que posee cada motorreductor utilizado.

En la tabla 2.8 se muestran las características del motorreductor “B” utilizado para el desplazamiento del carro posiiconador.

**Tabla 2.8.-** Características del Motorreductor “B”.

<b>MOTOR REDUCTOR “B”</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Fabricante	DOGA
Modelo	111
Tensión nominal	12 / 24 Vdc
Velocidades	25 – 240 rpm
Potencia	¼ hp
Pares nominales	1.5 a 6 Nm



**Figura 2.44.-** Motor reductor DOGA 111.

Es necesario mencionar que se adaptó un transformador tap central a un puente rectificador de 8 A (sobredimensionado) con el fin de conseguir una fuente DC para el funcionamiento del motorreductor “B”.

Para el caso del posicionamiento gradual del tubo se utilizó un motorreductor ortogonal “C” extraído del reciclaje como se observa en la figura 2.45. En la tabla 2.9 se detallan sus características más relevantes.

**Tabla 2.9.-** Características motorreductor “C”.

<b>MOTOR REDUCTOR “C”</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Fabricante	EBERHARD BAUER
Modelo	D - 73734
Tensión nominal	220 Vca
Velocidad reducida	12.5 rpm
Potencia	¼ hp
Pares nominales	1.7 Nm



**Figura 2.45.-** Motorreductor extraído del reciclaje.

### **b.- Utilización del autómeta programable (PLC).**

En el capítulo 3, párrafo 3.4.1 se expone la justificación y análisis de la utilización del PLC.

### **c.- Adquisición del tablero de control.**

Las medidas del tablero de control son:

- Altura = 50 cm.
- Ancho = 40 cm.
- Profundidad = 20 cm.

El circuito de control y el autómeta programable se instalarán en la parte superior, el circuito de fuerza en la parte inferior como se muestra en la figura 2.46.



**Figura 2.46.-** Tablero de control.

#### d.- Construcción del tablero de mando.

El tablero de mando es el que interactúa directamente con las entradas del PLC para generar una salida determinada, por lo tanto según el circuito de control eléctrico se construirá un tablero de mando que contenga los elementos que se detallan en la tabla 2.10.

**Tabla 2.10.-** Elementos del tablero de mando.

ELEMENTOS	OBSERVACIÓN
1 selector de tres posiciones	Control automático y semi automático.
1 pulsador	Proceso espaldar - sentadera
1 pulsador	Proceso conjunto asiento
1 pulsador tipo hongo	Paro de emergencia
1 piloto	Luz de proceso activo
1 piloto	Luz paro de emergencia



**Figura 2.47.-** Tablero de mando.

**Nota:** Es importante señalar que para la construcción del tablero de mando se utilizó material reciclado existente en la planta.

**e.- Selección de elementos del tablero de mando.**

***e.1.- Selector.***

Para dar la flexibilidad al sistema de operación manual o automática se utilizó un selector de tres posiciones, cuyas características se detallan en la tabla 2.11.

**Tabla 2.11.-** Características del selector.

<b>SELECTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Fabricante	CAMSCO
Modelo	SKOS-ED33
Numero de posiciones	3
Tipo	Maneta corta
Contactos	2 NA
Diámetro	22 mm
Marcador de resaltado	2 colores



**Figura 2.48.-** Selector CAMSCO.

***e.2.- Pulsadores.***

Para el proceso espaldar - sentadera, proceso conjunto asiento y paro de emergencia se utilizó pulsadores de marca CAMSCO, cuyas características se detallan en la tabla 2.12.

**Tabla 2.12.-** Características de los pulsadores.

<b>PULSADORES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Fabricante	CAMSCO
Modelo	FPB-EA1
Tipo	Rasante simple
Colores	Rojo y verde
Contactos	1NA/1NC
Diámetro	22 mm



**Figura 2.49.-** Pulsador CAMSCO.

***e.3.- Luces piloto.***

Se seleccionó luces piloto de la marca CAMSCO, cuyas características se detallan en la tabla 2.13.

**Tabla 2.13.-** Características de luces piloto.

LUCES PILOTO	CARACTERÍSTICAS
Marca	CAMSCO
Tipo	AD16-22D/S
Voltaje	AC 110v
Color	Rojo y Verde



**Figura 2.50.-** Luces piloto CAMSCO.

## **f.- Selección de contactores y relés auxiliares.**

### ***f.1.- Contactores.***

El contactor de fuerza para el arranque del motor trifásico así como los relés auxiliares de control se seleccionó según la norma IEC y NEMA. A partir de la corriente nominal del motor que es de 15.6 A y una potencia de 4 kW = 5,36 HP, se seleccionó del catálogo de LS Industrial Systems el contactor de fuerza, cuyas características se detallan en la tabla 2.14 y en el **ANEXO D – 5**.

**Tabla 2.14.-** Características de contactores de fuerza.

CONTACTOR DE FUERZA	CARACTERÍSTICAS
Marca	LS Industrial Systems
Tipo	GMC(LS)50
Numero de polos	3
Tipo de montaje	Riel DIN
Contactos auxiliares	2NA / 2NC
Categoría de servicio	AC3
Intensidad de operación máxima	50 A
Voltaje de bobina	110 VAC
Voltaje de trabajo	220 VAC



**Figura 2.51.-** Contactor tipo LS 50.

### ***f.2.- Relés auxiliares.***

La función principal de los relés auxiliares es proteger las salidas del PLC ya que los contactos de salida del autómata solo soportan cierto amperaje, si la carga absorbe más amperaje de lo que soporta el PLC puede provocar falla y deterioro del mismo.

Las características de los relés seleccionados se detallan en la tabla 2.15.



**Tabla 2.15.-** Características de relés auxiliares CAMSCO.

<b>RELÉ AUXILIAR</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Marca	CAMSCO
Contactos	3NA / 3NC
Bobina	110VAC
Corriente	3A
fusible	1A



**Figura 2.52.-** Relé auxiliar CAMSCO.

#### **g.- Utilización de canaletas y rieles.**

Para la instalación de elementos de control y fuerza en el tablero de control, se utilizaron canaletas de 2.5 cm x 3.8 cm (Figura 2.53) además de rieles DIN de 3.5 cm (Figura 2.54) para el montaje del PLC, relés auxiliares de control, contactores de fuerza, borneras y elementos adicionales.



**Figura 2.53.-** Canaleta de 2.5 cm x 3.8 cm.



**Figura 2.54.-** Riel DIN.

#### **h.- Selección de protecciones eléctricas.**

Entre los elementos adicionales se encuentran los fusibles de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, así como el interruptor térmico. El PLC TWIDO TWDLCAA24DRF tiene una potencia de 50 VA y funciona a 110 VAC, consumiendo 0.36 A, entonces se sobredimensionó un fusible de protección de **2 A**.

Para el caso del motor principal “A” la corriente nominal es de  $I_n = 15.6 \text{ A}$ , en los datos de placa del motor nos indica un factor de seguridad del 1.15.

Así tenemos que la corriente de arranque es:

$$I_a = 1.15 \times 15.6 \text{ A}$$

$$I_a = \mathbf{17.94 \text{ A}}$$

Con este valor se seleccionó fusibles por cada fase, cuyas características se detallan en la tabla 2.16.

**Tabla 2.16.-** Características de fusibles.

<b>FUSIBLE</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Marca	HAGER
Modelo	N/A
Punto de fusión	32 A



**Figura 2.55.-** Fusible de protección.

**i.- Utilización de finales de carrera.**

Los microrruptores o finales de carrera, son elementos que funcionan como un pulsador, cuya función consiste en determinar la posición o el estado de un proceso automático. Los tipos de contacto pueden ser NC (Normalmente cerrado) y NO (Normalmente abierto).

Generalmente son muy precisos, con una excelente respuesta de actuación y con diversos tipos de actuadores (émbolos de aguja, de palanca, compactos, flexibles, rígidos etc.)

Pueden ser aplicados en cualquier proceso automático, en el que se requiera detectar posiciones o estados del proceso.

Como contadores de piezas, detectores de inicio y finalización del proceso, posicionamiento etc.

La tabla 2.17 muestra las características de un microrruptor, para el caso de la curvadora de tubo, este elemento envía la señal de “posición cero” además de las señales de calibración de topes y levas.

**Tabla 2.17.-** Características de microrruptores.

MICRORRUPTORES	CARACTERÍSTICAS
Marca	CAMSCO
Tipo	Z-15GW2-B
Modelo	AM1703
Corriente	6A
Contactos	1NA/1NC



**Figura 2.56.-** Final de carrera CAMSCO.

## CAPITULO III

### IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO.

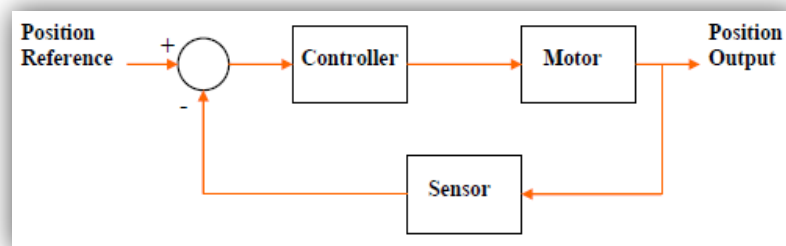
#### 3.1.- GENERALIDADES.

En la actualidad existen diferentes sistemas de control de posicionamiento, lo que implica procesos más eficientes en las industrias, las aplicaciones en la robótica son las más comunes.

La implementación de sistemas de control de posicionamiento genera un ahorro en tiempo, costo y personal; en el caso particular de la curvadora de tubo marca Margua la carencia de un sistema de posicionamiento implica la presencia de por lo menos una persona para posicionar manualmente el tubo que va a ser procesado.

#### 3.1.1.- CONTROL DE POSICIÓN.<sup>16</sup>

Como se observa en la figura 3.1, un sistema de control de posición básico consta de un motor, sensor de posición y controles.



**Figura 3.1.-** Sistema de control de posición

<sup>16</sup> <http://www.control-systems-principles.co.uk/whitepapers/spanishwp/02ServoPaper2SP.pdf>.

Con la finalidad de determinar la posición (lineal o gradual), el censado y envío de la señal a los actuadores, se realiza con la ayuda de los siguientes elementos:

- Motores
- Motor reductores
- Servomotores
- Sensores de posición(micros)
- Potenciómetros de alta definición
- Encoder

De acuerdo a lo anterior y debido a que la empresa nos proporciona los materiales y/o equipos, se elige la opción de controlar la posición tanto gradual, como lineal, atreves de la utilización de **motor reductores** que serán activados con la ayuda de sensores, la secuencia del proceso la controla un PLC.

## **3.2.- CONTROL DE LOS MOTORES REDUCTORES.**

### **3.2.1.- OBJETIVO.**

El objetivo principal es controlar los motores reductores a partir de sensores de posición, a continuación se detallan las fases para la consecución del mencionado fin:

#### **Fase 1:**

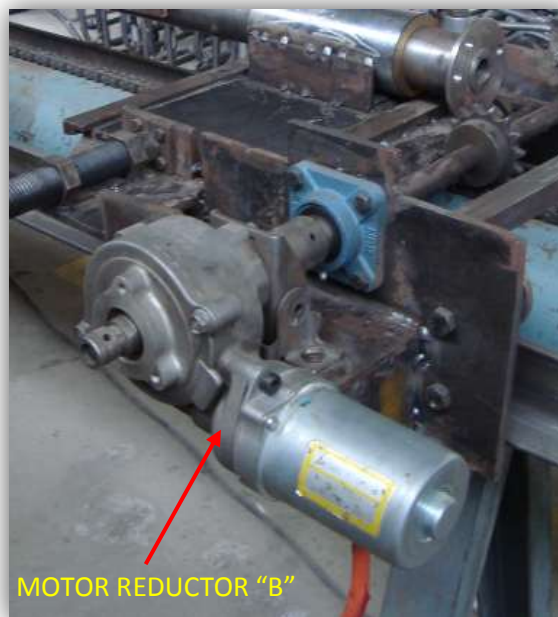
- Controlar el encendido y apagado de los motores reductores.
- Controlar la velocidad de los motores reductores, que en este caso viene incorporado una propia reducción mecánica de velocidad.
- Mediante contactores, controlar el sentido de giro del motor reductor.

#### **Fase 2:**

- Realizar una conexión entre el PLC, motor reductor y sensores de posición.

- Desarrollar un programa que permita arrancar, parar e invertir el giro de los motores reductores, acorde a la programación que demanda el proceso de curvado del tubo.

### 3.2.2.- CONTROL LINEAL DEL MOTOR REDUCTOR “B” PARA EL DESPLAZAMIENTO DEL CARRO POSICIONADOR.



**Figura 3.2.-** Motor reductor “B”.

Para el control lineal del motor reductor “B” (Figura 3.2), se utilizó un microrruptor que se acciona con el contacto físico de topes; el mencionado elemento envía una señal al contador del PLC, que a su vez comanda el accionamiento coordinado del motor reductor “B”; los topes se encuentran ubicados a distancias calibradas de acuerdo al diseño de asiento a procesarse, las señales principales son:

- Final de carrera longitudinal = **%I0.6**.
- Final de carrera (posición cero) = **%I0.5**; Posicionador.
- Desplazamiento del motor “B” horario = **%Q0.2**.
- Desplazamiento del motor “B” anti horario = **%Q0.3**.



**Figura 3.3.-** Microrruptor eje “z”.

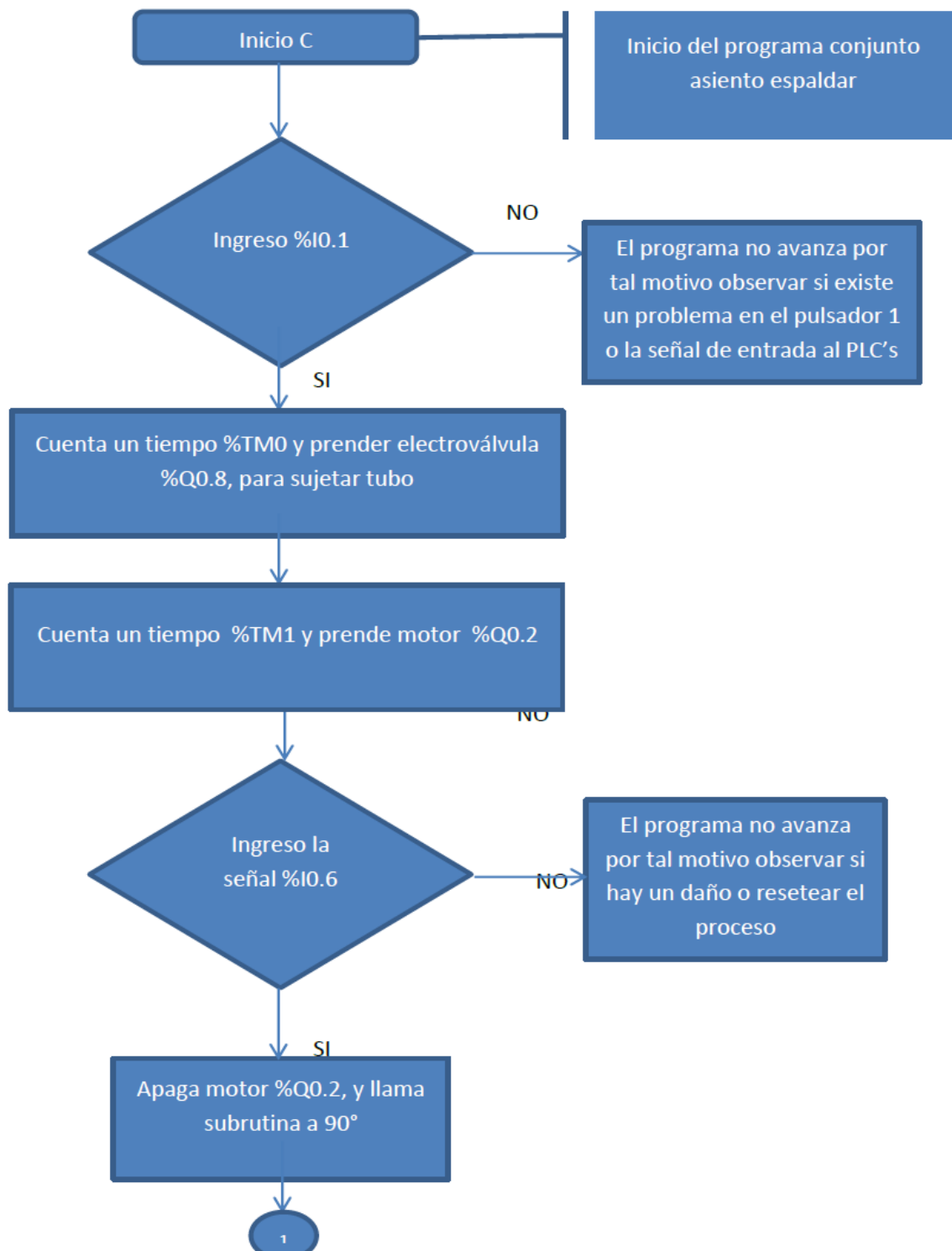
**a.- Control lineal mediante PLC.**

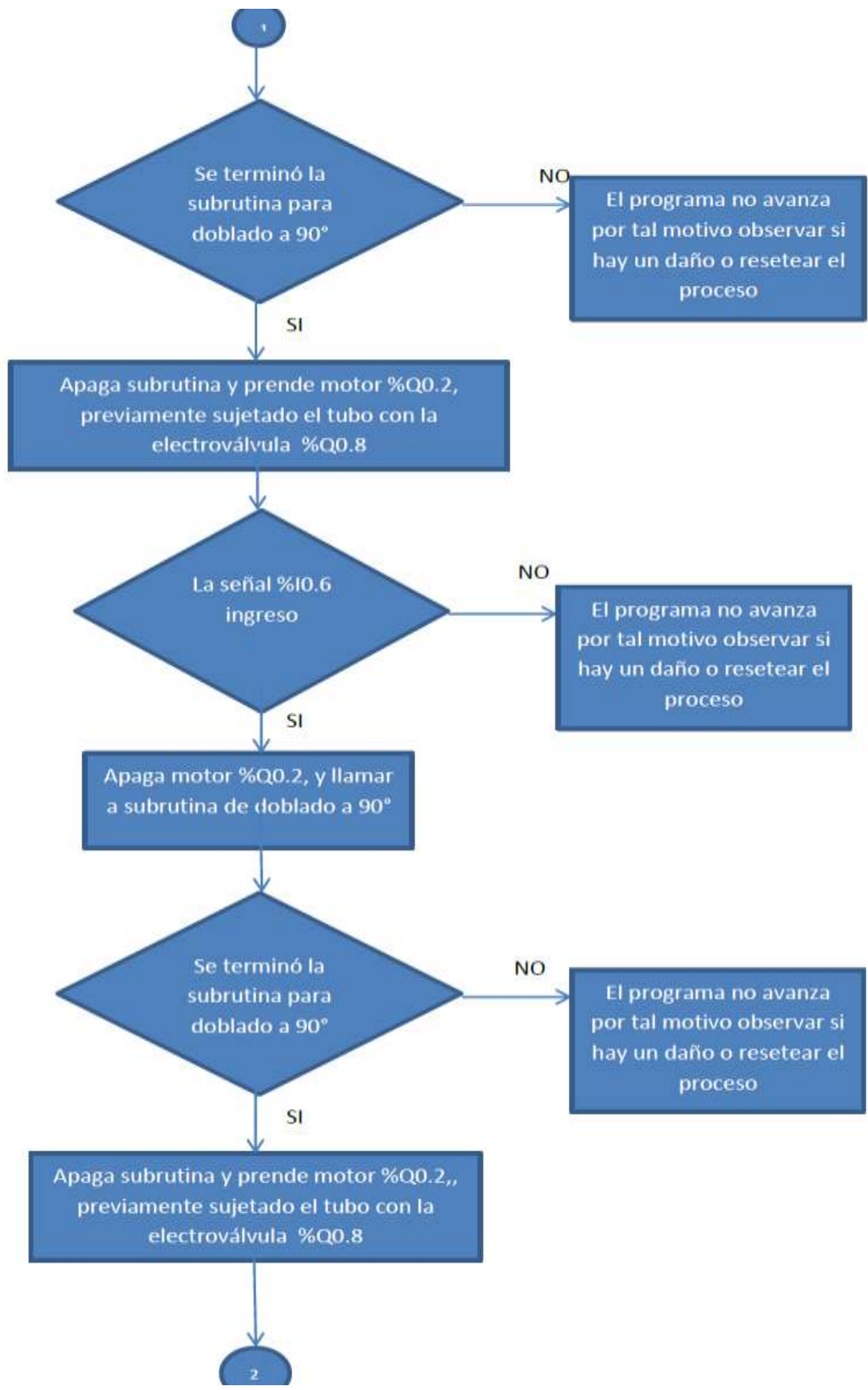
Con la finalidad de controlar el desplazamiento lineal del motor “B” del carro posicionador, se utilizó el **SOFTWARE TWIDO SUITE**.

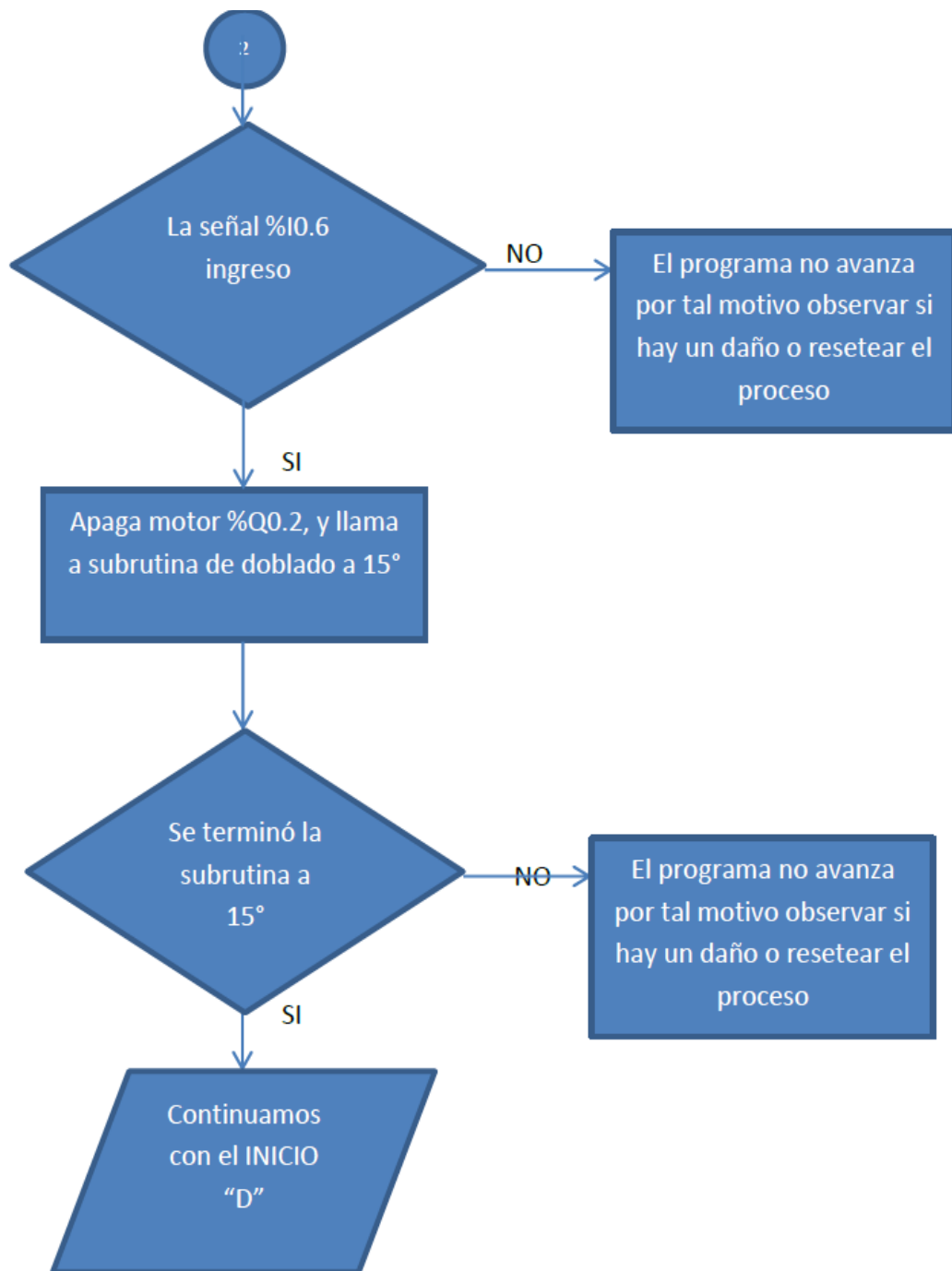
Las líneas de programación en el lenguaje LADDER se detallan en el **ANEXO E – 2**.

De acuerdo a experiencias anteriores, el lector no se identifica de una forma directa con la programación de la máquina, por ello se presenta a continuación un diagrama de flujo que muestra la secuencia del proceso.

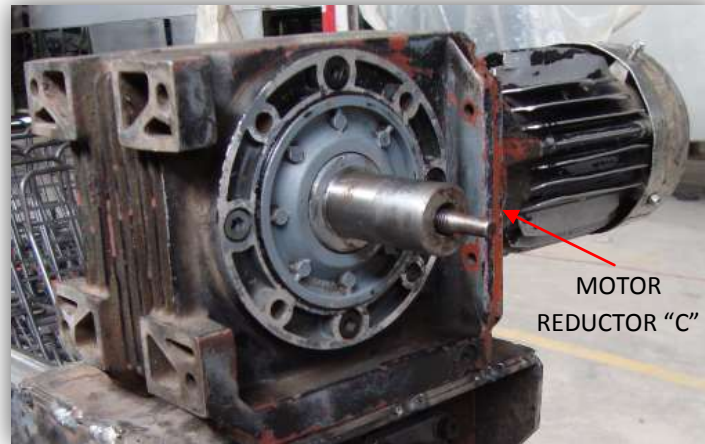








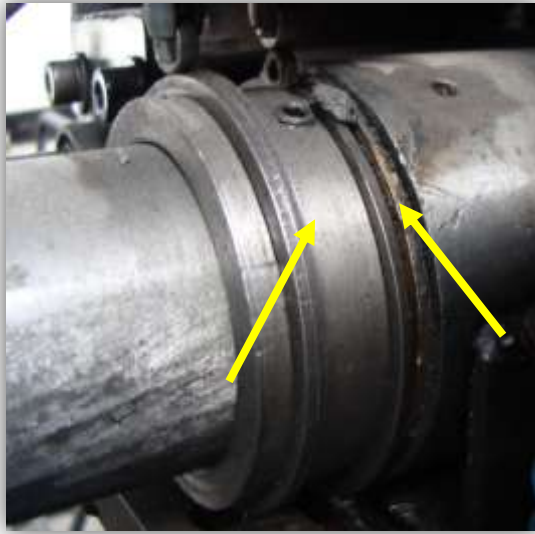
### 3.2.3.- CONTROL GRADUAL DEL MOTOR REDUCTOR “C” PARA EL POSICIONAMIENTO DEL CAÑÓN.



**Figura 3.4.-** Motor reductor “C”.

Para el control gradual del motor reductor “C” (Figura 3.4), se tenía varias opciones, como por ejemplo la utilización de un encoder que garantice la ubicación gradual requerida, pero debido a costos y disponibilidad de los materiales, se decidió implementar un freno mecánico que posicione al cañón de una forma precisa en el ángulo seteado, un tambor con pequeñas levas ubicado en la parte posterior del conjunto cañón (Figura 3.5) acciona dos finales de carrera, el primero a  $0^{\circ}$  y el segundo a  $90^{\circ}$  que son los ángulos necesarios para el procesamiento de asientos. A través de la programación del PLC se podrá determinar la posición exacta en la cual se va a detener el motor, en este caso las señales principales con las que se trabaja son:

- $0^{\circ}$  = **%I0.7**; final cero posicionador.
- $90^{\circ}$  = **%I0.8**; final noventa posicionador.
- Desplazamiento del motor “C” horario = **%Q0.4**.
- Desplazamiento del motor “C” anti horario = **%Q0.5**.

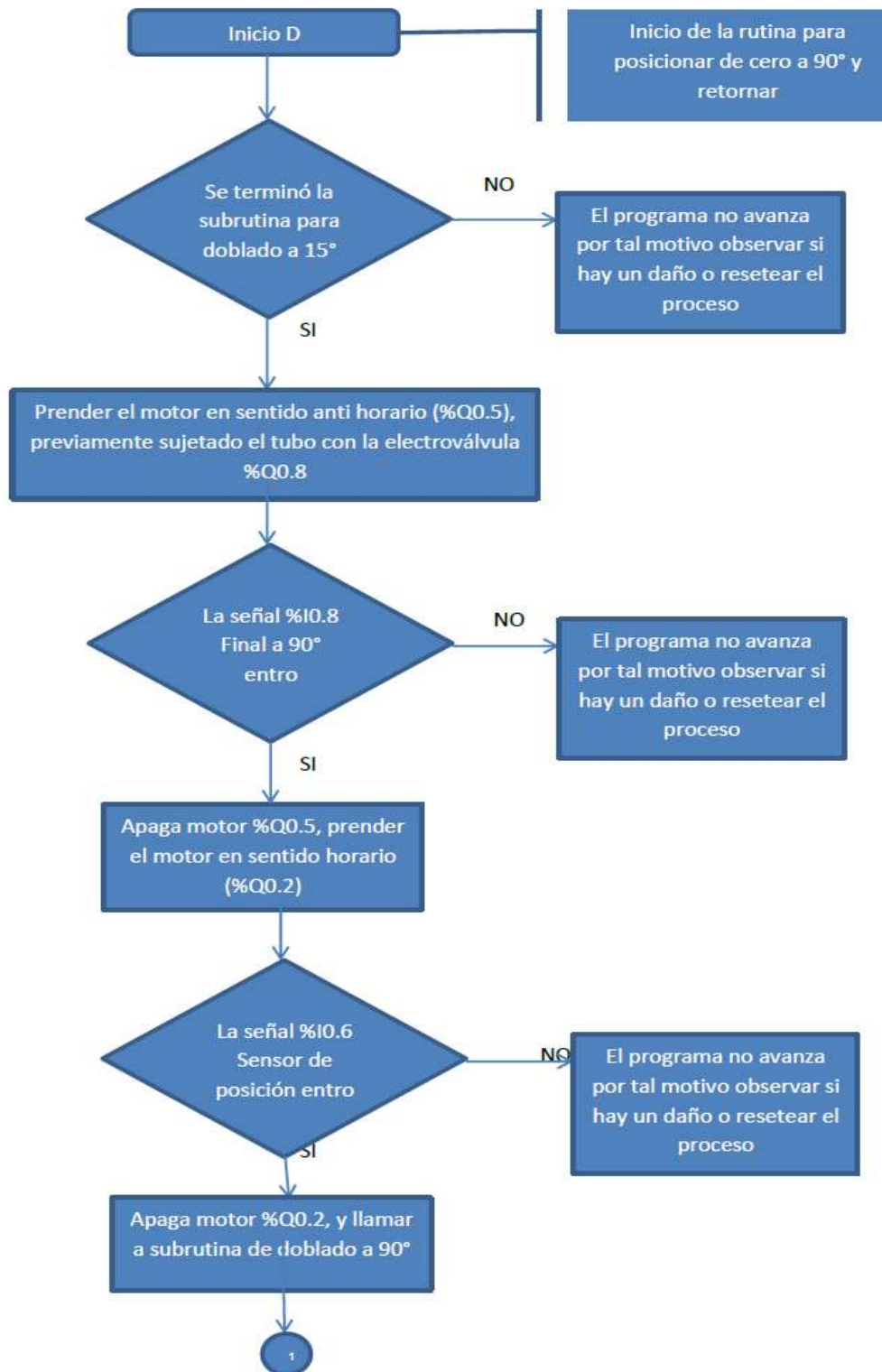


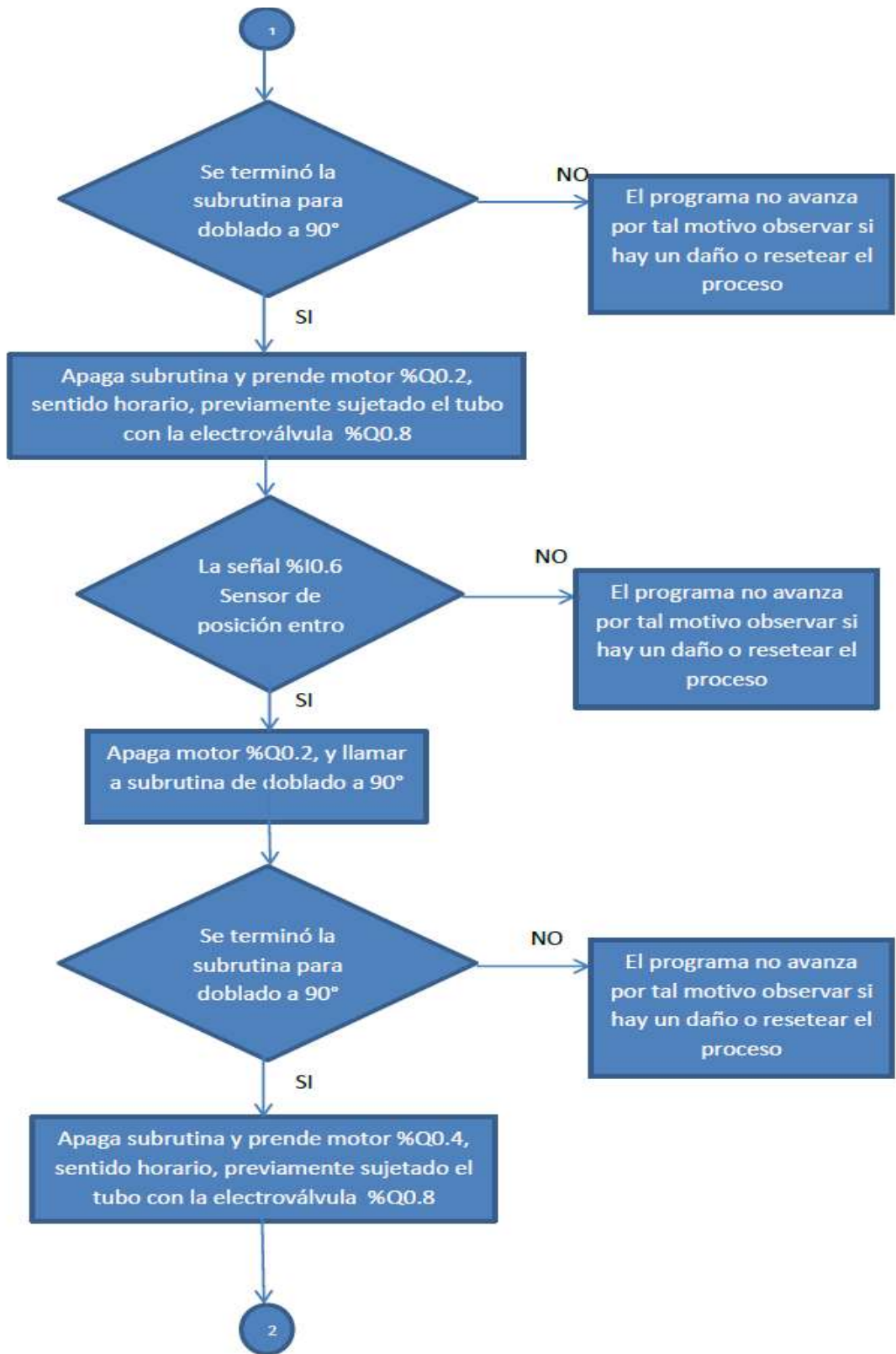
**Figura 3.5.-** Levas regulables de  $0^{\circ}$  y  $90^{\circ}$ .

**a.- Control gradual mediante PLC.**

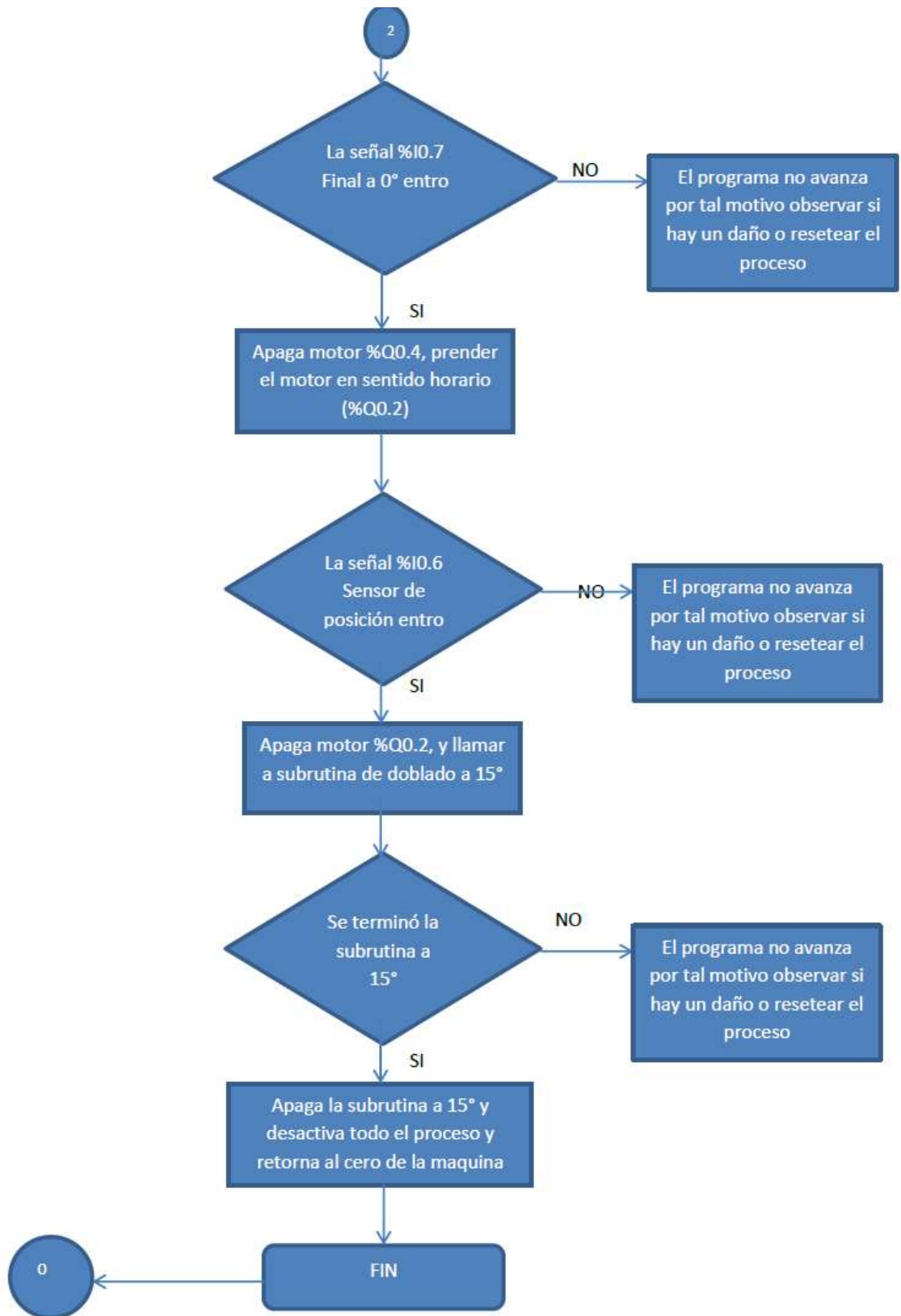
Del mismo modo que para el control lineal se utilizó el **SOFTWARE TWIDO SUITE**; las líneas de programación en el lenguaje LADDER se detallan en el **ANEXO E - 2**.

Para un mejor entendimiento, a continuación se presenta un diagrama de proceso referente al posicionamiento gradual del cañón:











Las variables asignadas en el diagrama de flujo, se detallan en las tablas 3.1 y 3.2 del presente capítulo.

En el **ANEXO I** se ilustran los planos mecánicos del diseño de topes.

### **3.3.- CALIBRACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES.**

#### **3.3.1.- INTRODUCCIÓN.<sup>17</sup>**

Se denominan sensor a un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas, de igual manera los actuadores son aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado; en resumen los dos elementos actúan sobre el programa de automatización.

#### **3.3.2.- CALIBRACIÓN DE MICRORRUPTORES.**

La calibración de microrruptores se basa principalmente en las distancias seteadas de acuerdo a la aplicación. Para el caso puntual de la curvadora de tubo, es necesario enfocarse en los modelos del conjunto espaldar – sentadera y el conjunto asiento.

Las figuras 3.6, 3.7 y 3.8 muestran las medidas programadas para la ejecución de los modelos expuestos.



**Figura 3.6.-** Medidas sentadera.

<sup>17</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Actuador/Sensor>.



**Figura 3.7.-** Medidas espaldar.



**Figura 3.8.-** Medidas conjunto asiento.

El proceso automatizado de elaboración de asientos se realiza en dos procesos, el primero realiza el espaldar (Figura 3.6) y la sentadera (Figura 3.7) y el segundo ejecuta el conjunto asiento (Figura 3.8).

Para obtener las medidas expuestas en las figuras 3.6, 3.7 y 3.8 es necesario realizar una calibración de topes tanto en el eje longitudinal (z), como en el eje “x y” para la posición gradual.

**a.- Calibración de topes en el carro longitudinal (eje “z”).**

En la tablas 3.1 y 3.2 se detallan las equivalencias de cada variable y el sitio en el que van a ser calibrados los topes de acuerdo al tipo de proceso.

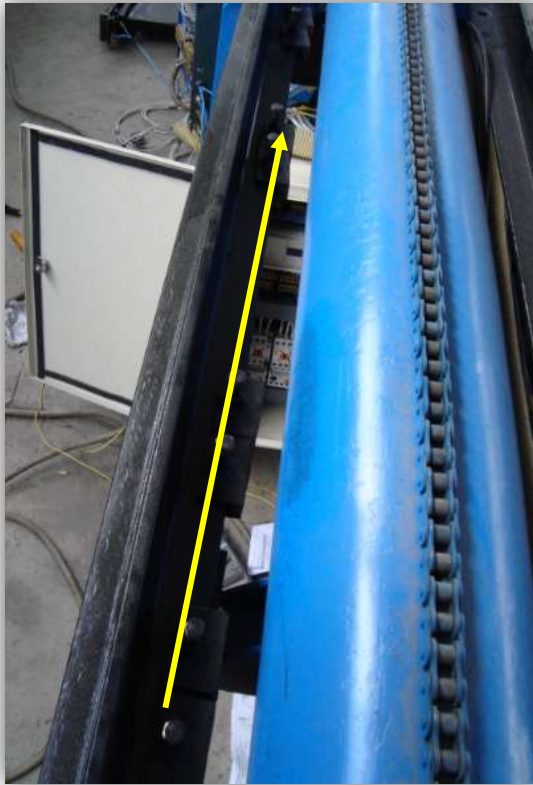
**Tabla 3.1.-** Calibración de distancias para el proceso espaldar - sentadera.

Variable	Distancia (cm)		Sitio donde se calibra	Equivalente en el programa
	Bus Escolar	Bus Interprov.		
0	Partida	Partida	Posición dónde parte el posicionador.	<b>%I0.5</b>
A	29,5	29,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 1)
B	12,5	12,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	Subrutina a 90°
C	<b>16</b>	<b>19</b>	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 3)
D	12,5	12,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	Subrutina a 90°
E	87,5	87,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 5)
F	3,5	3,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	Subrutina a 15°
G	9,5	9,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 7)
H	12,5	12,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	Subrutina a 90°
I	<b>18,5</b>	<b>21</b>	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 9)
J	12,5	12,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	Subrutina a 90°
K	9,5	9,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 11)
L	3,5	3,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	Subrutina a 15°
M	58	58	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 13)
Total	285.5	292		

**Tabla 3.2.-** Calibraciones de distancias para el proceso conjunto asiento.

Variable	Distancia (cm)		Sitio donde se calibra	Equivalente en el programa
	Bus Escolar	Bus Interprovincial		
0	Partida	Partida	Es la posición dónde parte el posicionador.	<b>%I0.5</b>
N	45	45	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador.	<b>%I0.6</b> (contador en 1)
O	12,5	12,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	Subrutina a 90°
P	<b>98</b>	<b>98</b>	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 3)
Q	12,5	12,5	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	Subrutina a 90°
R	45	45	Se desplaza sobre la “T” guía del posicionador	<b>%I0.6</b> (contador en 5)
Total	213	213		

Los topes se ubican a partir de los 2 cm después del filo de la carcasa para el caso del eje longitudinal (Figura 3.9).

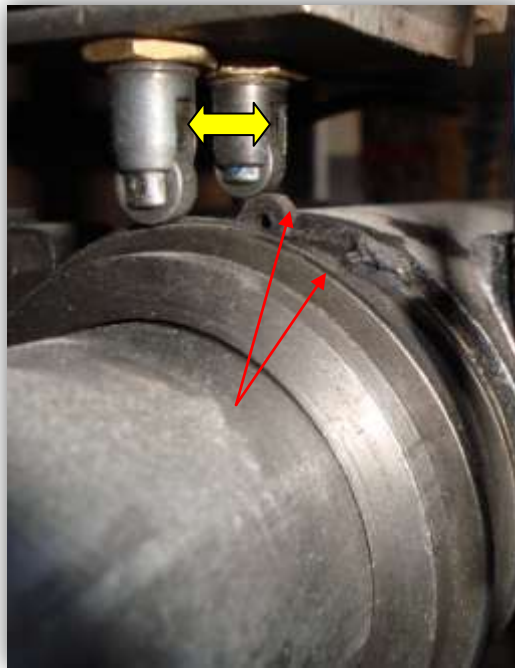


**Figura 3.9.-** Ubicación longitudinal de topes.

**Nota:** La diferencia de calibración entre un bus tipo escolar y un interprovincial es la distancia seteada de topes a lo largo del eje longitudinal “z”.

**b.- Calibración de microrruptores para el control de posición gradual (eje “x y”).**

En la figura 3.10 y se observa la disposición los finales de carrera con sus respectivas levas. En la tabla 3.3 se muestra las equivalencias de cada variable así como el lugar de calibración.



**Figura 3.10.-** Disposición de finales de carrera y levas en el eje “xy”.

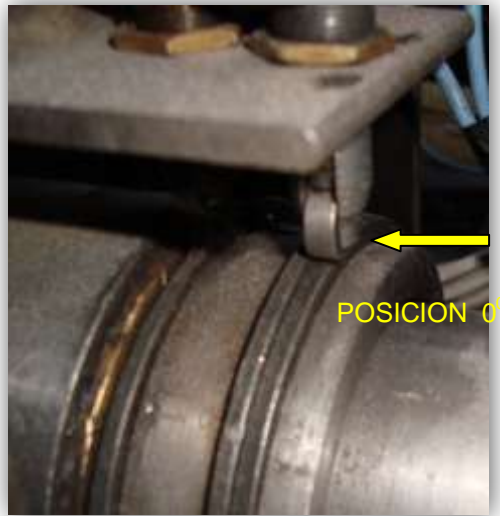
**Tabla 3.3.-** Calibración gradual de levas para el proceso espaldar.- sentadera.

Variable	Grados		Sitio donde se calibra	Equivalente en el programa
	Bus Escolar	Bus Interprovincial		
0	Partida 0°	Partida 0°	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
A	0	0	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
B	0	0	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
C	0	0	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
D	0	0	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>

E	0	0	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
F	90 Sentido anti horario	90 Sentido anti horario	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.8</b>
G	90	90	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
H	90	90	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
I	<b>90</b>	<b>90</b>	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
J	Retorna a 0°	Retorna a 0°	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
K	0	0	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
L	0	0	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>
M	0	0	En la parte posterior del carro posicionador(cañón)	<b>%I0.7</b>

**Notas:**

- La calibración gradual de un bus tipo escolar y la de un interprovincial es la misma.
- Es necesario que al momento de correr el proceso automatizado, el final de carrera se encuentre en la posición de cero grados, como se observa en la figura 3.11.



**Figura 3.11.-** Final de carrera 1 ubicado a  $0^{\circ}$ .

**c.- Calibración de microrruptores en el tambor del motor principal “A”.**

El tambor principal posee tres levas, estas se calibran de acuerdo al modelo de perfil a procesarse, dichas levas accionan micros (finales de carrera) que a su vez envían señales al PLC. Los ángulos que intervienen en curvado de asientos son:

- **$0^{\circ}$** : Cero pieza de la máquina, es el lugar de donde siempre va a iniciar el proceso.
- **$15^{\circ}$** : Es una posición la cual se necesita para el doblado del espaldar.
- **$90^{\circ}$** : Es la posición más requerida debido a que se utiliza en el espaldar, sentadera y conjunto asiento.

Las levas del tambor no son fijas, es decir se puede variar el ángulo de acuerdo a la necesidad, como se observa en la figura 3.12.





**Figura 3.12.-** Tambor de levas regulable.

### **3.3.3.- CALIBRACIÓN DE ACTUADORES.**

Teniendo en cuenta que los actuadores provocan un efecto sobre un proceso automatizado, es necesario realizar un análisis del trabajo que realizan las electroválvulas dispuestas en el sistema neumático de la curvadora de tubo.

#### **a.- Análisis de trabajo de las electroválvulas.**

El mencionado análisis se enfoca en la calibración de presión, acción física realizada, secuencia y equivalencia de programación.

La tabla 3.4 muestra el campo de acción en el que actúa cada electroválvula.

**Tabla 3.4.-** Campo de acción de las electroválvulas.

ITEM	Presión de calibración (PSI)	Acción en el programa	Acción física	Equivalente en el programa
Electroválvula "A"	70	Trabaja en subrutina a 90° y a 15°	Esta trabaja con el cilindro 1 y lo desplaza hasta el tope de la mordaza.	%Q0.6
Electroválvula "B"	70	Trabaja en subrutina a 90° y a 15°	Esta trabaja con el cilindro 2 y lo desplaza hasta la distancia de calibración del tornillo lateral.	%Q0.7
Electroválvula "C"	70	Trabaja en todo el programa	Esta trabaja con el cilindro 3 y lo desplaza hasta conseguir el acople entre de la boquilla y el cañón.	%Q0.8

**Nota:** La calibración de presión es la misma para las 3 electroválvulas, debido a que todo el sistema neumático está trabajando a partir de una unidad de mantenimiento.

**b.- Montaje de electroválvulas y unidad de mantenimiento.**

El montaje de las electroválvulas y la unidad de mantenimiento se realizaron dentro de la carcasa principal de la máquina como se observa en la figura 3.13.



**Figura 3.13.-** Montaje de electroválvulas y unidad de mantenimiento.

### 3.4.- PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE ELEBORACION DE ASIENTOS.

#### 3.4.1.- JUSTIFICACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DEL PLC.

Para efectuar el control del sistema de curvado de tubos existe la necesidad de implementar un proceso automatizado, en la actualidad existen varios equipos y/o elementos que permiten esta aplicación, en la tablas 3.5, 3.6 y 3.7 se detalla el análisis de ventajas y desventajas que presenta la utilización de un PLC respecto de los microcontroladores y del control numérico computarizado (CNC).

**Tabla 3.5.-** Análisis de utilización de microcontroladores.

TIPO DE SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	OPCION
MICROCONTROLADORES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sencillo de armar.</li> <li>• Mantenimiento.</li> <li>• Costo.</li> <li>• Tiene conexión a internet.</li> <li>• No tiene ruido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No puede manejar altas corrientes.</li> <li>• La salida depende de las entradas.</li> <li>• No permite almacenar memoria.</li> <li>• Voltaje de cd pequeño.</li> <li>• Ideal para proyectos pequeños.</li> </ul>	<p>Debido a que la máquina trabaja con corrientes altas.</p> <p style="text-align: center;"><b>OPCION DESCARTADA</b></p>

**Tabla 3.6.-** Análisis de utilización de control numérico computarizado.

TIPO DE SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	OPCION
CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor precisión y mejor calidad de productos.</li> <li>• Un operario puede operar varias máquinas a la vez.</li> <li>• Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos.</li> <li>• Fácil control de calidad.</li> <li>• Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de la maquinaria, tanto de automatización como de reconstrucción mecánica.</li> <li>• Falta de opciones o alternativas en caso de fallas.</li> <li>• Los costos de mantenimiento aumentan, ya que el sistema de control es más complicado y surge la necesidad de entrenar al personal de servicio y operación.</li> </ul>	<p>Debido a costos de la maquinaria en todas sus etapas.</p> <p><b>OPCION DESCARTADA</b></p>

**Tabla 3.7.-** Análisis de utilización de PLC's.

TIPO DE SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	OPCION
PLC'S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionado por la empresa.</li> <li>• La empresa dispone del cable de comunicación.</li> <li>• Control más preciso.</li> <li>• Mayor rapidez de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra especializada.</li> <li>• Centraliza el proceso.</li> <li>• Condiciones ambientales apropiadas.</li> <li>• Mayor costo para</li> </ul>	<p>La empresa de carrocerías "CENTAURO" proporciona y cuenta con el cable del PLC.</p> <p><b>OPCION ELEGIDA</b></p>

	<p>respuesta.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidad Control de procesos complejos.</li> <li>• Facilidad de programación.</li> <li>• Empleo de poco espacio.</li> <li>• Fácil instalación.</li> <li>• Menor mantenimiento.</li> </ul>	<p>controlar tareas muy pequeñas o sencillas.</p>	
--	--	---	--

### 3.4.2.- CONTROL DEL PROCESO MEDIANTE EL PLC TWIDO TWDLCAA24DRF.

Para la programación del proceso de curvado de tubos se utilizará un PLC **Twido TWDLCAA24DRF**, teniendo en cuenta que se trabajará con 14 entradas y 10 salidas, las mismas que se analizaron durante la calibración de finales de carrera.

En la figura 3.14 se muestra el PLC Twido serie TWDLCAA24DRF de la marca Telemecanique.



**Figura 3.14.-** PLC Twido TWDLCAA24DRF.

## **A. Arquitectura del PLC**

Dentro de la gama de controladores Twido se halla el Twido TWDLCAA24DRF, diseñado para instalaciones complejas y máquinas normales, cubre aplicaciones estándares con 14 entradas y 10 salidas de comunicación, además de soportar hasta 4 módulos de expansión, está disponible en versión de base compacta y ha mostrado su capacidad para proveer diseños compactos, simples y flexibles, Lo que lo hace ideal para el desarrollo del presente proyecto.

## **B. Diseño del circuito autómeta y eléctrico.**

El circuito autómeta y eléctrico es el encargado de guiar la programación requerida para el control del proceso. En el **ANEXO H** se observa el mencionado circuito.

## **C. Diseño del circuito de control mediante el software TwidoSuite 2.01.**

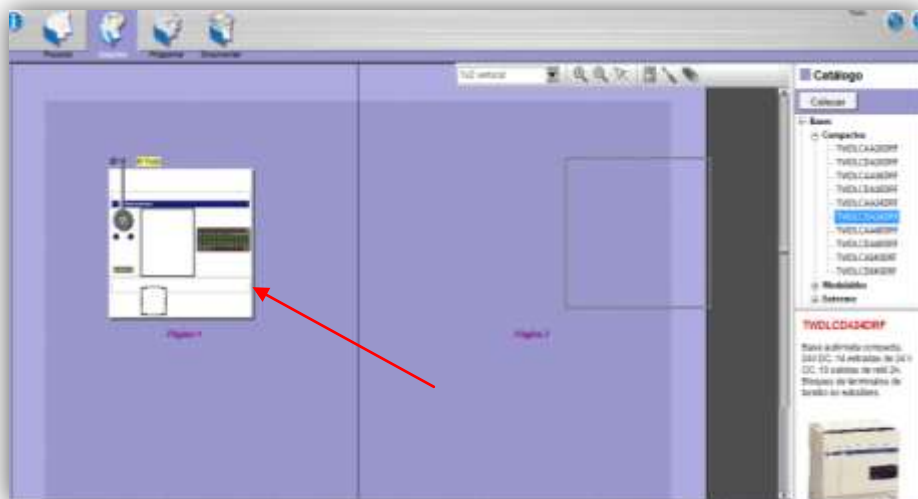
En la figura 3.15, se muestra la ventana inicial de TwidoSuite. La lógica del programa es realizada en el lenguaje de programación Ladder para mejor comprensión del programador como del lector.



**Figura 3.15.-** Ventana de inicio TwidoSuite.

Antes de iniciar con la programación, primero se selecciona el modelo de trabajo del programa Twido con el que se va a trabajar y luego se procede a la realización del programa, en este caso para programar se utiliza modo programación, después se crea un proyecto denominado TESIS.

En la figura 3.16 se observa la ventana **describir**, la misma que sirve para la configuración del PLC seleccionado (TWDLCAA24DRF de base compacta), para ello se busca en el catalogo la serie con la se va a trabajar y después se procede a arrastrar el grafico a la ventana.



**Figura 3.16.-** Ventana describir - TwidoSuite.

El software TwidoSuite 2.01 funciona de la siguiente manera:

1. La sección **describir** muestra una descripción general del autómata, en la cual se encuentran las tablas de entradas y salidas, como se observa en las figuras 3.17 y 3.18.

Tabla de entradas									
Uso	Dirección	Símbolo	Utilizado por	Filtrado	Guardado	¿Run/Stop?	Evento	Alta prioridad	Número SR
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0	STOP_GENERAL	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1	MARCHA_ASIENT	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2	AUTOMATICO	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No utilizado	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.3	MANUAL	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No utilizado	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.4	MARCHA_BASE_	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No utilizado	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.5	FINAL_LONGUITU	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No utilizado	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.6	FINAL_LONGUITU	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.7	FINAL_CERO_PO	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.8	FINAL_NOVENTA	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.9	FINAL_CERO_PRI	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.10	FINAL_QUINCE_P	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.11	FINAL_NOVENTA	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	%I0.12	SENSOR_SEGUR		3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	%I0.13	SENSOR_CAPAC		3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

**Figura 3.17.-** Descripción del módulo, tabla de entradas.

Tabla de salidas				
Uso	Dirección	Símbolo	¿Estado	Utilizado por
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.0	MOTOR_PRINCIP		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1	MOTOR_PRINCIP	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.2	MOTOR_LONGUI	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.3	MOTOR_LONGUI	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.4	MOTOR_SECUND		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.5	MOTOR_SECUND		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.6	ELECTROVALVUL		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.7	ELECTROVALVUL		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.8	ELECTROVALVUL		Lógica aplicación
<input type="checkbox"/>	%Q0.9	SEGURIDAD		

**Figura 3.18.-** Descripción del módulo, tabla de salidas.

2. En la ventana **programar**, se selecciona la opción de configurar datos, entonces se observa los relés internos, contadores, temporizadores entre otras más que el autómata debe seleccionar de acuerdo a la necesidad, además el usuario puede configurar el comportamiento e incluso introducir una clave de protección del proyecto, como se observa en las figuras 3.19; 3.20; 3.21.



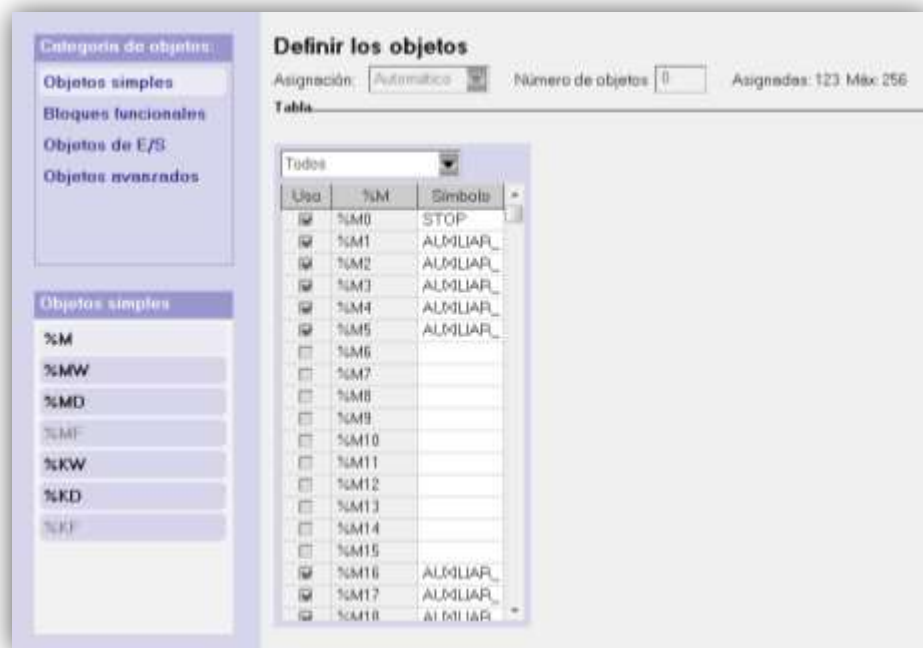
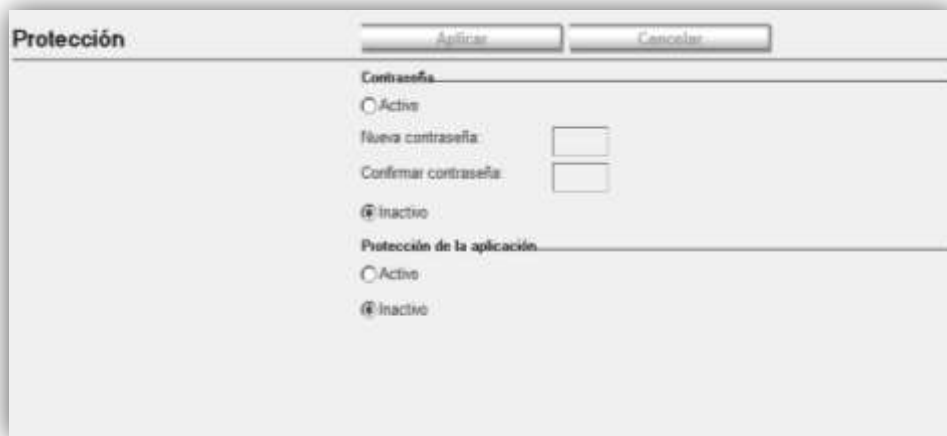


Figura 3.19.- Ventana programar / configurar datos.

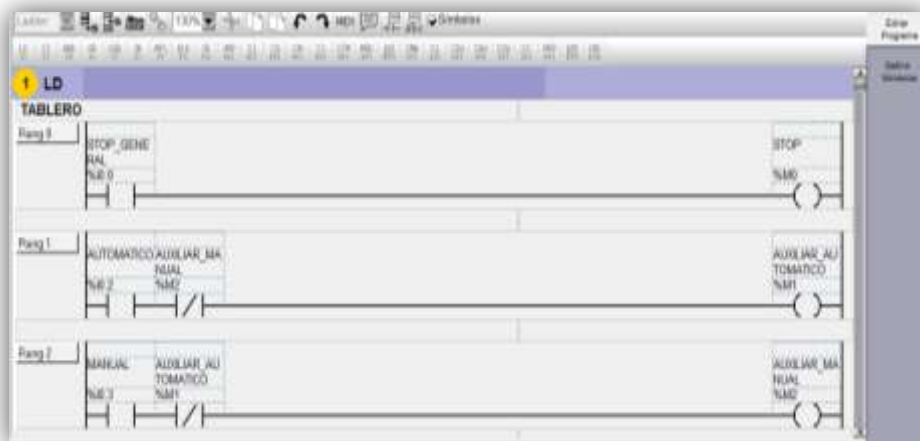


Figura 3.20.- Ventana programar / configurar comportamiento.



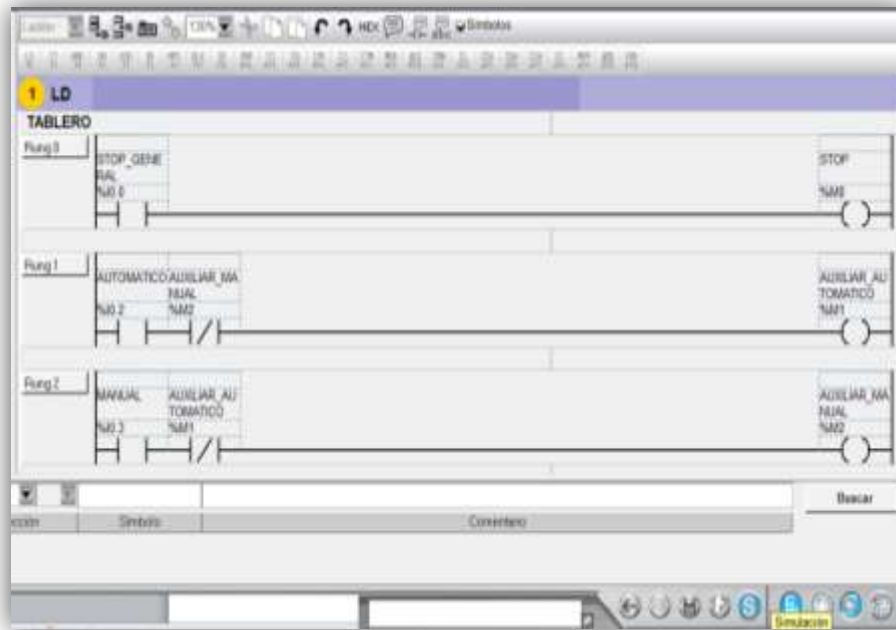
**Figura 3.21.-** Ventana programar / definir protecciones.

3. En la opción *editar programa*, se observa la barra de herramientas ladderlogic, allí se puede elegir el elemento de programación (Figura 3.22).

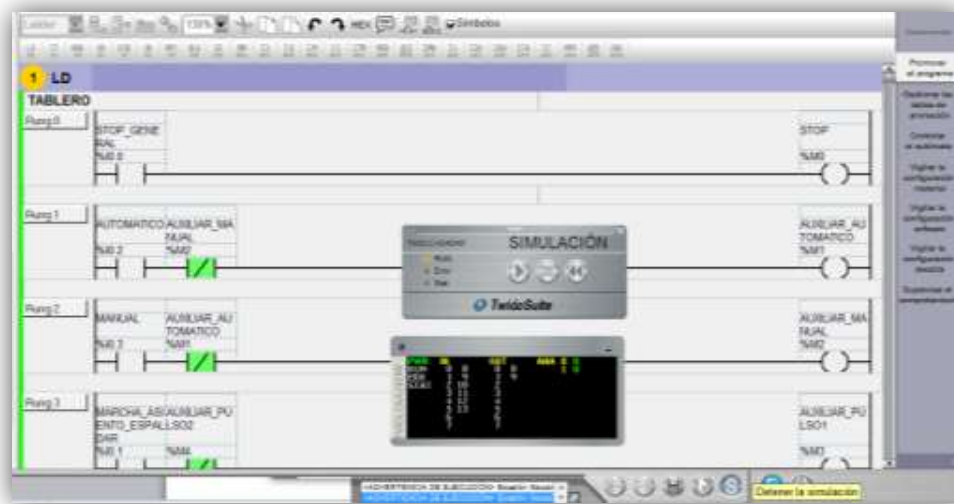


**Figura 3.22.-** Ventana Programar / editar programa.

4. Luego de concluida la programación, se procede a guardar, analizar y simular el proyecto con la finalidad de observar si los parámetros están automatizados de acuerdo a las necesidades requeridas, la mencionada secuencia se observa en las figuras 3.23 y 3.24.

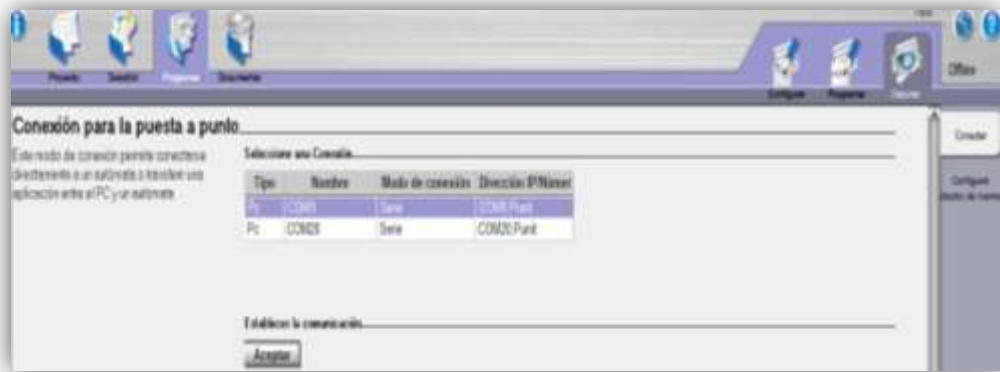


**Figura 3.23.-** Ventana Programar / guardar / analizar.



**Figura 3.24.-** Ventana Simulación.

5. Para cargar el programa en el PLC, se selecciona la ventana llamada *depurar*, en la que se identifica la dirección del cable serial de transmisión de datos (Figura 3.25) y simplemente se acepta.



**Figura 3.25.-** Ventana depurar / Conectar.

#### **D. Lenguajes de programación en el software TwidoSuite 2.01.**

Un controlador programable lee entradas, resuelve la lógica basada en un programa y entrega resultados en las salidas.

Crear un programa de control para un controlador Twido consiste en escribir una serie de instrucciones en uno de los lenguajes de programación de Twido.

Para elaborar programas de control, el usuario dispone de los siguientes lenguajes de programación:

- Lenguaje ladder (escalera).
- Lenguaje de lista de instrucciones.

El **ANEXO E - 1** adiciona información del PLC TWDLCAA24DRF de base compacta.

#### **E. Conexión PC y controlador Twido.**

Una vez terminada la programación en el software es necesario cargar este programa en la memoria del PLC, para ello se utiliza el cable de comunicación TSX PCX 1031, este cable convierte la señal proveniente del puerto serial de la PC a otra señal que pueda ser interpretada por el controlador lógico programable.



**Figura 3.26.-** Cable de comunicación TSX PCX 1031.

### **3.4.3.- PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL EN TWIDOSUITE 2.01.**

Una vez determinadas las acciones de operación que va a realizar la máquina curvadora de tubo, y con un previo manejo de la máquina en forma manual se logra determinar el proceso a automatizarse.

En la tabla 3.8 muestra la determinación de las variables del programa.

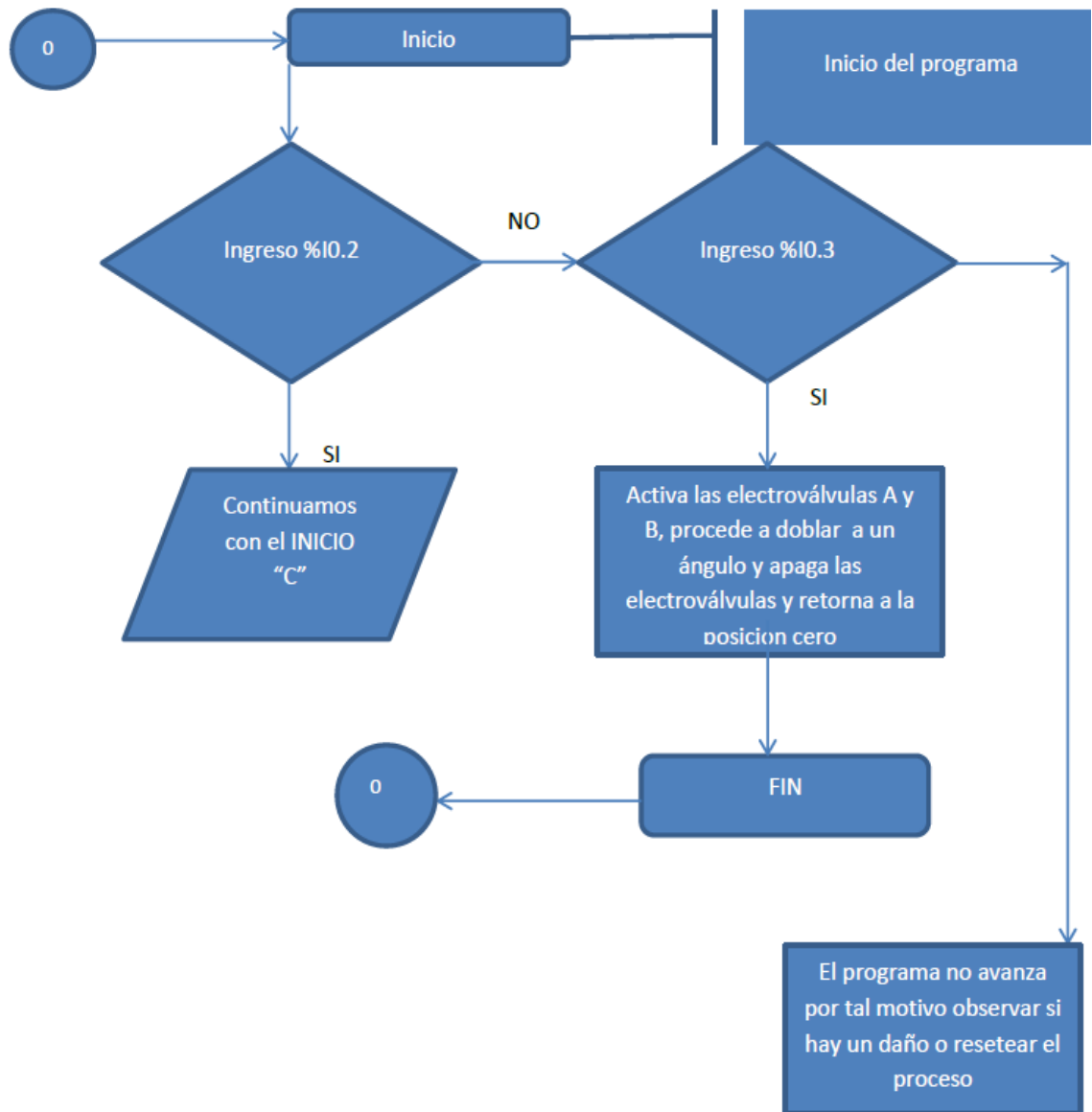
**Tabla 3.8.-** Determinación de variables del programa.

<b>VARIABLE</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>APLICACIÓN EN EL PROGRAMA</b>	<b>APLICACIÓN FÍSICA</b>
<b>%I0.0</b>	Stop	Paro en su totalidad	Pulsante Stop
<b>%I0.1</b>	Marcha 1	Arranque del conjunto asiento espaldar	Pulsante Marcha
<b>%I0.2</b>	Automático	Arranque para marcha 1 y 2	Selector en Semi automático

<b>%I0.3</b>	Semi automático	Arranque de la maquina en forma manual	Selector en Semi automático
<b>%I0.4</b>	Marcha 2	Arranque de conjunto asiento	Pulsante Marcha
<b>%I0.5</b>	Sensor retorno	Permite al programa el reset para otra vez realizar el doblado	Resetea el programa para proceder a doblar otra vez
<b>%I0.6</b>	Final longitudinal	Entrada principal la cual permite la acción de las diferentes subrutinas	Final longitudinal muy importante debido a que este da las señales a todo el proceso de doblado
<b>%I0.7</b>	Final 0° posicionador	Para al motor reductor C	Final del cañón en la parte posterior a 0°
<b>%I0.8</b>	Final 90° posicionador	Para al motor reductor C	Final del cañón en la parte posterior a 90°
<b>%I0.9</b>	Final 0° principal	Para al motor principal a 0°	Final del tambor a 0°
<b>%I0.10</b>	Final 15° principal	Para al motor principal a 15°	Final del tambor a 15°
<b>%I0.11</b>	Final 90° principal	Para al motor principal a 90°	Final del tambor a 90°
<b>%I0.12</b>	Sensor seguridad y 180°	Para la programación en caso de emergencia o accidente	En caso de que la maquina en el motor principal llegue a 180° o alguien se cruce en el proceso de doblado se detiene

<b>%I0.13</b>	Auxiliar 0° principal	Para al programa, paro de emergencia	Para el motor principal y en si toda la máquina, para emergencia
<b>%Q0.0</b>	Motor principal horario	Motor principal el cual trabaja en las subrutinas	Motor principal el cual dobla al tubo a los diferentes ángulos
<b>%Q0.1</b>	Motor principal anti horario	Motor principal el cual trabaja en las subrutinas	Motor principal el cual regresa a la posición 0° a los diferentes ángulos
<b>%Q0.2</b>	Motor B horario	Motor longitudinal llama a subrutinas	Motor longitudinal avanza las distancia entre los ángulos del diseño de doblado
<b>%Q0.3</b>	Motor B anti horario	Motor del posicionador regresa a cero y resetea el programa	Motor del posicionador regresa a la posición inicial para volver a doblar
<b>%Q0.4</b>	Motor C horario	Motor del cañón prende al motor B horario	Motor del cañón trabaja después de doblar a 90°
<b>%Q0.5</b>	Motor C anti horario	Motor del cañón trabaja después del ángulo de 15°	Motor del cañón trabaja después de doblar a 15°
<b>%Q0.6</b>	Electroválvula A	Trabaja subrutinas para sujetar el tubo en las	Trabaja las mordazas en el tubo, al momento de doblar
<b>%Q0.7</b>	Electroválvula B	Trabaja subrutinas para guiar el tubo	Trabaja la guía en el tubo, al momento de doblar
<b>%Q0.8</b>	Electroválvula C	Sujeta el tubo y acciona todo la programación	Sujeta el tubo al desplazarlo y desactiva.

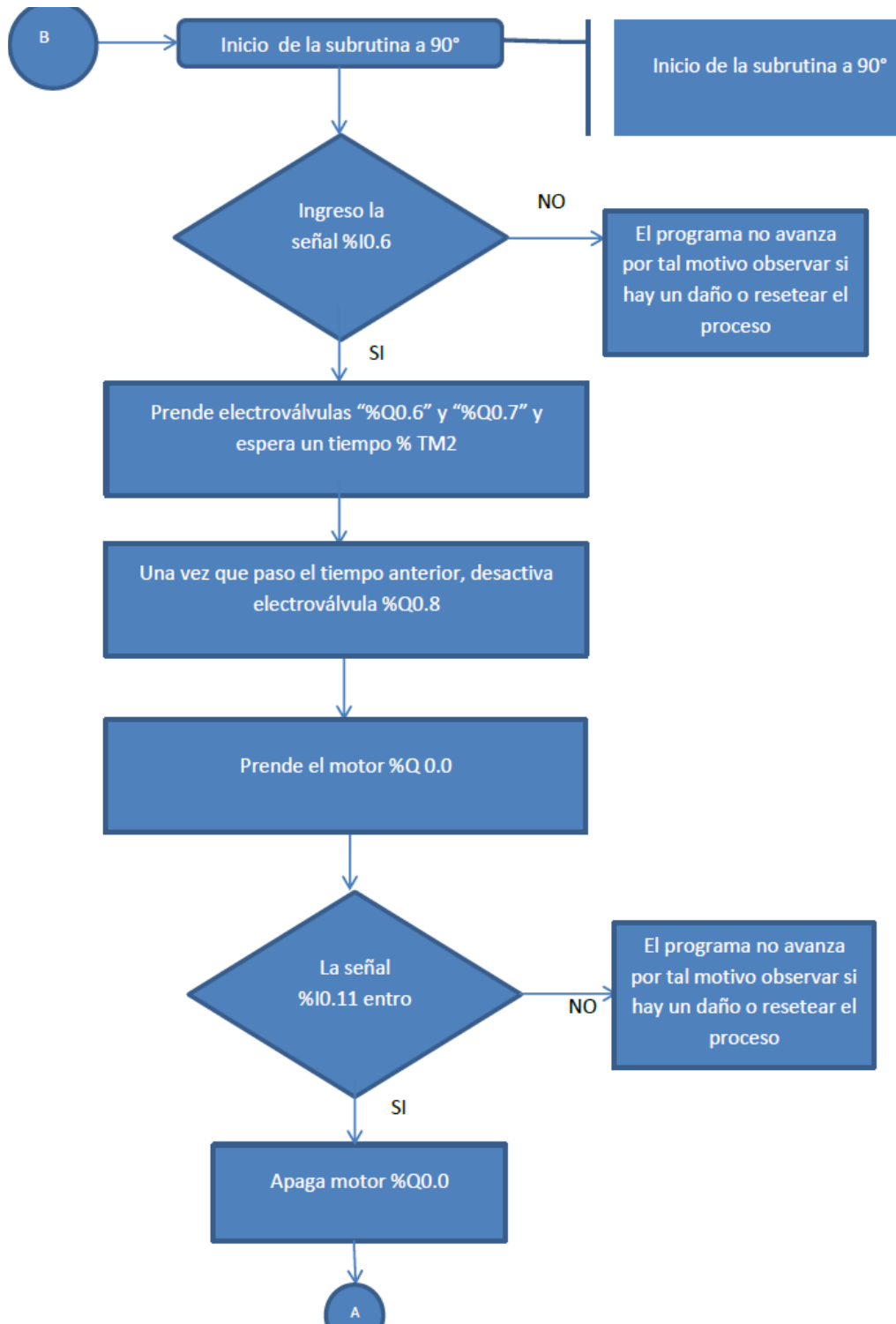
Para un mejor entendimiento del lector, a continuación se presenta un diagrama de flujo:

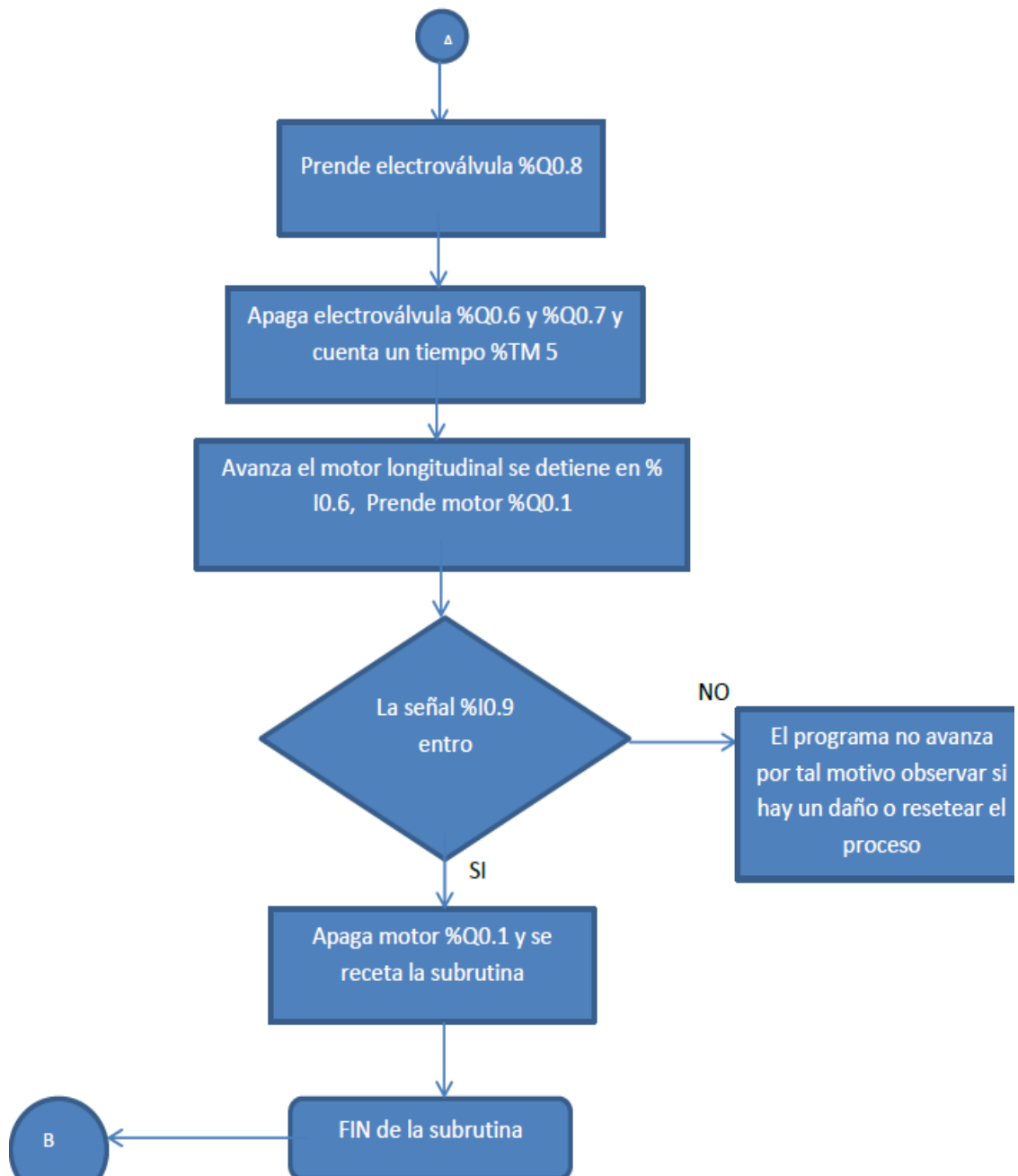


Para entender los diagramas de flujo anteriores, existe la necesidad de conocer las subrutinas de 90° y 15° que se presentan a continuación.

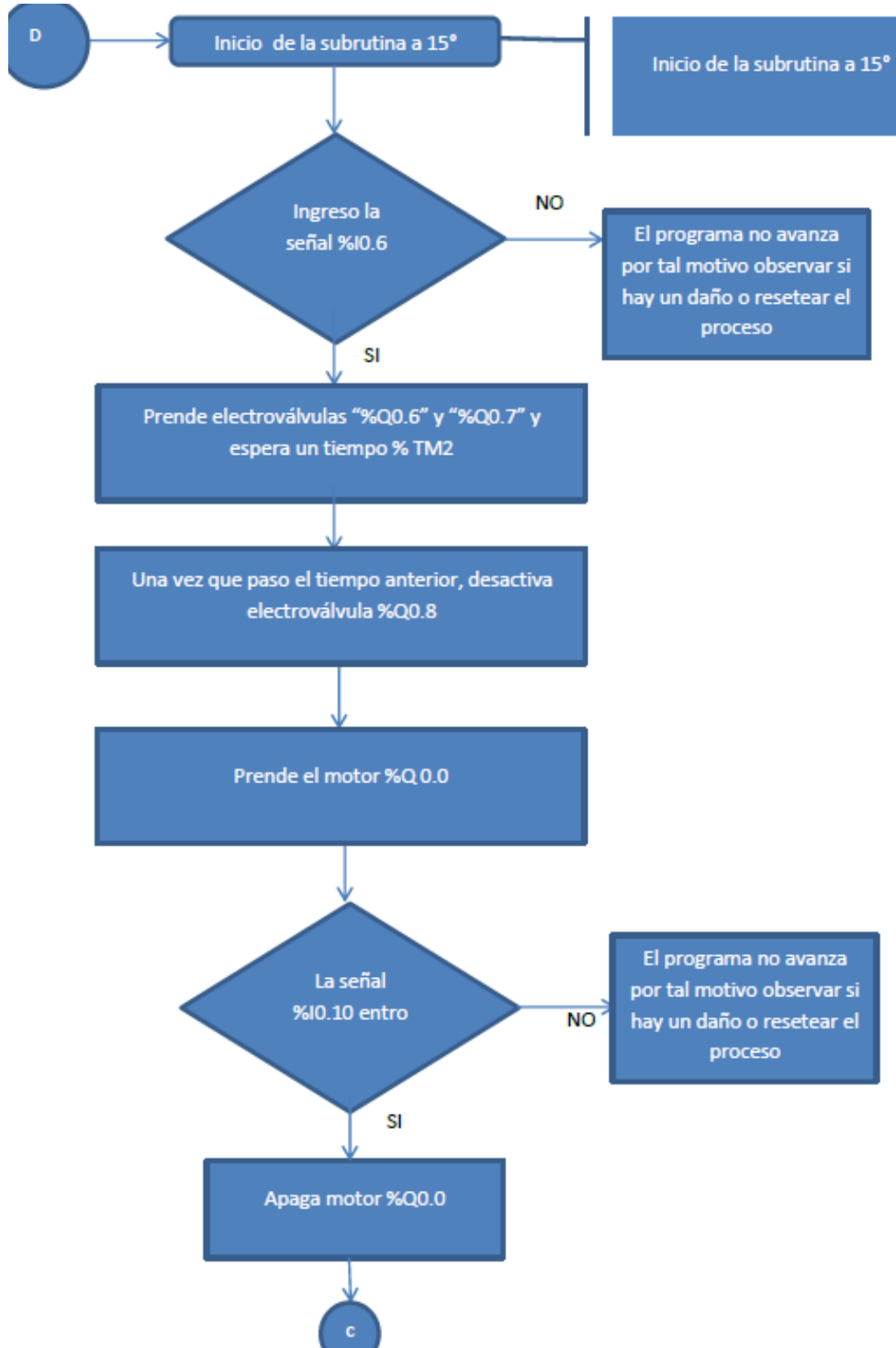


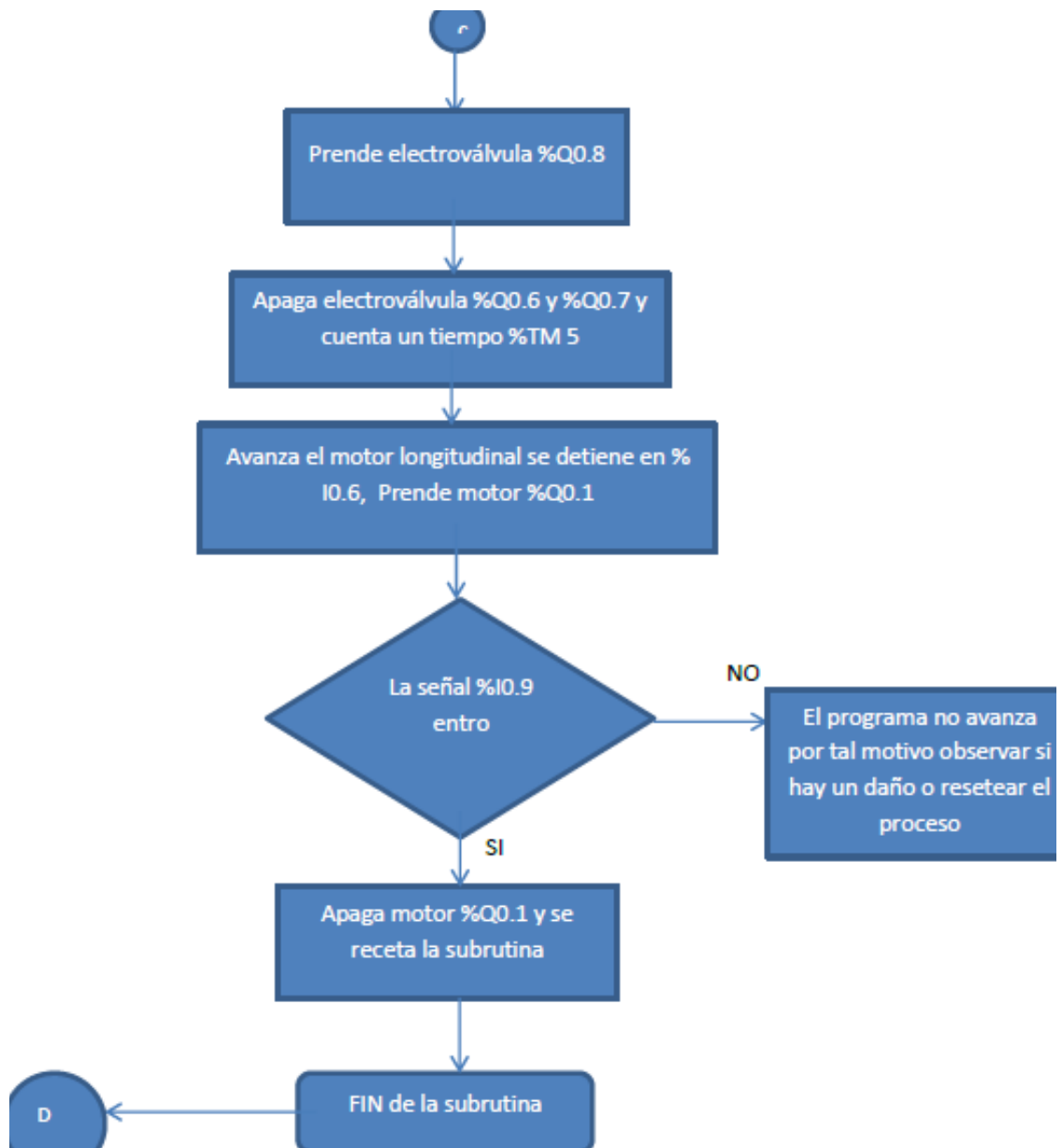
### Subrutina 90°





### Subrutina a 15°





**Nota:** Las líneas de programación en TWIDOSUITE, así como la descripción de cada elemento se pueden observar en forma más detallada en el ANEXO E - 2.

### **3.4.4.- TABLERO DE CONTROL Y MANDO.**

#### **a.- Cable conductor.**

El cable conductor seleccionado para el conexionado del circuito automático es el N° 18 AWG que se recomienda en el manual de Twido, con sus respectivos terminales para asegurar un buen contacto.

Según la norma IEC 0199, el color del conductor de cada circuito es:

- Circuitos Automatas = Azul o Blanco.
- Circuitos de mando = Rojo.
- Circuitos de fuerza = Blanco
- Circuitos trifásicos = Rojo, negro y blanco.
- Tierra = Verde.

Circuitos monofásicos, fase = Negro ó Rojo, neutro = blanco.

Positivo = Rojo.

Negativo = Negro.

#### **Determinación y selección del calibre de conductor para el motor.**

La selección del conductor se realiza en función de la corriente de arranque del motor, la tabla 3.9 muestra el tipo de conductor seleccionado para cada motor.

En el **ANEXO D – 6** se observan las aplicaciones y demás especificaciones de conductores eléctricos ELECTROCABLES.

**Tabla 3.9.-** Selección de conductores para motores.

	<b>Corriente de arranque (A)</b>	<b>Tipo de conductor</b>
Motor A	30	8 AWG (Cable tensado)
Motor reductor B	6	10 AWG tipo THW.
Motor reductor C	12	10 AWG tipo THW.

**b.- Montaje e instalación eléctrica del tablero de control.**

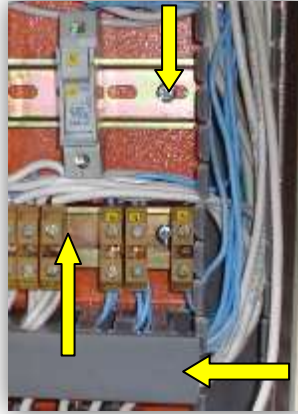
El tablero de control está montado en la parte posterior de la carcasa principal de la máquina (Figura 3.27), la instalación eléctrica se lo realizó en base a la norma IEC 0119.



**Figura 3.27.-** Montaje del tablero de control.

***b.1.- Montaje de Canaletas, rieles y borneras.***

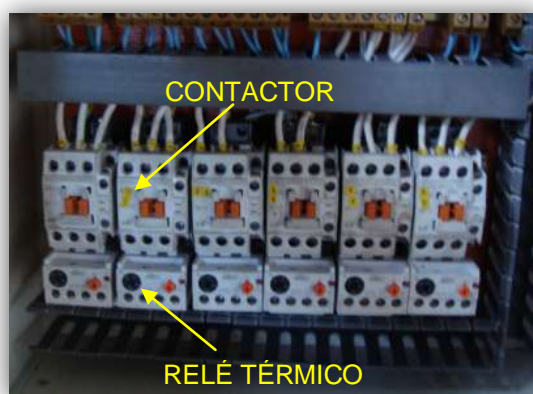
Las canaletas rieles y borneras están dispuestas como se observa en la figura 3.28.



**Figura 3.28.-** Montaje e instalación de canaletas, rieles y borneras.

***b.2.- Montaje de contactores y relés térmicos.***

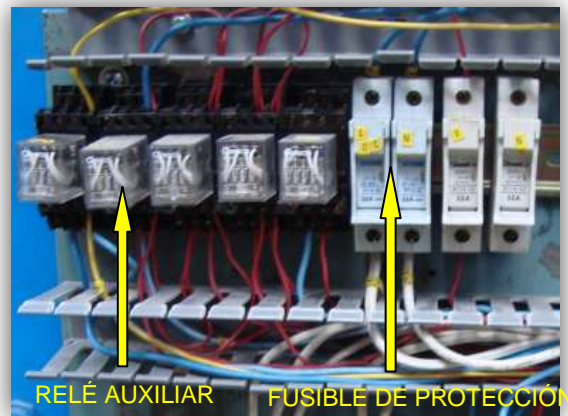
Los contactores de fuerza con sus respectivos relés térmicos están instalados y dispuestos, como se observa en la figura 3.29.



**Figura 3.29.-** Montaje contactores y relés térmicos.

***b.3.- Montaje de fusibles para protección (PLC) y relés auxiliares.***

Los fusibles de protección del PLC así como los relés auxiliares que permiten el accionamiento de las electroválvulas, están instalados y dispuestos, como se observa en la figura 3.30.



**Figura 3.30.-** Montaje de fusibles para protección del PLC y relés auxiliares.

***b.4.- Montaje y conexión del autómata programable (PLC).***

En la figura 3.31 se observa el montaje y conexión del autómata programable (PLC).



**Figura 3.31.-** Montaje e instalación del autómata programable (PLC).



### **c.- Montaje e instalación eléctrica del tablero de mando.**

De acuerdo con los requerimientos funcionales que debe cumplir el circuito de control, se requiere de un selector, 2 pulsantes, 2 luces piloto y un pulsante tipo hongo como se observa en la figura 3.32.



**Figura 3.32.-** Montaje e instalación del tablero de mando.

#### ***c.1.- Conexión eléctrica.***

En la figura 3.33 se observa el conexionado del tablero de mando hacia el tablero de control.



**Figura 3.33.-** Conexión eléctrica del tablero de mando hacia el de control.

## CAPITULO IV

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.1.- PRUEBAS DEL SISTEMA MECÁNICO.

##### 4.1.1.- MOVIMIENTO DEL CARRO POSICIONADOR.

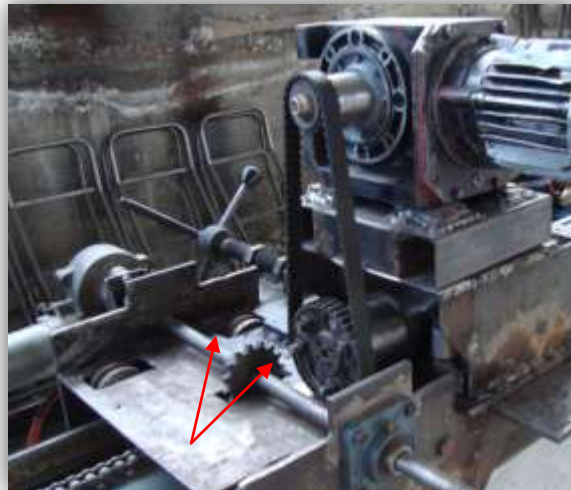
El movimiento del carro posicionador a lo largo del eje longitudinal “z”, no presentó contra tiempos, es decir el motor reductor “B” posee el torque necesario para sostener y desplazar la estructura mecánica (Figura 4.1), el conjunto de rodamientos y ruedas (Figura 4.2) dispuestas en cada placa lateral del carro posicionador trabajan de forma adecuada, además en la figura 4.3 se aprecia el conjunto eje, chaveta y catalina, el mismo que brinda una óptima transmisión del movimiento.



**Figura 4.1.-** Movimiento del carro posicionador.



**Figura 4.2.-** Conjunto de rodamientos y ruedas.



**Figura 4.3.-** Conjunto transmisión de movimiento.

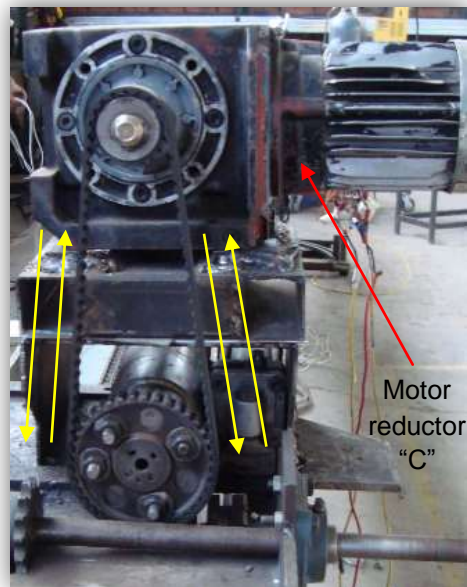
#### **4.1.2.- POSICIONAMIENTO GRADUAL DEL TUBO.**

##### **a.- Transmisión de movimiento.**

En la parte superior del carro posicionador se encuentra ubicado el mecanismo de transmisión de movimiento, este contiene una rueda de 38 dientes y un piñón de 19 dientes, estos elementos están enlazados por una banda dentada de 83 dientes.

Los mencionados elementos no presentan falencias en su funcionamiento, debido a que han sido construidos para fines automotrices.

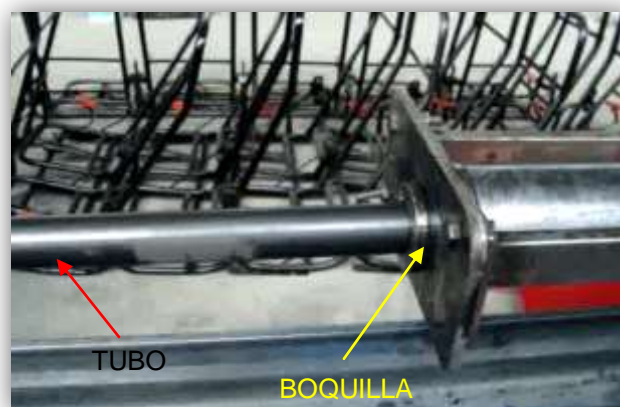
La figura 4.4 muestra la transmisión de movimiento desde el motor “C” hasta el cañón, en donde se encuentra el tubo a ser procesado.



**Figura 4.4.-** Transmisión de movimiento para el posicionamiento gradual del cañón.

#### **b.- Atrapamiento del tubo.**

En la figura 4.5 se observa la boquilla diseñada para el atrapamiento o sujeción del tubo, la misma que se acciona de forma eficiente, es decir el tubo a ser procesado permanece rígido.



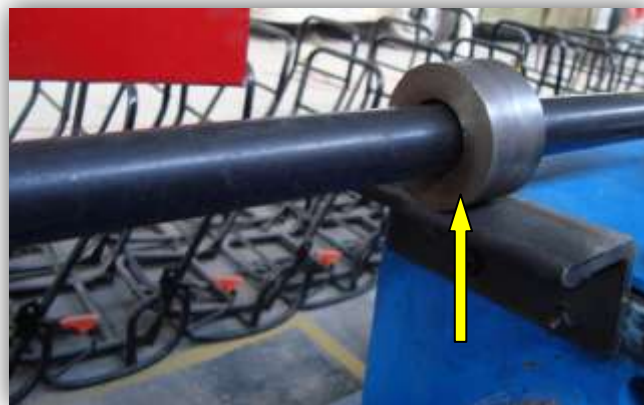
**Figura 4.5.-** Boquilla diseñada para el atrapamiento del tubo.

Luego del atrapamiento que sufre el tubo dentro de la boquilla, se espera una alineación entre la “Torta” y el tubo para su posterior doblado; aquello no sucedió como se observa en la figura 4.6, el tubo que se introdujo en la boquilla medía 6 m, al parecer el peso de este ocasionó una desalineación.



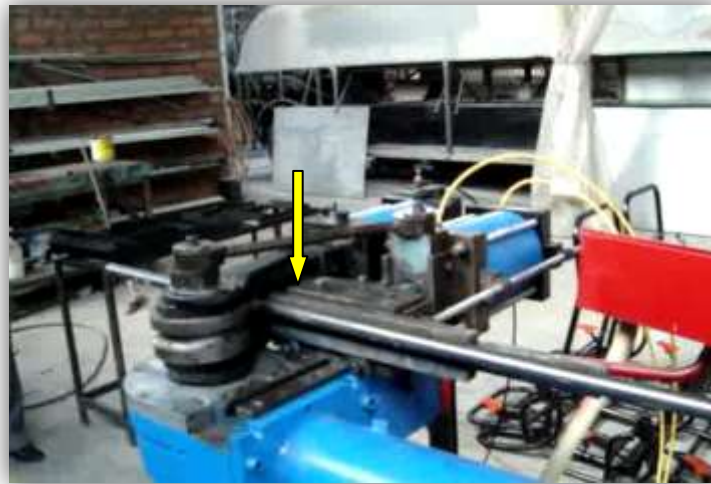
**Figura 4.6.-** Tubo desalineado respecto de la “Torta”.

Para corregir este imprevisto fue necesaria la implementación de una base tipo bocín (Figura 4.7), con ello se consiguió el asentamiento y alineación del tubo a ser procesado.



**Figura 4.7.-** Implementación base tipo bocín.

La figura 4.8 muestra al tubo alineado respecto de la “Torta” luego de la inclusión de una base tipo bocín.



**Figura 4.8.-** Tubo alineado respecto de la “Torta”.

**c.- Accionamiento coordinado de levas para el posicionamiento gradual del tubo.**

El pequeño tambor de levas implementado para el control gradual del tubo, se acciona de forma coordinada y sin novedad, es decir los microinterruptores envían señales de acuerdo al seteo de cada leva ( $0^{\circ}$  y  $90^{\circ}$ ). En la figura 4.9 se aprecia la disposición gradual de las levas.



**Figura 4.9.-** Disposición gradual de levas.



Es importante mencionar que los elementos que se utilizaron del reciclaje no presentaron contratiempos durante el proceso de pruebas, es decir las placas de acero ASTM 36, bocines, pernos, entre otros cumplen con los parámetros óptimos de funcionamiento.

## **4.2.- PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO.**

### **4.2.1.- ACCIONAMIENTO DE CILINDROS NEUMÁTICOS 1 Y 2 PARA LA SUJECCION DEL TUBO.**

Como ya se mencionó en el capítulo 2, párrafo 2.1.2, la presión de aire requerida en el sistema neumático de la máquina es de **70 psi**.

De acuerdo con las pruebas realizadas la presión seteada en la unidad de mantenimiento (70 psi), abastece de manera eficiente a los cilindros 1 y 2, que se hallan dispuestos para fines de sujeción del tubo.

La figuras 4.10 y 4.11 muestran la óptima sujeción del tubo luego de la activación coordinada de los cilindros neumáticos 1 y 2.



**Figura 4.10.-** Sujeción óptima del tubo tras la activación del cilindro 1.



**Figura 4.11.-** Sujeción óptima del tubo tras la activación del cilindro 2.

#### **4.2.2.- ACCIONAMIENTO DEL CILINDRO NEUMÁTICO 3 PARA EL ATRAPAMIENTO INICIAL DEL TUBO.**

El cilindro 3 es el encargado de comandar el atrapamiento inicial del tubo mediante una boquilla que se acciona con la ayuda de 2 tubos cuadrados que hacen la labor de brazos. En la figura 4.12 se observa el mecanismo de atrapamiento del tubo desde el cilindro 3 hasta la boquilla.



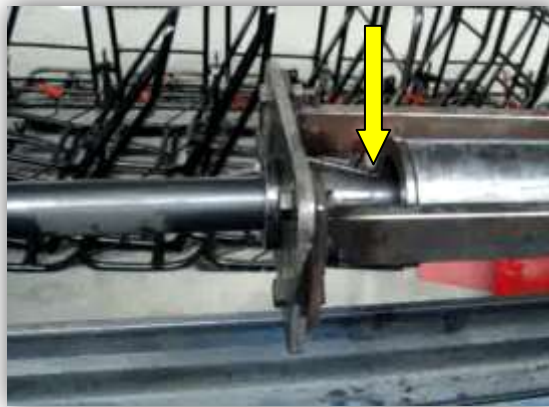
**Figura 4.12.-** Mecanismo de atrapamiento del tubo.

Ya con una mejor perspectiva del mecanismo de atrapamiento, se continúa con la prueba de accionamiento del cilindro 3.

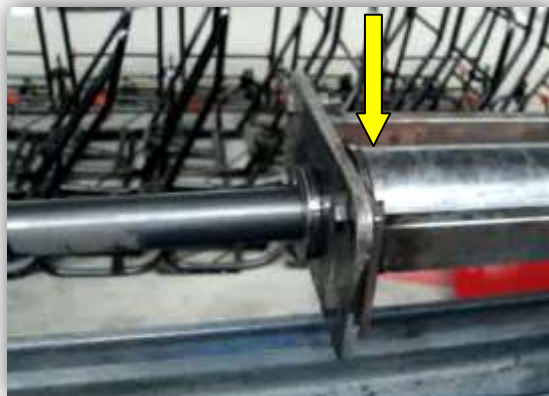


La mencionada prueba arroja resultados positivos debido a que los 70 psi que fueron seteados para el sistema neumático son suficientes para atrapar al tubo y mantenerlo rígido durante el proceso de curvado y posicionado.

Las figuras 4.13 y 4.14 muestran respectivamente la activación y desactivación de la boquilla en función del accionamiento del cilindro 3.



**Figura 4.13.-** Boquilla desactivada.



**Figura 4.14.-** Boquilla activada.

#### **4.2.3.- FUGAS DE AIRE EN EL SISTEMA NEUMÁTICO DE LA MÁQUINA.**

En la prueba de funcionamiento de cada componente del sistema neumático se observó la presencia de fugas de aire en uniones tipo T y acoples del sistema

neumático, por ende se procedió a localizar cada una de estas con el fin de eliminar dichas falencias mediante la aplicación de teflón y permatex (pasta selladora) en cada unión del sistema logrando de esta manera eliminar las fugas.

### **4.3.- PRUEBAS DE SENSORES.**

Los sensores y microrruptores son un contacto abierto que al ser activados se cierran de manera que activan directamente las entradas del PLC.

En la prueba de sensores lo que se hizo es activar cada uno, verificando su funcionamiento por medio de las luces indicadoras de entradas y salidas del PLC, como se observa en la figura 4.15.



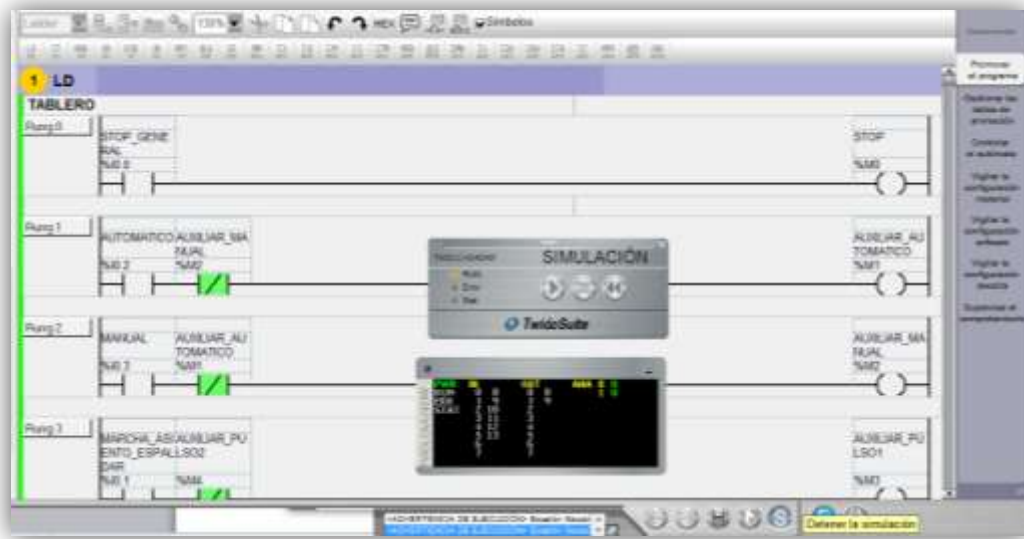
**Figura 4.15.-** Prueba de sensores.

### **4.4.- PRUEBA DE SISTEMAS DE CONTROL.**

#### **4.4.1.- COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL EN EL PROGRAMA TWIDOSUITE DEL PLC TWIDO TWDLCAA24DRF.**

Las entradas del sistema son netamente digitales, es decir cuando una entrada está activada el PLC toma el valor de uno y cuando no está activada toma el valor de cero, de igual manera sucede con todas las salidas.

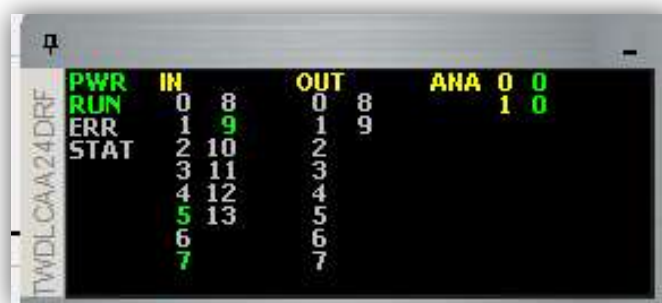
Las entradas y salidas son contactos abiertos que al ser activados en el TwidoSuite adquieren el color verde como se observa en la figura 4.16.



**Figura 4.16.-** Prueba de funcionamiento en el TwidoSuite del selector de mando.

#### 4.4.2.- RESULTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL.

Verificado el funcionamiento del sistema de control se obtuvieron los siguientes resultados que se detallan en la tabla 4.17 y figura 4.18.



**Figura 4.17.-** Ventana indicadora de entradas iniciales (posición cero).

**Tabla 4.1.-** Tabla de resultados posición cero.

MÁQUINA (POSICIÓN CERO)	RESULTADOS
Microrruptor posición cero carro posicionador	I0.5 (activo)
Microrruptor 0 <sup>0</sup> tambor pequeño	I0.7 (activo)
Microrruptor 0 <sup>0</sup> tambor grande	I0.9 (activo)



**Figura 4.18.-** Ventana indicadora de activación de entradas (botón espaldar – sentadera).

**Tabla 4.2.-** Tabla de resultados activación botón espaldar – sentadera.

BOTÓN ESPALDAR - SENTADERA	RESULTADOS
Botón espaldar - sentadera	I0.1 (activo)
Selector	I0.2 (activo)
Microrruptor posición cero carro posicionador	I0.5 (activo)
Microrruptor 0 <sup>0</sup> tambor pequeño	I0.7 (activo)
Microrruptor 0 <sup>0</sup> tambor grande	I0.9 (activo)



**Figura 4.19.-** Ventana indicadora de retorno a la posición cero.

**Tabla 4.3.-** Tabla de resultados retorno a posición cero.

RETORNO (POSICIÓN CERO)	RESULTADOS
Selector	I0.2 (activo)
Microrruptor 0 <sup>0</sup> tambor pequeño	I0.7 (activo)
Microrruptor 0 <sup>0</sup> tambor grande	I0.9 (activo)
Motorreductor “B” antihorario	Q0.3 (activo)

## 4.5.- PRUEBAS DE SEGURIDADES.

### 4.5.1.- SEGURIDAD DEL OPERADOR.

La máquina curvadora de tubo marca margua posee un campo de acción de 2 m a la redonda para fines de curvado de tubería y la potencia que imprime el motor principal “A” es de 5.5 hp, aquello implica que durante el proceso de curvado el operador debe estar fuera del radio de acción.

Conocidos estos antecedentes se implementó un sensor tipo cortina que detecta la presencia del operador dentro del radio de acción, el mencionado sensor envía una señal al PLC y este a su vez detiene el proceso de curvado.

La figura 4.20 muestra la disposición física del sensor de seguridad del operador.



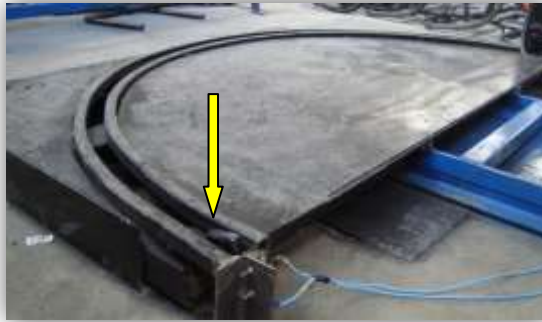
**Figura 4.20.-** Sensor de seguridad – operador.

#### **4.5.2.- SEGURIDAD DE LA MÁQUINA.**

Como ya se mencionó en el párrafo 4.5.1 la máquina curvadora de tubo posee un radio de giro de aproximadamente 2 m.

Es necesario mencionar que el desplazamiento máximo del brazo de la máquina es de  $180^{\circ}$ , si se sobrepasa dicho valor el brazo de la máquina impactaría con la “torta”, produciendo de esta manera daños mecánicos.

Para evitar posibles incidentes durante el giro del brazo de la máquina, se instaló un microinterruptor a los  $180^{\circ}$  (Figura 4.21); el mencionado elemento garantiza la desactivación inmediata del proceso a causa de un posible fallo en la programación.



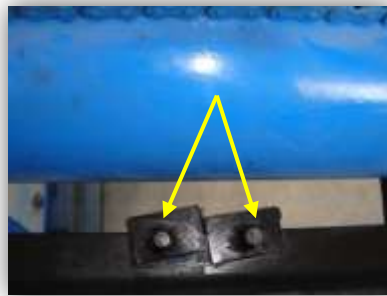
**Figura 4.21.-** Sensor seguridad – máquina.

#### **4.6.- PRUEBA TOTAL DEL FUNCIONAMIENTO EN CONJUNTO DE LA MÁQUINA CURVADORA DE TUBO.**

Una vez comprobados y rectificadas todos los inconvenientes de los sistemas de la curvadora de tubo, se procedió con la prueba final que consistió en la elaboración de perfiles de asientos divididos en dos procesos como son el conjunto espaldar – sentadera y el conjunto asiento.

##### **4.6.1.- PROCESO CONJUNTO ESPALDAR – SENTADERA.**

Después de haber seteado los topes que permiten el accionamiento del microinterruptor para el posterior envío de señales al PLC, se colocó el tubo que iba a ser procesado dentro de la boquilla, luego de ello se escogió el conjunto espaldar - sentadera mediante el selector ubicado en el tablero de mando; el resultado de dicho proceso se puede observar en la figura 4.22.



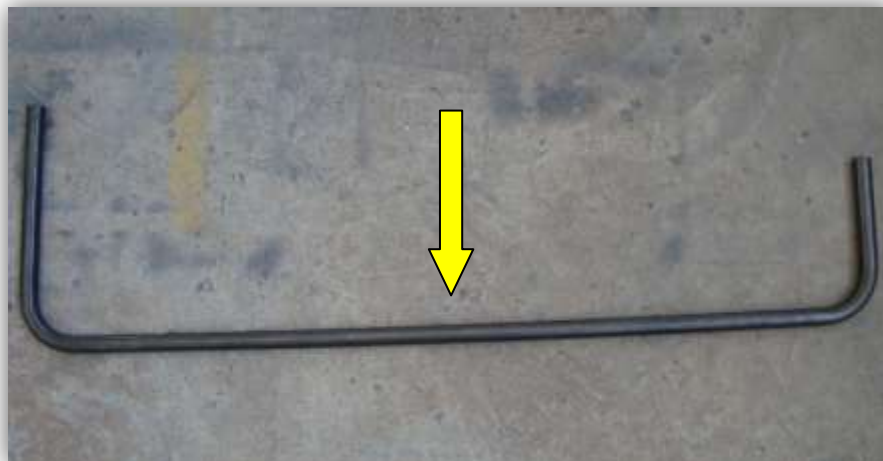
**Figura 4.22.-** Seteo de topes.



**Figura 4.23.-** Resultado proceso conjunto espaldar – sentadera.

#### **4.6.2.- PROCESO CONJUNTO ASIENTO.**

Del mismo modo que para el proceso anterior, se seteó los topes que activan el microrruptor, se eligió mediante el selector de mando el proceso conjunto asiento y por último se colocó el tubo dentro de la boquilla; el resultado del proceso se puede observar en la figura 4.24.



**Figura 4.24.-** Resultado conjunto asiento.

Una vez que la máquina ha terminado los procesos de curvado, el personal de la empresa que ha sido asignado en el **ÁREA DE CURVADO DE TUBERIA**, procede con el ensamblaje de la estructura completa de los asientos.



En la figura 4.25 se puede apreciar el ensamblaje completo de los asientos.



**Figura 4.25.-** Ensamblaje de asientos.

## **4.7.- ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO.**

### **4.7.1.- ANÁLISIS DE COSTOS.**

Hoy en día la innovación tecnológica en el área industrial es sumamente importante ya que se está logrando remplazar y optimizar recursos con el fin de tener un gran desempeño en el ámbito competitivo, sin embargo se necesita de una inversión grande.

Es importante mencionar que la mayoría de accesorios se los obtuvo del reciclaje a costos sumamente bajos.

A continuación se detalla el costo de cada uno de los elementos que componen los sistemas de la máquina curvadora de tubo.

**a.- Sistema mecánico y neumático.**

**Tabla 4.4.-** Materiales mecánicos y neumáticos.

<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
1	Máquina curvadora de tubo convencional	2000	2000
2	Cilindros neumáticos (D = 176 mm)	10	20
1	Cilindro neumático (D = 55 mm)	20	20
1	Unidad de mantenimiento	7	7
½	gal. Aceite ISO 68	15	15
100	Pernos grandes y pequeños	0.4	40
3	Rollo de Teflón	0.35	1.05
3	Electroválvulas	38	114
10	mtrs. Tubo estructural rectangular	1.6	16
20	Acoples neumáticos a ¼ NPT	0.50	10
20	mtrs. Manguera neumática de 6mm	1.50	30
1	gal. Pintura catalizadora	16.25	16.25
1	Rueda (38 dientes)	15	15
1	Piñón (19 dientes)	8	8
1	Banda dentada (83 dientes)	7.50	7.50
1	Eje 20 mm de diámetro	1.50	1.50
2	Chumaceras de pared (3/4")	9	18
8	Rodamientos	2.50	20
2	mtrs. Tubo (D=65 mm y e= 3mm)	3	6
1	Placas de Acero A 36 varios espesores	70	70
1	Catalina (15 dientes)	5	5
20	mtrs. Riel tipo T	5	100
2	lbs. Electrodo 7018	2.50	5
1	Elementos adicionales (reciclaje)	50	50
		<b>TOTAL</b>	<b>2595.30</b>

**b.- Sistema eléctrico.**

**Tabla 4.5.- Material eléctrico.**

<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
1	PLC telemecanique	350	350
6	Contactores	9	54
2	Pulsadores	1,95	3.90
2	Lámparas indicadoras 110V	1,46	2.92
1	Selector de 3 posiciones	3,2	3,20
60	Borneras	1,25	75
2	mtrs. Riel DIN 35mm	3	6
2	mtrs. Canaleta ranurada 50x50	3,64	7,28
150	mtrs. Conductor flexible 12 AWG	0,35	52.50
150	mtrs. Conductor flexible 16 AWG	0.42	63
2	Finales de carrera	2	4
100	Amarras 2.5mm	0,01	0,60
5	Relés de protección	7.50	37.50
1	Tablero de control	30	30
1	Panel de mando	7	7
11	Porta fusibles	1.5	16.50
11	Fusibles	0.70	7.70
1	Puente diodos 8 A	2	2
1	Motor reductor ¼ hp, DC	50	50
1	Motor reductor ¼ hp, AC	150	150
		<b>TOTAL</b>	<b>923.1</b>

Sumando todos los gastos (G): mecánicos - neumáticos, eléctricos y varios se obtiene que:

**Inversión total:** G. mecánicas y neumáticos. + G. Eléctricos + G. varios.



**c.- Gasto operacional:**

- Depreciación de equipos y herramientas: 1000 dólares.
- Utilidad antes de beneficio: 7000 dólares.
- 15 % trabajadores: 1050 dólares.
- 25% Impuesto a la renta: 1487.5 dólares.
- Utilidad neta: 4462.5 dólares.

Entonces:

Utilidad promedio en 1 año: **4462.5 dólares.**

Utilizando la EC: 4.1 se obtiene PRK.

$$PRK = \frac{3718.4}{4462.5}$$

$$PRK = \mathbf{0.83}$$

La recuperación del capital está estimada en 10 meses y 5 días.

**4.7.3.- RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO.**

La inversión realizada por la empresa de carrocerías “CENTAURO” es a mediano plazo y depende del número de carrocerías que se realice.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad promedio}}{\text{Inversion}} \quad \mathbf{Ec: 4.2}$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{4462.5}{3718.4}$$

$$\text{Rentabilidad} = 1.2 = \mathbf{120 \%}$$

La rentabilidad del proyecto es del 120 % por lo que se confirma la factibilidad del mismo.

#### **4.7.4.- BENEFICIOS DEL PROYECTO.**

La empresa de carrocerías “CENTAURO” duplicó su producción diaria de perfiles de asientos debido a la optimización de tiempo y recursos. Los dispositivos y/o elementos utilizados del reciclaje de la planta indujeron a la reducción de costos en el proceso de construcción y automatización de los sistemas de la máquina curvadora de tubo.

Las seguridades que se implementaron en la máquina curvadora de tubo garantizan su correcto funcionamiento, esto implica la minimización de un posible accidente que pueda afectar la integridad del operador.

La inversión se recuperará en un periodo de 10 meses, este lapso de tiempo es muy aceptable, ya que normalmente el tiempo de recuperación de la inversión de maquinaria es de cinco años.

#### **4.8.- MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

El manual de operación y mantenimiento se detalla en el **ANEXO J**.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1.- CONCLUSIONES.**

- Se automatizó el proceso de curvado de tubería, rediseñando varios sistemas de máquina con la ayuda del software SolidWorks 2010, certificando que la misma cumple en forma segura con las exigencias que demanda la elaboración de perfiles de asientos.
- Se implementó un posicionador gradual automático, en el que los ángulos de desplazamiento se pueden variar de acuerdo al tipo de asiento o curvado a procesarse.
- Se dotó de memorias y finales de carrera con el fin de obtener un control flexible durante la elaboración de perfiles de asientos.
- El sistema automático para la sujeción del tubo está constituido por cilindros neumáticos que permiten una sujeción del tubo más uniforme dentro de la matriz semi redonda, aquello implica un producto con mejor acabado.
- Se logró controlar la seguridad operativa de la máquina mediante sensores que minimizan el riesgo de un posible incidente durante la operación de curvado.

- Los sistemas de la máquina curvadora de tubo RACBVQ HR02 se diseñaron bajo normas y códigos eléctricos y mecánicos certificados como son: IEC, SAE, ASME, obteniendo de esta manera una máquina segura.
- La máquina curvadora de tubo RACBVQ HR02 brinda una gran flexibilidad en lo que se refiere al cambio de elementos mecánicos, debido a que estos fueron construidos con materiales del reciclaje, esto hace que los operadores puedan desmontarlos según la necesidad.
- Este proyecto tiene una inversión inicial de \$ 3718.4 y la recuperación (PKR) es de 0.83, la misma que se estima en 10 meses y 5 días; debido a que la empresa de carrocerías “CENTAURO” tiene como meta una utilidad promedio de 4462.5 dólares en un año, por tal motivo la rentabilidad del proyecto es del 120%, aquello confirma la factibilidad del mismo.

## **5.2.- RECOMENDACIONES.**

- Verificar que la toma de alimentación trifásica para la máquina sea siempre la que se encuentra asignada en el AREA DE CURVADO DE TUBERIA, debido a que el sentido de giro del motor principal influye de sobremanera en la dirección del curvado, en el caso de producirse un giro en dirección errónea implicaría un riesgo tanto para la máquina como para el operador.
- Con el fin de complementar los sistemas de la máquina, se debería implementar una opción semiautomática para el curvado de tubería, con ello se lograría una actividad adicional acorde a incremento de producción.



- Es importante que el tubo que va a ser procesado sea completamente liso, aquello garantiza una correcta sujeción dentro de la boquilla, además de un posicionamiento gradual exacto que influye en el acabado del perfil.
- En el futuro se debe analizar la posibilidad de adquirir un sistema tipo mordaza autoajustable para la sujeción entre el tubo y la boquilla, con esto se evita la exigencia de que el tubo sea completamente liso.
- Con el fin de extender la vida útil de la máquina se recomienda realizar una verificación del estado de sus sistemas por lo menos cada tres meses según lo estipula el manual de operación y mantenimiento expuesto en el capítulo 4, párrafo 4.8.
- Es importante respetar el área señalizada de precaución dispuesta alrededor de la máquina, ya que el producto terminado puede sobrepasar el radio de trabajo y aquello podría provocar algún tipo de incidente.
- Capacitar al personal en cuanto al manejo correcto de la máquina curvadora de tubo RACBVQ HR02 e incentivar ciertos parámetros de seguridad que involucra el proceso de elaboración de perfiles de asientos.
- Se debe analizar más adelante la posibilidad de adquirir un sensor de movimiento más exacto, debido a que la máquina trabaja bajo condiciones externas como el polvo producido durante el macillado en las carrocerías.
- La ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA debería promocionar la ejecución de proyectos de automatización, para ello se recomienda mejorar e incrementar los convenios con las diferentes empresas del medio.

## **BIBLIOGRAFIA**

- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS - Robert L. Mott, Cuarta Edición, Pearson Education.
- DISPOSITIVOS NEUMÁTICOS - Introducción y Fundamentos - W. Depperty K. Stoll, Marcombo bolxaren editores Barcelona-Mexico.
- NEUMÁTICA E HIDRÁULICA - Creus Antonio – Primera edición.
- AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA - Salvador Millan, Editorial Alfaomega.
- DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA - Joshep Shigley y Charles Mischke.
- RODAMIENTOS FAG, Pdf, pág 17.
- [http://www.sapiensman.com/simbolos\\_neumaticos.mht](http://www.sapiensman.com/simbolos_neumaticos.mht).
- <http://www.unicrom.com/tutorial.asp>.
- <http://www.unicrom.com/tutorial.asp>.
- [http://www.transmision.com/Manufacturer\\_sprocketschain.com](http://www.transmision.com/Manufacturer_sprocketschain.com).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Actuador/Sensor>.
- Guía práctica para usos y selección de electrodos – AGA, pág. 24.

# **ANEXOS**

# ANEXO A

## SISTEMAS NEUMÁTICOS

- Flujo de las señales. De abajo hacia arriba.
- Cadena de mando. Principio SPA: sensor, procesador, actuador.
- Principio EVA: entrada, procesamiento, salida.
- Alimentación de energía: Por tubo flexible o tubería.

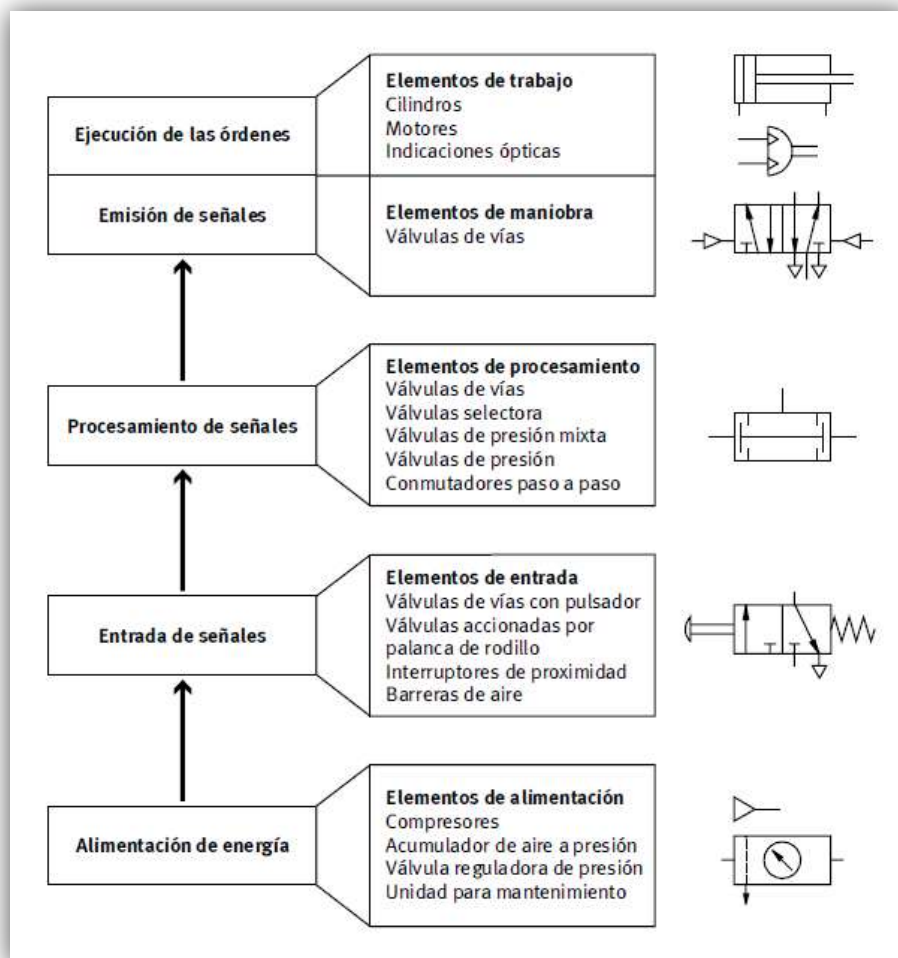


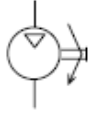



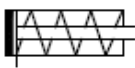
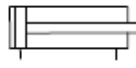
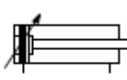

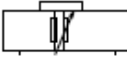








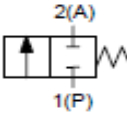
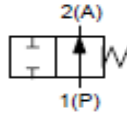
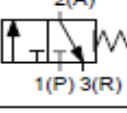
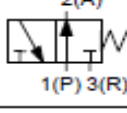
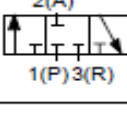
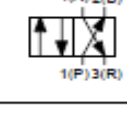
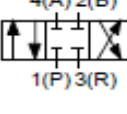
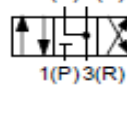
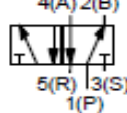
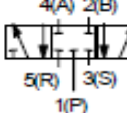

Figura A 1.1 Estructura de los sistemas neumáticos.

Símbolos estándar, según las normativas ISO/DIN y Cetop.

Conversión de energía			
Compresor		Bomba de vacío	
Motor neumático unidireccional de caudal constante		Motor neumático bidireccional de caudal constante	
Actuador de giro		Cilindro neumático de simple efecto con retroceso por fuerza exterior	
Cilindro neumático de simple efecto con retroceso por muelle		Cilindro de doble efecto	
Cilindro de doble efecto con amortiguación regulable en ambos sentidos		Cilindro de doble efecto con doble vástago	
Unidad lineal neumática sin vástago		Cilindro hidrotelescópico	

Elementos de medición			
Manómetro		Caudalímetro	
Termómetro		Caudalímetro contador	
Presostato			










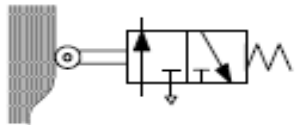
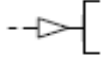
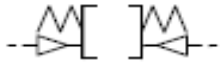



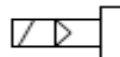

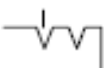
Transmisión de energía			
Conducto		Conducto flexible	
Fuente de presión neumática		Fuente de presión hidráulica	
Unión de conductos		Cruce de conductos	
Conexión cerrada de escape de aire		Silenciador	
Acoplamiento rápido		Acoplamiento rápido conectado con mecanismo de cierre de apertura mecánica	
Acoplamiento rápido desconectado, con conducto abierto		Acoplamiento rápido desconectado, con conducto cerrado	
Salida de aire sin posibilidad de conexión		Salida de aire con posibilidad de conexión	
Conexión de presión cerrada		Válvula de cierre	
Filtro		Filtro con purga manual de condensados	
Filtro con purga automática de condensados		Lubricador	
Refrigerador sin conductos para el sentido de flujo del medio refrigerante		Refrigerador con conductos para el medio refrigerante	
Secador		Unidad de mantenimiento	
Acumulador de aire a presión			

Válvulas de vías			
Válvula 2/2 normalmente cerrada (NC)		Válvula 2/2 normalmente abierta (NA)	
Válvula 3/2 normalmente cerrada (NC)		Válvula 3/2 normalmente abierta (NA)	
Válvula 3/3 con centro cerrado		Válvula 4/2	
Válvula 4/3 con centro cerrado		Válvula 4/3 con centro a escape en las vías de trabajo	
Válvula 5/2		Válvula 5/3 con centro cerrado	
Válvula distribuidora proporcional con posiciones intermedias y 2 posiciones finales.			

Denominación de las conexiones

ISO/DIS 11727	Para válvulas 2/2 y 3/2	Para válvulas 4/2 y 4/3	Para válvulas 5/2 y 5/3
1	P	P	P
2	A	B	B
3	R	R	S
4	-	A	A
5	-	-	R
10	Z	-	-
12	Z	Y	Y
14	-	Z	Z



Accionamientos				
Manual				
				
General	Pulsador	Pulsador a tracción	Palanca	Pedal
Mecánico				
				
Leva	Rodillo	Rodillo escamoteable	muelle	
			Válvula accionada en posición inicial	
Accionamiento por presión				
				
Pilotaje neumático	Centrado por muelle		Por aplicación de presión diferencial	
Accionamiento eléctrico				
				
Electroimán con un devanado			Electroimán con dos devanados	
				
Electroimán y servopilotaje			Electroimán, servopilotaje y accionamiento manual auxiliar	
				
Enclavamiento				

Válvulas de caudal				
Válvula reguladora de caudal con estrangulación constante		Válvula reguladora de caudal con estrangulación variable		
Regulador de caudal unidireccional		Divisor de caudal		
Válvulas de presión				
Válvula reguladora de presión con escape de aire		Válvula regulable, limitadora de presión		
Válvula de secuencia		Válvula de secuencia con pilotaje externo		
Válvulas de cierre				
Válvula antirretorno	Válvula antirretorno precargada	Selector de circuito	Válvula de simultaneidad	Válvula de escape rápido
Componentes para vacío				
Generador de vacío		Ventosa		
Detectores neumáticos				
Detector réflex				
Amplificador de señal de baja presión				

# **ANEXO B**

**PERNOS SEGÚN**

**NORMAS**

Tabla B 1.1 Pernos de acero grado SAE.


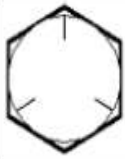
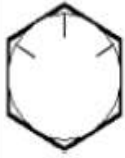

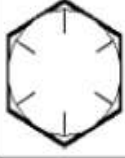







Número de grado SAE	Rango del diámetro [inch]	Carga de prueba [kpsi]	Esfuerzo de ruptura [kpsi]	Material	Marcado de la cabeza
1 2	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5	$\frac{1}{4}$ - 1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	Acero al carbono, Templado y Revenido	
5.2	$\frac{1}{4}$ - 1	85	120	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8.2	$\frac{1}{4}$ - 1	120	150	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	

Tabla B 1.2 Propiedades mecánicas de elementos roscados de clase métrica.







Clase	Rango del diámetro	Carga de prueba [MPa]	Esfuerzo de ruptura [MPa]	Materiales	Marcado de la cabeza
4.6	M5 - M36	225	400	Acero de bajo carbono o acero al carbono	 4.6
4.8	M1.6 - M16	310	420	Acero de bajo carbono o acero al carbono	 4.8
5.8	M5 - M24	380	520	Acero de bajo carbono o acero al carbono	 5.8
8.8	M1.6 - M36	600	830	Acero al carbono, Templado y Revenido	 8.8
9.8	M1.6 - M16	650	900	Acero al carbono, Templado y Revenido	 9.8
10.9	M5 - M36	830	1040	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	 10.9
12.9	M1.6 - M36	970	1220	Acero aleado, Templado y Revenido	 12.9

Tabla B 1.3 Marcas de grados de resistencia pernos de acero.

MARCA A. S. GRADO RESISTENCIA	ESPECIFICACION			ALGUNOS USOS RECOMENDADOS	Resistencia a la tracción mínima [Kg/mm <sup>2</sup> ]	Limite de fluencia mínima [Kg/mm <sup>2</sup> ]	DUREZA
	SAE grado	ISO clase	ASTM				
 AS 34 / 20		3,6		Para requerimientos menores de resistencia, metalmecánica, motores eléctricos, línea blanca electrónica, usos generales.	34	20	53 - 70 Rb
 AS 42 / 23	J429 grado 1 ¼" a 1 ½"	4,6	A307 grado A y B	Para requerimientos de resistencia media, construcción de máquinas livianas, automotriz (piezas no afectas a fuertes tensiones), máquinas agrícolas, estructuras livianas.	42	23	70 - 95 Rb
 AS 80 / 64		8,8	A449	Para requerimientos de alta resistencia a la tracción, ruedas de vehículos, partes de motores de tracción, cajas de cambio, máquinas herramientas, matrices	80	64	22 - 32 Rc
 AS A325 TIPO 1			A325	Para requerimientos de alta resistencia a la tracción y otros, especialmente para juntas estructurales exigidas mecánicamente. Debe trabajar con TU y golilla de la misma calidad	Hasta 1 φ 85 de 1 ½ a 1 ½ φ 74	Hasta 1 φ 65 de 1 ½ a 1 ½ φ 57	Hasta 1 φ 23 - 35 Rc de 1 ½ a 1 ½ φ 19 - 31 Rc
 AS A490			A490	Para requerimientos de alta resistencia a la tracción y alta temperatura. Debe trabajar con TU y golilla de la misma calidad	105	81	32 - 38 Rc
 AS 105/88 GRADO 8	8	10,9		Para requerimientos de alta resistencia a la tracción, flexión, cizalle, etc. Culata de motores, paquete de resortes, pernos para ruedas vehículos pesados, bielas, etc.	105	88	31 - 38 Rc

Fuente: Catálogo de productos American Screw

Tabla B 1.4 Marcas para pernos de acero grado ASTM.

Designación ASTM	Rango del diámetro [inch]	Carga de prueba [kpsi]	Esfuerzo de ruptura [kpsi]	Materiales	Marcado de la cabeza
A307	1/4 a 4			Acero de bajo carbono	
A325 tipo 1	1/4 a 1 1/4 a 1 1/2	85 74	120 105	Acero al carbono, Templado y Revenido	
A325 tipo 2	1/4 a 1 1/4 a 1 1/2	85 74	120 105	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
A325 tipo 3	1/4 a 1 1/4 a 1 1/2	85 74	120 105	Acero recubierto, Templado y Revenido	
A354 grado BC				Acero aleado, Templado y Revenido	
A354 grado BD	1/4 a 4	120	150	Acero aleado, Templado y Revenido	
A449	1/4 a 1 1/4 a 1 1/2 1 3/4 a 3	85 74 55	120 105 90	Acero al carbono, Templado y Revenido	
A490 tipo 1	1/4 a 1 1/2	120	150	Acero aleado, Templado y Revenido	
A490 tipo 3				Acero recubierto, Templado y Revenido	

# **ANEXO C**

**SOLDADURA**



**Códigos de designación por claves.**

El código de designación por claves estará formado por un conjunto de letras y cifras que identifican a los electrodos según su grado, clase y tipo.

La clave de designación estará constituida por una letra mayúscula y cuatro cifras cuyo significado y orden en que se escriben a continuación.

- La letra E que significa electrodo para soldar al arco eléctrico.
- Dos cifras que simbolizan la resistencia mínima a la rotura por tracción del metal de aporte sin eliminación de tensiones.

NOTA: Estas cifras corresponden a la resistencia a la ruptura por tracción expresada en 1 000 lb/pulg<sup>2</sup>.

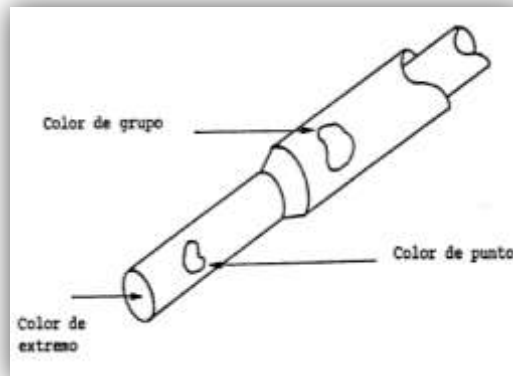
- Una cifra que simboliza la clase, esto es la posición de la unión por soldar, y que tiene el siguiente significado:

**Cifra 1** = para soldar en toda posición, incluso sobre cabeza.

**Cifra 2** = para soldar en posición horizontal y plana.

**Cifra 3** = para soldar en posición plana solamente.

- Una última cifra que simboliza el tipo de electrodo se muestra en tabla A 2.1.



**Figura A 2.1** Designación de colores en un electrodo.

<i>Electrodos convencionales</i>							
<i>Electrodos recubiertos para soldar aceros al Carbono</i>							
ESAB (Clasificación AWS)	USOS Y CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES MECÁNICAS RT.- Resistencia Tensión LT.- Limite elástico E.- Elongación	INTENSIDAD DE CORRIENTE ÓPTIMA (Amperes)				
			3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
<b>6010</b> (E6010) A5.1	Electrodo de revestimiento celulósico para soldar en todas las posiciones, produce depósitos de penetración profunda con calidad radiográfica. Se usa en trabajos estructurales, reparaciones y uniones de tubería.	RT = 71,000 psi. LE = 62,000 psi. E = 24%	60	105	155	190	---
			CD (+)				
<b>6010P</b> (E6010) A5.1	Electrodo de revestimiento celulósico, diseñado para obtener la más alta penetración en soldaduras de tubería y recipientes sometidos a alta presión con calidad radiográfica.	RT = 77,000 psi. LE = 65,000 psi. E = 23%	60	105	155	190	---
			CD (+)				
<b>6011</b> (E6011) A5.1	Electrodo de revestimiento celulósico, arco fuerte y penetración profunda, puede ser utilizado con CA y CD en todas las posiciones. Para soldar trabajos estructurales, tubería, partes de barcos y reparaciones generales.	RT = 73,500 psi. LE = 60,000 psi. E = 24%	75	105	145	175	245
			CA / CD (+) (-)				
<b>SUPER 11</b> (E6011) A5.1	Electrodo de alta penetración para soldar en toda posición. Su arco es muy estable y está diseñado para trabajar con transformadores de bajo voltaje de circuito abierto. Muy baja generación de humos. Punta de grafito para rápido encendido.	RT = 74,500 psi. LE = 65,200 psi. E = 24%	70	95	140	165	---
			CA / CD (+) (-)				
<b>6012</b> (E6012) A5.1	Electrodo que suelda a intensidades de corriente más elevadas que los celulósicos, en todas las posiciones. Muy útil para realizar uniones en juntas de pobre conformación.	RT = 71,500 psi. LE = 61,500 psi. E = 24%	---	125	180	260	350
			CA / CD (-)				
<b>6013 SV</b> (E6013) A5.1	Electrodo de fácil aplicación en toda posición, en especial en vertical descendente. Su arco es muy estable, de bajo salpique y su escoria es de fácil remoción. Recomendado para soldar carrocerías, tanques, perfiles, herrería y toda clase de materiales de lámina delgada.	RT = 74,000 psi. LE = 63,500 psi. E = 22%	80	110	160	200	---
			CA / CD (+) (-)				
<b>6013 BA</b> (E6013) A5.1	Electrodo de fácil aplicación y alto rendimiento, excelente remoción de escoria, suelda maquinaria agrícola, muebles metálicos, carrocerías y reparaciones generales.	RT = 74,000 psi. LE = 63,500 psi. E = 22%	80	110	160	200	---
			CA / CD (+) (-)				
<b>SUPER 13</b> (E6013) A5.1	Electrodo para soldar en toda posición sin ninguna restricción. Su arco es muy estable y tiene muy baja generación de humos. Está diseñado para trabajar aún con transformadores pequeños de bajo voltaje de circuito abierto. Es una excelente opción para soldar aceros al Carbono de calibre delgado y aplicaciones en carrocerías, tanques, chasis de vehículos, herrería, etc. Tiene punta de grafito para rápido encendido.	RT = 74,400 psi. LE = 65,300 psi. E = 22%	70	100	150	190	---
			CA / CD (+) (-)				
<b>7024</b> (E7024) A5.1	Electrodo de alta tasa de depósito, con alto contenido de polvo de hierro en su revestimiento, diseñado para producir depósitos de excelente apariencia y alto rendimiento en las posiciones plana y horizontal.	RT = 80,000 psi. LE = 72,000 psi. E = 24%	---	160	200	270	375
			CA / CD (+)				

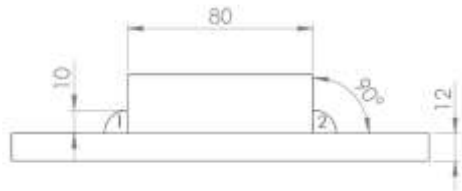
## *Electrodos de bajo hidrógeno*

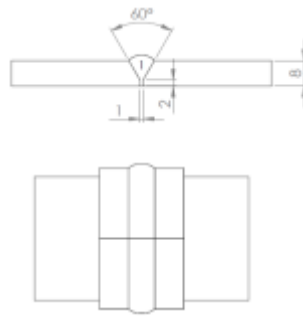
*Electrodos recubiertos para soldar aceros de baja aleación y alta resistencia*

<b>Intensidad de corriente óptima</b> (Amperes)				
3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
<i>Todas las posiciones</i>			<i>Plana y horizontal</i>	
95	140	170	250	350

ESAB (Clasificación AWS)	USOS Y CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES MECÁNICAS RT - Resistencia Tensión LT - Límite elástico E - Elongación	COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA					
			C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo
7018 (E7018) A5.1	Electrodo de bajo hidrógeno con alto contenido de polvo de hierro para soldar en todas las posiciones. Sueña aceros al Carbono difíciles, aceros "cold rolled", partes de maquinaria pesada, estructura en general, aditamentos para calderas.	RT = 78,000 psi. LE = 68,000 psi E = 30%	0.06	1.10	0.40	---	---	---
ATOM ARC 7018 (E7018) A5.1	Electrodo de bajo hidrógeno con alto contenido de polvo de hierro y especial resistencia a la absorción de humedad. Muy recomendable donde las condiciones ambientales son extremas.	RT = 78,000 psi. LE = 68,000 psi. E = 30%	0.045	1.10	0.40	---	---	---
7018-1 (E7018-1) A5.1	Electrodo que reúne todas las características de un electrodo 7018 tradicional, pero que ha sido modificado en su composición química para producir depósitos que exceden los límites de impacto de AWS, hasta 27 J @ -46°C	RT = 80,000 psi. LE = 69,000 psi. E = 30%	0.07	1.40	0.40	---	---	---
7018-A1 (E7018-A1) A5.5	Electrodo que deposita 0.5% de Molibdeno, es aplicado en aceros al Carbono - Molibdeno, calderas, recipientes y tuberías sometidas a presión.	RT = 87,000 psi. LE = 75,000 psi. E = 31%	0.05	0.75	0.56	---	---	0.53
8018-B2 (E8018-B2) A5.5	Electrodo utilizado en aplicaciones a altas temperaturas, para la soldadura de aceros al Cromo-Molibdeno, calderas y tubería en plantas de generación de energía eléctrica.	RT = 94,000 psi. LE = 81,000 psi. E = 25%	0.05	0.80	0.60	1.24	---	0.49
8018-C1 (E8018-C1) A5.5	Depósitos con 2.5 % de Níquel, resistentes a bajas temperaturas, proporciona excelentes valores de impacto hasta -60°C (27 J)	RT = 88,000 psi. LE = 77,000 psi. E = 30%	0.04	1.10	0.35	---	2.30	---
8018-C2 (E8018-C2) A5.5	Depósitos con 3.5 % de Níquel, resistentes a bajas temperaturas, proporciona excelentes valores de impacto hasta -73°C (27 J)	RT = 94,000 psi. LE = 83,000 psi. E = 25%	0.05	1.10	0.40	0.37	3.30	---
8018-C3 (E8018-C3) A5.5	Depósitos con 1 % de Níquel, resistentes a bajas temperaturas, proporciona excelentes valores de impacto hasta -40°C (27 J)	RT = 84,000 psi. LE = 73,500 psi. E = 30%	0.05	1.06	0.40	---	1.04	---
8018-W (E8018-W2) A5.5	Electrodo diseñado específicamente para soldar aceros de baja aleación y alta resistencia al medio ambiente ("weathering steels"), como los tipos ASTM A588, A242, Cor-Ten y Mayan R. Excelente elección cuando la apariencia arquitectónica es importante.	RT = 92,900 psi. LE = 83,400 psi. E = 27%	0.04	1.00	0.43	0.50	0.60	Cu 0.55
9018-B3 (E9018-B3) A5.5	Electrodo para soldar aceros 2.5% Cr y 1% Mo, para servicios a altas temperaturas en tuberías, plantas de generación de energía eléctrica, calentadores y recipientes a presión.	RT = 102,000 psi. LE = 88,000 psi. E = 25%	0.07	0.75	0.60	2.20	---	1.05
9018-M (E9018-M) A5.5	Electrodo de clasificación militar, para soldar aceros de alta resistencia al Manganeso - Molibdeno, aún en estado de tratamiento térmico.	RT = 97,000 psi. LE = 85,000 psi. E = 28%	0.05	1.11	0.32	---	1.72	0.28
9018-B9 (9018-B9)	NO HAY DATOS	NO HAY DATOS						
10018-D2 (E10018-D2) A5.5	Electrodo utilizado principalmente en la fabricación de piezas fundidas y planchas blindadas, suelta aceros al Manganeso-Molibdeno donde es necesaria alta resistencia mecánica.	RT = 102,000 psi. LE = 89,000 psi. E = 25%	0.09	1.85	0.50	---	---	0.35
10018-M (E10018-M) A5.5	Electrodo utilizado principalmente para aplicaciones militares, logra depósitos con excelente resistencia al impacto y a la formación de fisuras.	RT = 103,000 psi. LE = 96,000 psi. E = 24%	0.05	1.50	0.40	---	1.70	---
11018-M (E11018-M) A5.5	Electrodo utilizado para soldar aceros T-1. En todas las aplicaciones se obtienen excelentes propiedades como queda la soldadura y con relieve de refuerzos.	RT = 115,000 psi. LE = 103,000 psi. E = 26%	0.05	1.50	0.40	0.30	1.75	0.30
12018-M (E12018-M) A5.5	Electrodo recomendado para soldar aceros de baja aleación y alta resistencia, donde sea requerido un esfuerzo mínimo a la tensión de 120 Ksi.	RT = 136,000 psi. LE = 114,000 psi. E = 22%	0.06	1.65	0.40	0.85	2.00	0.45

Anexo C - 3		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)				Pág. 1 de 2	
				Diseño de la junta			
Nombre de la compañía				TESIS			
WPS N°				MBA 003			
Proceso de soldadura				SMAW-MANUAL			
Según norma				AWS D1.1			
Junta Utilizada	Tipo de junta		"T" DE ÁNGULO INTERIOR		Posición	Tope 2F	
	Tipo de soldadura		DE DOBLE FILETE			Califica plana.	
	Cordón de respaldo		si <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/>				
	Preparar junta		si <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/>				
	Método		Ninguno		Característica eléctrica	Corriente:	
	Angulo de ranura		0°			CA <input checked="" type="checkbox"/> DC <sup>+</sup> <input type="checkbox"/>	
	Cara de la raíz		0 mm			DC <sup>-</sup> <input type="checkbox"/>	
	Abertura de la raíz		0 mm				
Metal Base	Limpieza		Limpiar las superficies antes de soldar		Técnica de soldadura	Técnica un pase <input checked="" type="checkbox"/>	
	Especificación		ASTM A36			varios pases <input type="checkbox"/>	
	Califica		Acero			Oscilación si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
	Espesor		12 mm			Limpieza entre pases No	
Electrodo	Califica		Desde 3,2 a 12 mm		Otros pases: No		
	Diámetro		1/8 in		Soldadura Un lado <input checked="" type="checkbox"/>		
	Clasificación AWS		E7018		Dos lados <input type="checkbox"/>		
	Especificación		AWS A5.1		Temperatura N/A		
Aplicación de Soldadura de Estructuras.				Precalent.	Temperatura entre pases N/A		
N° de pase	Metal de aporte			Tensión de trabajo			(Velocidad de avance m/min)
	Denominación AWS	Denominación Comercial	Diámetro (in)	Pol	Voltaje (v)	Amperaje (A)	
1	E 7018	INFRA 18	1/8 in	AC	19-21	120-140	0,05 – 0,1
<b>NOTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alineación de la junta.</li> <li>• Asegurar la limpieza de las partes.</li> </ul>							
<b>REALIZADO POR:</b> Cristian Bustillos Vladimir Quillupangui <b>FECHA:</b> 30/11/2011				<b>APROBADO POR:</b> Ing. Oscar Arteaga CODIRECTOR DE TESIS <b>FECHA:</b> 30/11/2011			



Anexo C - 3		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)			Pág. 2 de 2		
				<b>Diseño de la junta</b> 			
<b>Nombre de la compañía</b>		TESIS					
<b>WPS N°</b>		MBA 004					
<b>Proceso de soldadura</b>		SMAW-MANUAL					
<b>Según norma</b>		AWS D1.1					
<b>Junta Utilizada</b>	<b>Tipo de junta</b>	A TOPE		<b>Posición</b>	Tope 5G		
	<b>Tipo de soldadura</b>	DE RANURA			Califica vertical.		
	<b>Cordón de respaldo</b>	si <input type="checkbox"/>	no <input checked="" type="checkbox"/>				
	<b>Preparar junta</b>	si <input checked="" type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>				
	<b>Método</b>	Esmeril					
	<b>Angulo de ranura</b>	60°		<b>Característica eléctrica</b>	<b>Corriente:</b>		
	<b>Cara de la raíz</b>	3 mm			CA <input checked="" type="checkbox"/>	DC <sup>+</sup> <input type="checkbox"/>	
	<b>Abertura de la raíz</b>	1 mm			DC <sup>-</sup> <input type="checkbox"/>		
	<b>Limpieza</b>	Limpiar las superficies antes de soldar					
	<b>Metal Base</b>	<b>Especificación</b>	Acero		<b>Técnica de soldadura</b>	<b>Técnica</b>	un pase <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Califica</b>		Acero		varios pases <input type="checkbox"/>			
<b>Espesor</b>		8 mm		<b>Oscilación</b>		si <input checked="" type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
<b>Califica</b>		Desde 3,2 a 12 mm		<b>Limpieza entre pases</b>		No	
<b>Diámetro</b>	1/8 in		<b>Soldadura</b>	Un lado <input checked="" type="checkbox"/>		Dos lados <input type="checkbox"/>	
<b>Clasificación AWS</b>	E7018		<b>Temperatura</b>	N/A			
<b>Electrodo</b>	<b>Especificación</b>	AWS A5.1		<b>Precale nt.</b>	<b>Temperatura entre pases</b>	N/A	
	<b>Casa Comercial</b>	AGA					
	<b>Aplicación de Soldadura de Estructuras.</b>						
	<b>N° de pase</b>	<b>Metal de aporte</b>			<b>Tensión de trabajo</b>		
<b>Denominación AWS</b>		<b>Denominación Comercial</b>	<b>Diámetro (in)</b>	<b>Pol</b>	<b>Voltaje (v)</b>	<b>Amperaje (A)</b>	
1	E 7018	INFRA 18	1/8 in	AC	19-21	120-140	0,05 – 0,1
<b>NOTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alineación de la junta.</li> <li>• Asegurar la limpieza de las partes.</li> </ul>							
<b>REALIZADO POR:</b> Cristian Bustillos Vladimir Quillupangui <b>FECHA:</b> 30/11/2011				<b>APROBADO POR:</b> Ing. Oscar Arteaga CODIRECTOR DE TESIS <b>FECHA:</b> 30/11/2011			

# **ANEXO D**

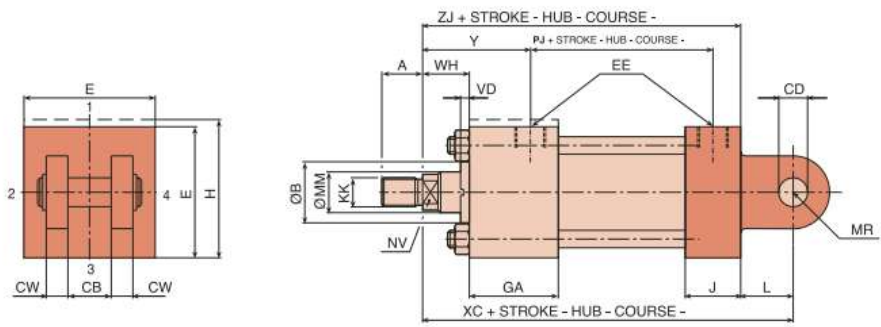
**SELECCIÓN DE  
ELEMENTOS Y/O  
DISPOSITIVOS**





**C** Clevis mounting  
 Gabel am Zylinderboden  
 Chape sur le fond  
 ISO MP 1 CHARNELA HEMBRA

Nominal pressure  
 Nenndruck  
 Pression nominale  
**160 bar**



SECCIÓN, FUERZA, CAUDAL

Bore	Rod	Area ratio	Bore	Areas	Annulus	Force at 160 bar <sup>†</sup>			Flow at 0,1 m/s <sup>†</sup>		
Kolben	Kolbenstange	Flächenverhältnis	Kolben	Flächenstange	Ring.	Push	Regen.	Pull	Out	Regen.	In
Alesage	Tige	Rapport de section	Alesage	Sections Tige	Annulaire	Druck	Diff.	Zug	Aus	Diff.	Ein
Pistón	Vástago	Relación secciones	Pistón	Sección Vástago	Anular	Fuerza a 160 bar <sup>†</sup>			Caudal a 0,1 m/s <sup>†</sup>		
AL	MM	Ø	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Empuje	Diferencial	Tracción	Salida	Diferencial	Entrada
Ø mm	Ø mm	A1/A3	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	q <sub>V1</sub>	q <sub>V2</sub>	q <sub>V3</sub>
						kN	kN	kN	l/min	l/min	l/min
25	12 18	1,29 2,08	4,91	1,13 2,54	3,78 2,36	7,85	1,81 4,07	6,05 3,76	2,9	0,7 1,5	2,2 1,4
32	14 22	1,24 1,90	8,04	1,53 3,80	6,50 4,24	12,80	2,46 6,08	10,40 6,76	4,8	0,9 2,3	3,9 2,5
40	18 28	1,25 1,96	12,56	2,54 6,16	10,01 6,41	20,00	4,07 9,82	16,01 10,24	7,5	1,5 3,7	6,0 3,8
50	22 36	1,24 2,08	19,63	3,80 10,18	15,83 9,46	31,30	6,08 16,29	25,33 15,10	11,7	2,3 6,1	9,4 5,6
63	28 45	1,25 2,04	31,17	6,16 15,90	25,01 15,27	49,80	9,82 25,40	40,01 24,41	18,7	3,7 9,5	15 9,2
80	36 56	1,25 1,96	50,26	10,18 24,63	40,08 25,63	80,30	16,29 39,30	64,12 40,99	30,2	6,1 14,8	24,1 15,4
100	45 70	1,25 1,96	78,54	15,90 38,48	62,63 40,06	125,00	25,40 61,50	100,20 64,04	47,1	9,5 23,1	37,6 24,0
125	56 90	1,25 2,08	122,72	24,63 63,62	98,09 59,10	196,00	39,30 101,00	156,94 94,49	73,6	14,8 38,2	58,8 35,4

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Tolerancias, ver también el nivel  
 Juego axial externo, ver también el nivel  
 Ajustes recomendados  
 Tolerancias del eje y del alojamiento

Dimensiones principales		Capacidades de carga dinámica		Capacidades de carga estática		Carga límite de fatiga P <sub>0</sub>	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C <sub>10</sub>	C <sub>0</sub>		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm	mm	mm	mm	kN	kN	kN	rpm	mm/s	kg	
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	30000	24000	0,069	6004 *
20	42	14	9,95	5	0,212	0,212	30000	19000	0,069	6004-2R1L *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	30000	19000	0,069	6004-2Z *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	30000	11000	0,069	6004-83H *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	30000	24000	0,069	6004-83L *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	30000	24000	0,069	6004-Z *
20	42	16	9,36	5	0,212	0,212	30000	11000	0,090	62004-2R15H
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	30000	20000	0,11	6204 *
20	47	14	13,5	7,65	0,325	0,325	30000	20000	0,096	6204 ET10
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	30000	15000	0,11	6204-2R15H *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	30000	17000	0,11	6204-2R15L *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	30000	17000	0,11	6204-2Z *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	30000	10000	0,11	6204-83H *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	30000	20000	0,11	6204-83L *
20	47	18	12,7	6,55	0,28	0,28	30000	20000	0,13	6204-Z *
20	52	15	16,8	7,8	0,325	0,325	30000	16000	0,14	6204-2R15H
20	52	15	16,8	9	0,38	0,38	30000	18000	0,14	6204 ET10
20	52	15	16,8	7,8	0,325	0,325	30000	9500	0,14	6204-2R15H *
20	52	15	16,8	7,8	0,325	0,325	30000	15000	0,14	6204-2R15L *
20	52	15	16,8	7,8	0,325	0,325	30000	15000	0,14	6204-2Z *
20	52	15	16,8	7,8	0,325	0,325	30000	6500	0,14	6204-83H *
20	52	15	16,8	7,8	0,325	0,325	30000	19000	0,14	6204-83L *
20	52	15	16,8	7,8	0,325	0,325	30000	19000	0,14	6204-Z *

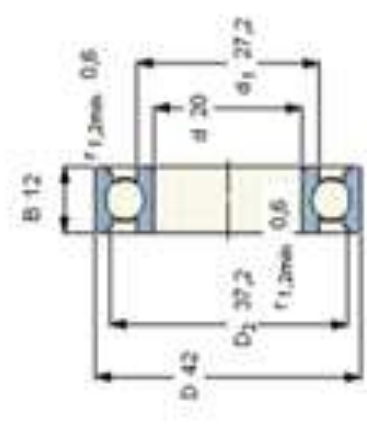
\* - Rodamiento SKF Explorer



Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, no están obturados

Tolerancias  
Juego radial  
Ajuste no  
Tolerancias

Dimensiones principales		Capacidades de carga		Carga límite de fatiga		Velocidades		Massa
d	D	B	C	C <sub>0</sub>	P <sub>e</sub>	Velocidad de referencialímite	Velocidad de referencialímite	
mm			kN	kN	kN	rpm	rpm	kg
20	42	12	9,95	5	0,212	30000	24000	0,009

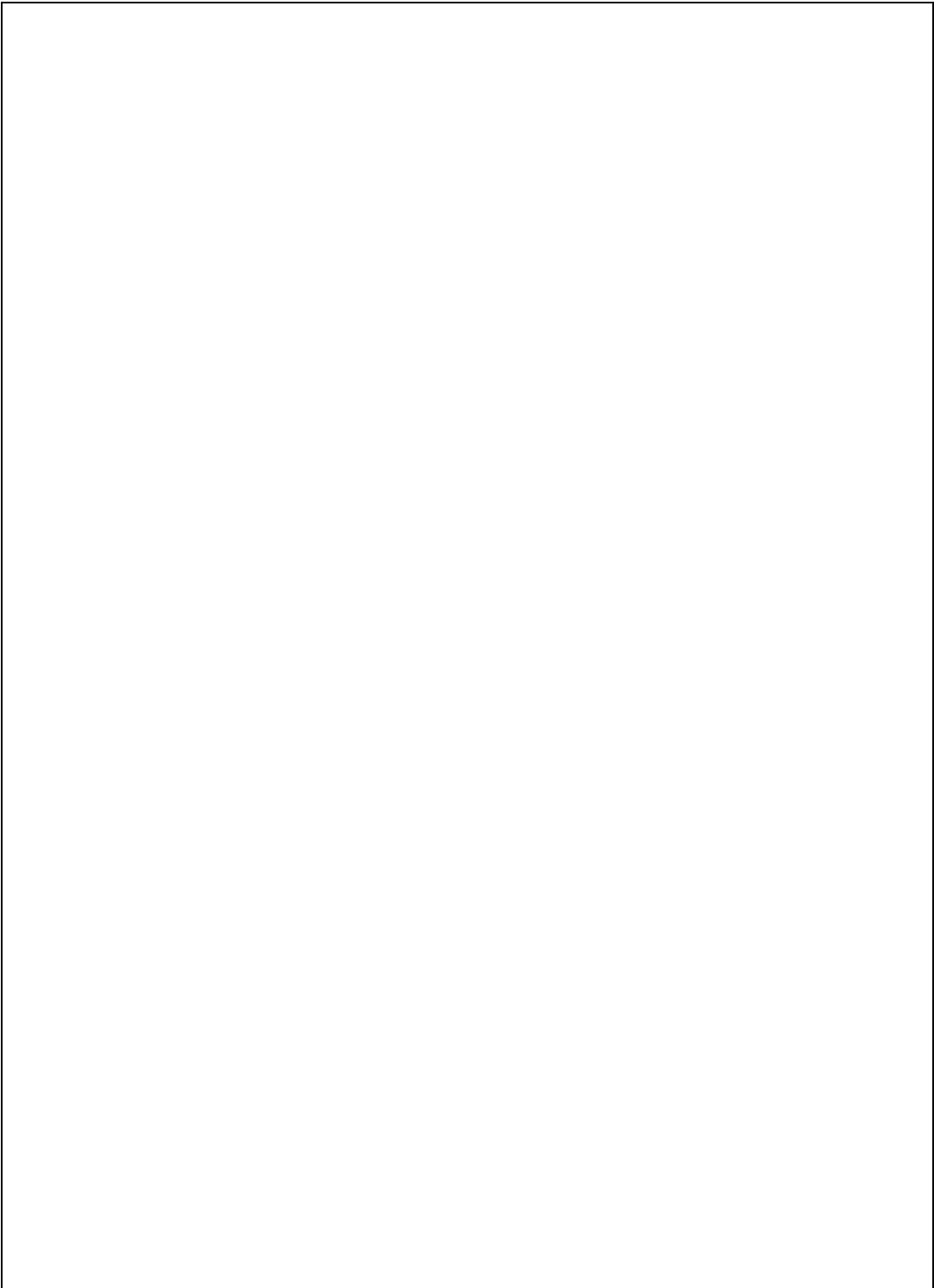


Factores de cálculo  
k<sub>r</sub> 0,025  
f<sub>p</sub> 1,4

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Teóricas, ver también el texto  
 Juego radial mínimo, ver también el texto  
 Ajustes recomendados  
 Tolerancias del eje y del alojamiento

Dimensiones principales		Capacidades de carga dinámica		Capacidades de carga estática		Carga límite de fatiga de roscas		Velocidades		Masa		Designación	
d	D	B	C	C <sub>10</sub>	C <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	P <sub>0</sub>	Velocidad de referencia	Velocidad límite	kg			
mm		mm	kN	kN	kN	kN	kN	rpm	rpm	kg			
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	0,212	30000	24000	0,069	6004 *	6004 *	6004 *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	0,212	30000	19000	0,069	6004-2RS1L *	6004-2RS1L *	6004-2RS1L *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	0,212	30000	19000	0,069	6004-2Z *	6004-2Z *	6004-2Z *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	0,212	30000	11000	0,069	6004-RSH *	6004-RSH *	6004-RSH *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	0,212	30000	24000	0,069	6004-RSL *	6004-RSL *	6004-RSL *
20	42	12	9,95	5	0,212	0,212	0,212	30000	24000	0,069	6004-Z *	6004-Z *	6004-Z *
20	42	16	9,38	5	0,212	0,212	0,212	30000	11000	0,086	62064-2RS1	62064-2RS1	62064-2RS1
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	0,28	32000	20000	0,11	6204 *	6204 *	6204 *
20	47	14	15,6	7,95	0,325	0,325	0,325	32000	20000	0,096	6204 ETN9	6204 ETN9	6204 ETN9
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	0,28	32000	15000	0,11	6204-2RS1H *	6204-2RS1H *	6204-2RS1H *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	0,28	32000	17000	0,11	6204-2RS1L *	6204-2RS1L *	6204-2RS1L *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	0,28	32000	17000	0,11	6204-2Z *	6204-2Z *	6204-2Z *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	0,28	32000	15000	0,11	6204-RSH *	6204-RSH *	6204-RSH *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	0,28	32000	20000	0,11	6204-RSL *	6204-RSL *	6204-RSL *
20	47	14	13,5	6,55	0,28	0,28	0,28	32000	20000	0,11	6204-Z *	6204-Z *	6204-Z *
20	47	18	12,7	6,55	0,28	0,28	0,28	30000	10000	0,13	62264-2RS1	62264-2RS1	62264-2RS1
20	52	15	16,8	7,8	0,335	0,335	0,335	30000	19000	0,14	6204 *	6204 *	6204 *
20	52	15	18,2	9	0,38	0,38	0,38	30000	19000	0,14	6204 ETN9	6204 ETN9	6204 ETN9
20	52	15	16,8	7,8	0,335	0,335	0,335	30000	9500	0,14	6204-2RS1H *	6204-2RS1H *	6204-2RS1H *
20	52	15	16,8	7,8	0,335	0,335	0,335	30000	15000	0,14	6204-2RS1L *	6204-2RS1L *	6204-2RS1L *
20	52	15	16,8	7,8	0,335	0,335	0,335	30000	15000	0,14	6204-2Z *	6204-2Z *	6204-2Z *
20	52	15	16,8	7,8	0,335	0,335	0,335	30000	9500	0,14	6204-RSH *	6204-RSH *	6204-RSH *
20	52	15	16,8	7,8	0,335	0,335	0,335	30000	19000	0,14	6204-RSL *	6204-RSL *	6204-RSL *
20	52	15	16,8	7,8	0,335	0,335	0,335	30000	19000	0,14	6204-Z *	6204-Z *	6204-Z *



**Soportes de brida con rodamientos Y, soporte de fundición cuadrado, prisionero, rodamientos métricos**

Dimensiones		Capacidades de carga	Velocidad límite	Masa	Designaciones	Soporte	Rodamiento			
d	A <sub>1</sub>	J	L	T	C	C <sub>0</sub>	Unidad de rodamiento			
mm	mm	mm	mm	mm	kN	rpm	kg			
15	26	54	76	32,9	9,56	4,75	0,45	FY 15 TF	FY 503 M	YAR 203H15-2F

**Prisionero**  
Par de apriete recomendado [Nm]  
Tamaño de la llave hexagonal [mm]

**Tapa**

## Unidades completas: pulsadores y luces indicadoras



Pulsadores		Pulsadores iluminados	
con botón plano, equipado con:	equipado con:	con botón plano, equipado con:	equipado con:
● 1NC 3SB3 03-0AA11	● 1NA + 1NC 3SB3 01-0AA11	● 1NC + BA 9s 3SB3 07-0AA21	● 1NA + 1NC + BA 9s 3SB3 05-0AA21
● 1NA 3SB3 02-0AA11	● 1NA + 1NC 3SB3 01-0AA21	● 1NA + BA 9s 3SB3 06-0AA31	● 1NA + 1NC + BA 9s 3SB3 05-0AA31
● 1NC 3SB3 03-0AA21	● 1NA + 1NC 3SB3 01-0AA31	● 1NA + BA 9s 3SB3 06-0AA41	● 1NA + 1NC + BA 9s 3SB3 05-0AA41
● 1NA 3SB3 02-0AA31	● 1NA + 1NC 3SB3 01-0AA41	● 1NA + BA 9s 3SB3 06-0AA51	● 1NA + 1NC + BA 9s 3SB3 05-0AA51
● 1NA 3SB3 02-0AA41	● 1NA + 1NC 3SB3 01-0AA51	○ 1NA + BA 9s 3SB3 06-0AA61	○ 1NA + 1NC + BA 9s 3SB3 05-0AA61
● 1NA 3SB3 02-0AA51	○ 1NA + 1NC 3SB3 01-0AA61	⊖ 1NA + BA 9s 3SB3 06-0AA71	⊖ 1NA + 1NC + BA 9s 3SB3 05-0AA71
○ 1NA 3SB3 02-0AA61			



Pulsadores hongo de DESCONEXIÓN DE EMERGENCIA/PARADA DE EMERGENCIA	Pulsadores hongo con interruptor pulsar-tirar	Perillas	
Con función de encendido positivo según EN 418 (ISO 1385Q), 40mm de diámetro, contacto con retención, para DESCONEXIÓN DE EMERGENCIA/PARADA DE EMERGENCIA, rótulo de fondo amarillo, 80 mm de diámetro, desdoblamiento por giro	40mm de diámetro, contacto con retención, equipado con:	Interruptor de dos posiciones, contacto con retención, equipado con:	Interruptor de tres posiciones, contacto con retención, equipado con:
● 1NC 3SB3 03-1HR20	● 1NC 3SB3 03-1CA21 <sup>1)</sup>	● 1NA 3SB3 02-2KA11 <sup>1)</sup>	● 1NA, 1NA 3SB3 10-2DA11 <sup>1)</sup>
● 1NA + 1NC 3SB3 01-1HR20	● 1NA + 1NC 3SB3 01-1CA21 <sup>1)</sup>	● 1NA + 1NC 3SB3 01-2KA11 <sup>1)</sup>	● 1NA + 1NC, 1NA + 1NC 3SB3 08-2DA11 <sup>1)</sup>
Desdoblamiento por tirón		Perilla para trabajos pesados	Perilla para trabajos pesados
● 1NC 3SB3 03-1TR20		● 1NA 3SB3 02-2PA11	● 1NA, 1NA 3SB3 10-2SA11
● 1NA + 1NC 3SB3 01-1TR20		● 1NA + 1NC 3SB3 01-2PA11	● 1NA + 1NC, 1NA + 1NC 3SB3 08-2SA11
			Contacto con retorno
			● 1NA, 1NA 3SB3 10-2EA11 <sup>1)</sup>
			● 1NA + 1NC, 1NA + 1NC 3SB3 08-2EA11 <sup>1)</sup>
			Perilla para trabajos pesados
			● 1NA, 1NA 3SB3 10-2TA11
			● 1NA + 1NC, 1NA + 1NC 3SB3 08-2TA11

## Elementos actuadores con soporte



Pulsador	Pulsador	Pulsador	Pulsador	Pulsador
Con botón plano	Con botón en relieve	Con botón en relieve, contacto con retención	Con anillo frontal en relieve	Con anillo frontal en relieve acanalado
● 3SB3 0-0AA11 ● 3SB3 0-0AA21 ● 3SB3 0-0AA31 ● 3SB3 0-0AA41 ● 3SB3 0-0AA51 ● 3SB3 0-0AA61 ○ 3SB3 0-0AB51 <sup>1)</sup> ⊕ 3SB3 0-0AA71 ⊖ 3SB3 0-0AA81 <sup>1)</sup> ⊕ 3SB3 0-0AB01 <sup>1)</sup> ⊖ 3SB3 0-0AB11 <sup>1)</sup> ● 3SB3 0-0AB21 <sup>1)</sup>	● 3SB3 0-0BA11 <sup>1)</sup> ● 3SB3 0-0BA21 <sup>1)</sup> ● 3SB3 0-0BA31 <sup>1)</sup> ● 3SB3 0-0BA51 <sup>1)</sup> ○ 3SB3 0-0BA61 <sup>1)</sup>	● 3SB3000-0CA11 ● 3SB3000-0CA21	● 3SB3 0-0AA12 ● 3SB3 0-0AA22 ● 3SB3 0-0AA32 <sup>1)</sup> ● 3SB3 0-0AA42 ● 3SB3 0-0AA52 <sup>1)</sup> ○ 3SB3 0-0AA62	● 3SB3 0-0AA13 <sup>2)</sup> ● 3SB3 0-0AA23 ● 3SB3 0-0AA33 <sup>2)</sup> ● 3SB3 0-0AA43 <sup>2)</sup>



Pulsador hongo iluminado	Interruptor pulsar-tirar	Interruptor pulsar-tirar	Pulsador Hong o para desconexión de emergencia/parada de emergencia	Pulsador Hong o para desconexión de emergencia/parada de emergencia
(incluye soporte para elementos de encastre)	Contacto con retención	(incluye soporte para elementos de encastre)	Con función de enclavamiento positivo según EN 418 (ISO 13850), contacto con retención, desenclavamiento por giro	Con función de enclavamiento positivo según EN 418 (ISO 13850), contacto con retención, desenclavamiento por tirón
diámetro 30 mm ● 3SB3 1-1DA31 <sup>1)</sup> ● 3SB3 1-1DA41 <sup>1)</sup> ○ 3SB3 1-1DA61 <sup>1)</sup>	diámetro 30 mm ● 3SB3 0-1EA11 <sup>1)</sup> ● 3SB3 0-1EA21 <sup>1)</sup>	diámetro 30 mm ● 3SB3 1-1EA21 <sup>1)</sup> ● 3SB3 1-1EA31 <sup>1)</sup> ● 3SB3 1-1EA41 <sup>1)</sup> ● 3SB3 1-1EA51 <sup>1)</sup> ⊕ 3SB3 1-1EA71 <sup>1)</sup>	diámetro 32 mm ● 3SB3 0-1FA20 <sup>1)</sup>	diámetro 40 mm ● 3SB3 0-1TA20 <sup>1)</sup>
diámetro 40 mm ● 3SB3 1-1GA31 <sup>1)</sup> ● 3SB3 1-1GA41 <sup>1)</sup> ○ 3SB3 1-1GA61 <sup>1)</sup>	diámetro 40 mm ● 3SB3 0-1CA11 <sup>1)</sup> diámetro 60 mm ● 3SB35 00-1RA11 ● 3SB35 00-1RA21	diámetro 40 mm ● 3SB3 1-1CA21 <sup>1)</sup> ● 3SB3 1-1CA31 <sup>1)</sup> ● 3SB3 1-1CA41 <sup>1)</sup> ● 3SB3 1-1CA51 <sup>1)</sup> ⊕ 3SB3 1-1CA71 <sup>1)</sup>	diámetro 60 mm ● 3SB3 0-1AA20 <sup>1)</sup>	
diámetro 60 mm ● 3SB35 01-1QA31 ● 3SB35 01-1QA41 ○ 3SB35 01-1QA61		diámetro 60 mm ● 3SB35 01-1RA21 ● 3SB35 01-1RA31 ● 3SB35 01-1RA41 ● 3SB35 01-1RA51 ⊕ 3SB35 01-1RA71		



# CONTACTORES MAGNÉTICOS

 LG Industrial Systems



				
GMC 18 GMC 22	GMC 32	GMC 50	GMC 85	GMC 100
				
GMC 125	GMC 180 GMC 220	GMC 300 GMC 400	GMC 600	

Características generales.*	Montaje en riel Din o atornillables <sup>(1)</sup>		Modelo	
Amperes en AC1 IEC-60947	25 A	32 A	GMC 22 <sup>(2)</sup>	GMC 18 <sup>(3)</sup>
kW y amperes en AC3 200-240 V bajo norma IEC-60947	4.5kW 18A	5.5kW 22A	50 A	50 A
kW y amperes en AC3 380-440 V bajo norma IEC-60947	7.5kW 18A	11kW 22A	7.5kW 32A	7.5kW 32A
kW y amperes en AC3 500-550 V bajo norma IEC-60947	7.5kW 13A	15kW 22A	15kW 32A	15kW 32A
HP's a 230 Volts bajo norma UL 508	5 HP	7.5 HP	18.5kW 28A	18.5kW 28A
HP's a 460 Volts bajo norma UL 508	10 HP	10 HP	15 HP	15 HP
HP's a 575 Volts bajo norma UL 508	15 HP	15 HP	20 HP	20 HP
No. de operaciones eléctricas ( x 10,000 operaciones)	250	250	30 HP	30 HP
No. de operaciones mecánicas ( x 10,000 operaciones)	2500	2500	40 HP	40 HP
Dimensiones exteriores en mm ( frente x alto x fondo)	44 x 80 x 86.8	44 x 80 x 86.8	40 HP	40 HP
Modelo del relevador de sobrecarga adecuado.	GTK-22	GTK-22	GTK-85	GTK-85

Características generales.*	Montaje sólo atornillable <sup>(2)</sup>		Modelo	
Amperes en AC1 IEC-60947	150 A	200 A	GMC 150 <sup>(2)</sup>	GMC 125 <sup>(2)</sup>
kW y amperes en AC3 200-240 V bajo norma IEC-60947	37kW 125A	45kW 150A	230 A	230 A
kW y amperes en AC3 380-440 V bajo norma IEC-60947	60kW 120A	75kW 150A	55kW 180A	55kW 180A
kW y amperes en AC3 500-550 V bajo norma IEC-60947	60kW 90A	90kW 140A	90kW 180A	90kW 180A
HP's a 230 Volts bajo norma UL 508	40 HP	50 HP	110kW 180A	110kW 180A
HP's a 460 Volts bajo norma UL 508	75 HP	100 HP	60 HP	60 HP
HP's a 575 Volts bajo norma UL 508	75 HP	100 HP	125 HP	125 HP
No. de operaciones eléctricas ( x 10,000 operaciones)	100	100	125 HP	125 HP
No. de operaciones mecánicas ( x 10,000 operaciones)	500	500	100	100
Dimensiones exteriores en mm ( frente x alto x fondo)	100x157.4x 146.5	120 x 166 x 157	500	500
Modelo del relevador de sobrecarga adecuado.	GTK-100	GTK-150	138 x 203 x 181	138 x 203 x 181

\* Sujétas a cambio sin previo aviso.

> TFN

Conductor de cobre para 600V, aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C, y chaqueta de poliamida (nylon), resistente a la humedad, calor elevado, aceite y gasolina.



> APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo TFN son utilizados para circuitos de control en tableros eléctricos para edificaciones industriales, comerciales y residenciales, y como conductores para cableado de máquinas herramientas y de electrodomésticos, además son especialmente aptos para usarse en zonas contaminadas con aceites, grasas, gasolinas, etc. y otras sustancias químicas corrosivas como pinturas, solventes, etc., tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos con temperatura máxima de operación de 90 °C. En cuanto a su tensión de servicio, para todas las aplicaciones, es de 600 V.

> ESPECIFICACIONES

Los conductores de cobre tipo TFN fabricados por ELECTROCABLES C.A., cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- ASTM B-3: Alambres de cobre recoído o suave.
- ASTM B-8: Conductores trenzados de Cobre en capas concéntricas.
- ASTM B-787: Conductores trenzados de Cobre de 19 hilos, formación Unilay para ser aislados posteriormente.
- UL - 62: Cordas flexibles y alambres, para uso eléctrico.

Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.

> CONSTRUCCIÓN

Los conductores tipo TFN son cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico Policloruro de Vinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor, sobre la cual se aplica una cubierta protectora de Nylon o poliamida. Pueden ser suministrados en colores variados y con distintas formas de embalaje.



> THHW

Conductor de cobre para 600V, aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C, resistente a la humedad y calor elevado.



> APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHW son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales donde se requiera de alta seguridad, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es de 90°C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V.

> ESPECIFICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHW fabricados por ELECTROCABLES C.A., cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- ASTM B-3: Alambres de cobre recocido o suave.
- ASTM B-8: Conductores trenzados de cobre en capas concéntricas.
- ASTM B-787: Conductores trenzados de cobre de 19 hilos, formación unilay para ser aislados posteriormente.
- UL - 83: Alambres y cables aislados con material termoplástico.
- NEMA WC-70: Cables de potencia no apartallados para 2000 V. o (ICEA S-95-658) menos para transmisión y distribución de energía eléctrica.

Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.

> CONSTRUCCIÓN

Los conductores tipo THHW pueden ser sólidos o cableados y están contruídos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor elevado. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de empaque.

## ELECTROCABLES

### > TFN

#### > TFN

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total kg / km	Capacidad de Corriente (Amp.)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	No. Hilos					
18	0,823	1	0,38	0,1	1,98	10,23	7
18	0,823	7	0,38	0,1	2,13	10,66	7
16	1,31	1	0,38	0,1	2,25	15,12	10
16	1,31	19	0,38	0,1	2,46	15,77	10

### > THHW

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total kg / km	Capacidad de Corriente (Amp)**
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	No. Hilos				
<b>FORMACIÓN SÓLIDO</b>						
14	2,08	1	0,76	3,15	25,91	25
12	3,31	1	0,76	3,57	38,15	30
10	5,261	1	0,76	4,11	57,17	40
8	8,367	1	1,14	5,544	94,89	55
<b>FORMACIÓN UNILAY</b>						
14	2,08	19	0,76	3,35	27,13	25
12	3,31	19	0,76	3,793	39,77	30
10	5,261	19	0,76	4,389	59,51	40
8	8,367	19	1,14	5,896	98,88	55
6	13,3	19	1,52	7,602	159,74	75
4	21,15	19	1,52	8,793	239,13	95
2	33,62	19	1,52	10,293	362,80	130
1	49,4	19	2,03	12,207	473,25	150
1/0	53,49	19	2,03	13,21	583,27	170
2/0	67,44	19	2,03	14,33	720,49	195
3/0	85,02	19	2,03	15,594	892,21	225
4/0	107,2	19	2,03	17,014	1107,41	260
<b>FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO</b>						
250	126,7	37	2,41	19,45	1325,14	290
300	152	37	2,41	20,85	1570,05	320
350	177	37	2,41	22,11	1810,81	350
400	203	37	2,41	23,321	2060,20	380
500	253	37	2,41	25,477	2538,18	430
600	304	61	2,79	28,251	3054,55	475
750	380	61	2,79	30,924	3776,11	535
1000	507	61	2,79	34,857	4975,81	615

\*\*La capacidad máxima de corriente, para no más de 3 conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C. Ref NEC (Tabla 310.16)



# RELAY



## specification

MODEL		MY SERIES			LY SERIES			MK SERIES	
		MY-2	MY-3	MY-4	LY-2	LY-3	LY-4	MK-2P1	MK-3P1
EXTERNAL CONNECTION (mm)	L	27.6			27.6	27.6	27.6	34.3	
	W	34.3			31.3	31.3	31.3	34.3	
CONTACT FORM		2A2B	2A3B	4A4B	2A2B	2A3B	4A4B	2A2B	2A3B
CONTACT CAPACITY		30V DC - 220V AC			30V DC - 220V AC			28V DC - 220V AC	
		5A			15A/10A			10A/5A	
COIL	DC	6.12,24,36,48V			6.12,24,36,48,110V			6.12,24,36,48,110,220V	
	AC	6.12,24,36,110,220V			6.12,24,36,48,110,220V			6.12,24,36,48,110,127,220,380V	
CONTACT RESISTANCE		≤ 50mΩ			≤ 50mΩ			≤ 50mΩ	
INSULATION RESISTANCE		≥ 1000MΩ			≥ 1000MΩ			≥ 500MΩ	
DIELECTRIC STRENGTH		1000V AC 50/60Hz			1500V AC 50/60 Hz			1500V AC 50/60Hz	
SERVICE LIFE	MECHANICAL	10,000,000			10,000,000			10,000,000	
	ELECTRICAL	100,000			100,000			100,000	
TERMINAL		OUTLET AND PRINTED-CIRCUIT BOARD			OUTLET AND PRINTED-CIRCUIT BOARD			OUTLET SOLDER	





## FUSIBLES



FUSIBLES , Accionamiento Horizontal(R), 600 V.  
 Tamaño: 10X38 mm

REF.	CAPACIDAD
36831	1 A
36832	2 A
36833	3 A
36834	4 A
36836	6 A
36837	8 A
36838	10 A
36839	12 A
36831	15 A
36832	16 A
36833	18 A
36834	20 A
36836	25 A
36837	30 A
36838	32 A

Tamaño: 14,3X51mm

REF.	CAPACIDAD
36910	35 A
36911	40 A
36912	45 A
36913	50 A

Tamaño: 22,2X58mm

REF.	CAPACIDAD
36926	55 A
36928	60 A
36929	70 A
36930	80 A
36931	100A
36933	125A

Productos-Elctricos-0038

## FUSIBLES HH



## TUBO ESTRUCTURAL NEGRO RECTANGULAR

TUBOS ESTRUCTURALES NEGROS

**NOMBRE:** TUBO ESTRUCTURAL NEGRO RECTANGULAR

**NORMA:** ASTM A-500

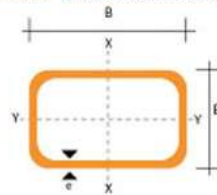
**RECUBRIMIENTO:** NEGRO O GALVANIZADO

**LARGO NORMAL:** 6.00m

**OTROS LARGOS:** PREVIA CONSULTA

**DIMENSIONES:** DESDE 12.00mm x 25.00mm a 40.00mm x 80.00mm

**ESPESOR:** DESDE 2.00mm a 3.00mm



DIMENSIONES			AREA		EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.64	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.65	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15

# **ANEXO E**

**PLC**

**TWDLCAA24DRF**





Base compacta TWDLC...	AA10DRF	AA16DRF	AA24DRF	AA40DRF AE40DRF
Tensión de alimentación nominal	De 100 a 240 V CA			
Rango de tensión permitido	De 85 a 264 V CA			
Frecuencia de alimentación nominal	50/60 Hz (de 47 a 63 Hz)			
Corriente de entrada máxima	0,25 A (85 V CA)	0,30 A (85 V CA)	0,45 A (85 V CA)	0,79 A (85 V CA)
Consumo máximo de alimentación	30 VA (264 V CA), 20 VA (100 V CA) El consumo de alimentación de esta base incluye 250 mA para la alimentación de sensores.	31 VA (264 V CA), 22 VA (100 V CA) El consumo de alimentación de esta base incluye 250 mA para la alimentación de sensores.	40 VA (264 V CA), 33 VA (100 V CA) El consumo de alimentación de esta base y de sus cuatro módulos de E/S incluye 250 mA para la alimentación de sensores.	77 VA (264 V CA), 65 VA (100 V CA) El consumo de alimentación de esta base y de sus cuatro módulos de E/S incluye 400 mA para la alimentación de sensores.
Interrupción momentánea de alimentación permitida	10 ms, desaccionamiento del 100 % (en las entradas y salidas establecidas) (IEC61131 y IEC61000-4-11)			
Rigidez dieléctrica	Entre la alimentación y los terminales de tierra: 1.500 V CA, 1 min Entre las E/S y los terminales de tierra: 1.500 V CA, 1 min			
Resistencia de aislamiento	Entre la alimentación y los terminales de tierra: mínimo de 10 MΩ (500 V CC) Entre las E/S y los terminales de tierra: mínimo de 10 MΩ			
Resistencia a ruidos:	Terminales de alimentación de CA: 2 kV, nivel 3 Terminales de E/S: - CC: 1 kV, nivel 3 - CA: 2 kV, nivel 4 Conforme a IEC61131-2 (Zona B) y IEC61000-4-4			
Corriente de llamada	Máximo de 35 A	Máximo de 35 A	Máximo de 40 A	Máximo de 35 A
Conductor de puesta a tierra	UL1007 16 AWG (1,30 mm <sup>2</sup> )			
Conductor de la fuente de alimentación	UL1015 0,33 mm <sup>2</sup> , UL1007 0,82 mm <sup>2</sup>			
Efecto de una conexión de fuente de alimentación incorrecta	Polaridad inversa: funcionamiento normal Tensión o frecuencia incorrectas: protección interior de fusible			

Tabla E 1.1 Características de las entradas de bases compactas.

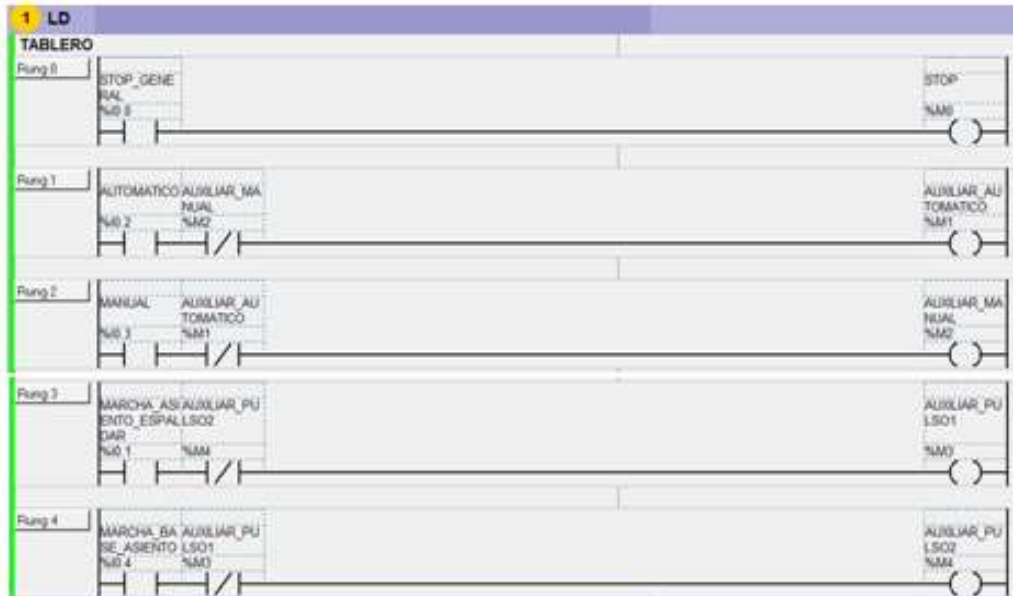
Base compacta	TWDLCAA10DRF TWDLCA10DRF	TWDLCAA16DRF TWDLCA16DRF	TWDLCAA24DRF TWDLCA24DRF	TWDLCAA40DRF TWDLCAE40DRF
Puntos de entrada	6 puntos en una línea común	9 puntos en una línea común	14 puntos en una línea común	24 puntos en dos líneas comunes
Tensión de entrada nominal	Señal de entrada de común positivo/negativo de 24 V CC			
Rango de tensión de entrada	De 20,4 a 28,8 V CC			
Corriente de entrada nominal	I0 e I1: 11 mA. I2 a I13: 7 mA/punto (24 V CC)			I0, I1, I6, I7: 11 mA. De I2 a I5, de I8 a I23: 7 mA/punto (24 V CC)
Impedancia de entrada	I0 e I1: 2,1 k $\Omega$ I2 a I13: 3,4 k $\Omega$			I0, I1, I6, I7: 2,1 k $\Omega$ De I2 a I5, de I8 a I23: 3,4 k $\Omega$
Tiempo de encendido	I0 a I1: 35 $\mu$ s + valor de filtro I2 a I13: 40 $\mu$ s + valor de filtro.			I0, I1, I6, I7: 35 $\mu$ s + valor de filtro De I2 a I5, de I8 a I23: 40 $\mu$ s + valor de filtro.
Tiempo de apagado	I0 e I1: 45 $\mu$ s + valor de filtro. I2 a I13: 150 $\mu$ s + valor de filtro.			I0, I1, I6, I7: 45 $\mu$ s + valor de filtro. De I2 a I5, de I8 a I23: 150 $\mu$ s + valor de filtro.
Aislamiento	Entre los terminales de entrada y el circuito interno: fotoacoplador aislado (protección de aislamiento hasta 500 V) Entre los terminales de entradas: sin aislamiento			
Tipo de entrada	Tipo 1 (IEC 61131)			
Carga externa para la interconexión de E/S	No es necesaria			
Método de determinación de señales	Estático			
Tipo de señales de entrada	Las señales de entrada pueden ser tanto de común positivo como negativo			
Longitud del cable	3 m para cumplir la inmunidad electromagnética.			



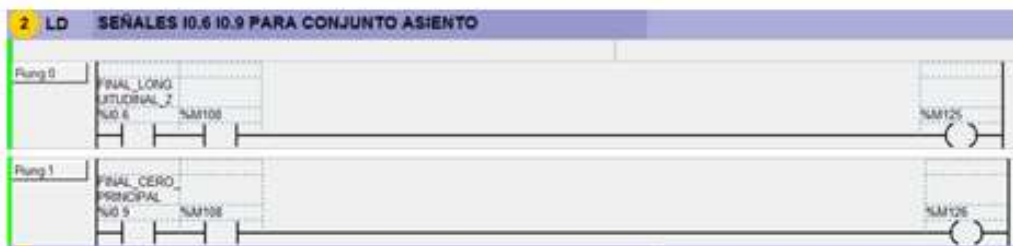
**Tabla E 1.2** Características de las salidas de bases compactas.

Base compacta	TWDLCAA10DRF TWDLCAA10DRF	TWDLCAA16DRF TWDLCAA16DRF	TWDLCAA24DRF TWDLCAA24DRF	TWDLCAA40DRF TWDLCAA40DRF
Puntos de salida	4 salidas	7 salidas	10 salidas	14 salidas
Puntos de salida por línea común: COM0	Tres contactos NO	4 normal abierto	4 contactos NO	—
Puntos de salida por línea común: COM1	1 contacto NO	2 contactos NO	4 contactos NO	—
Puntos de salida por línea común: COM2	—	1 contacto NO	1 contacto NO	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común: COM3	—	—	1 contacto NO	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común: COM4	—	—	—	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común: COM5	—	—	—	1 contacto NO
Puntos de salida por línea común: COM6	—	—	—	1 contacto NO
Corriente máxima de carga	2 A por salida 8 A por línea común			
Carga de conmutación mínima	0,1 mA/0,1 VDC (valor de referencia)			
Resistencia de contacto inicial	Máximo de 30 mΩ @ 240 V CA/2 A carga (controladores TWDLCA•...) @ 30 V CC/2 A (controladores TWDLCA•...)			

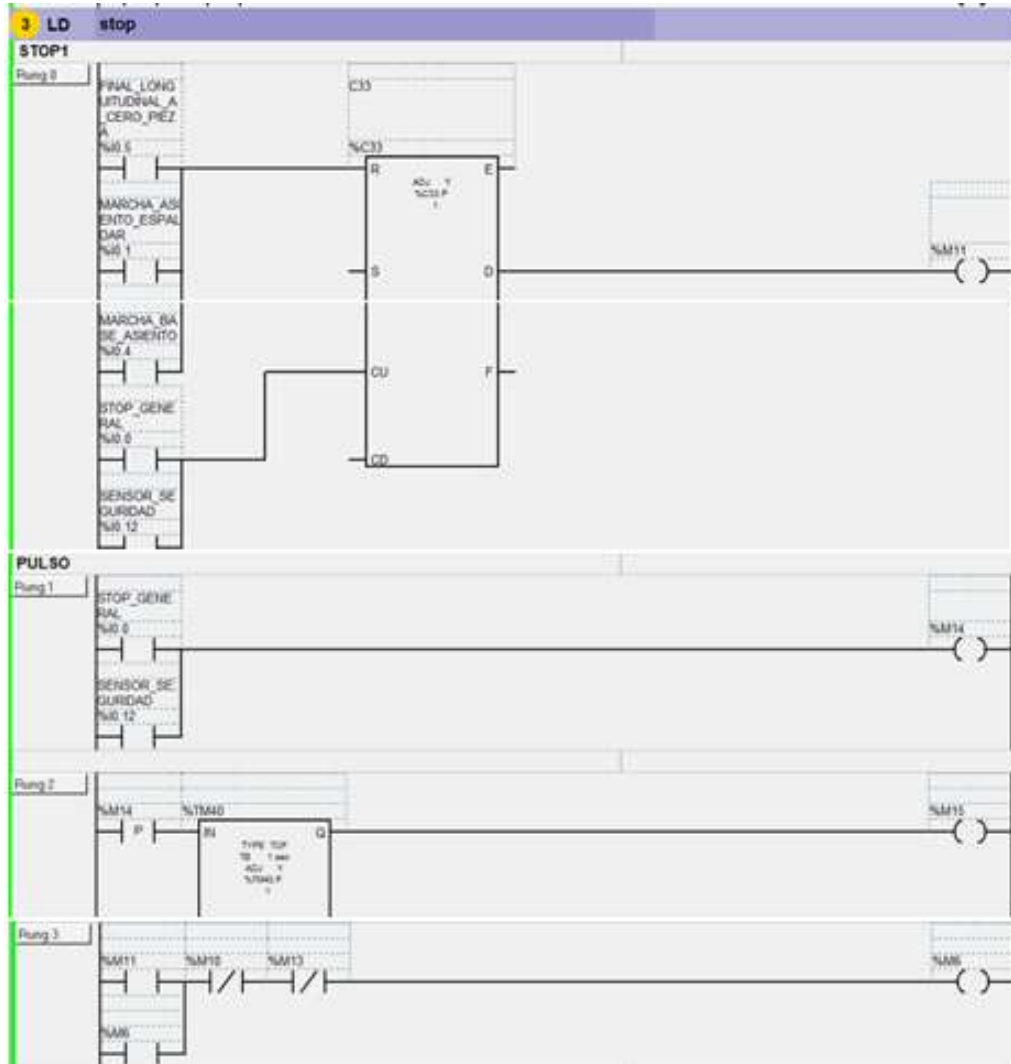
**TABLERO DE MANDO**

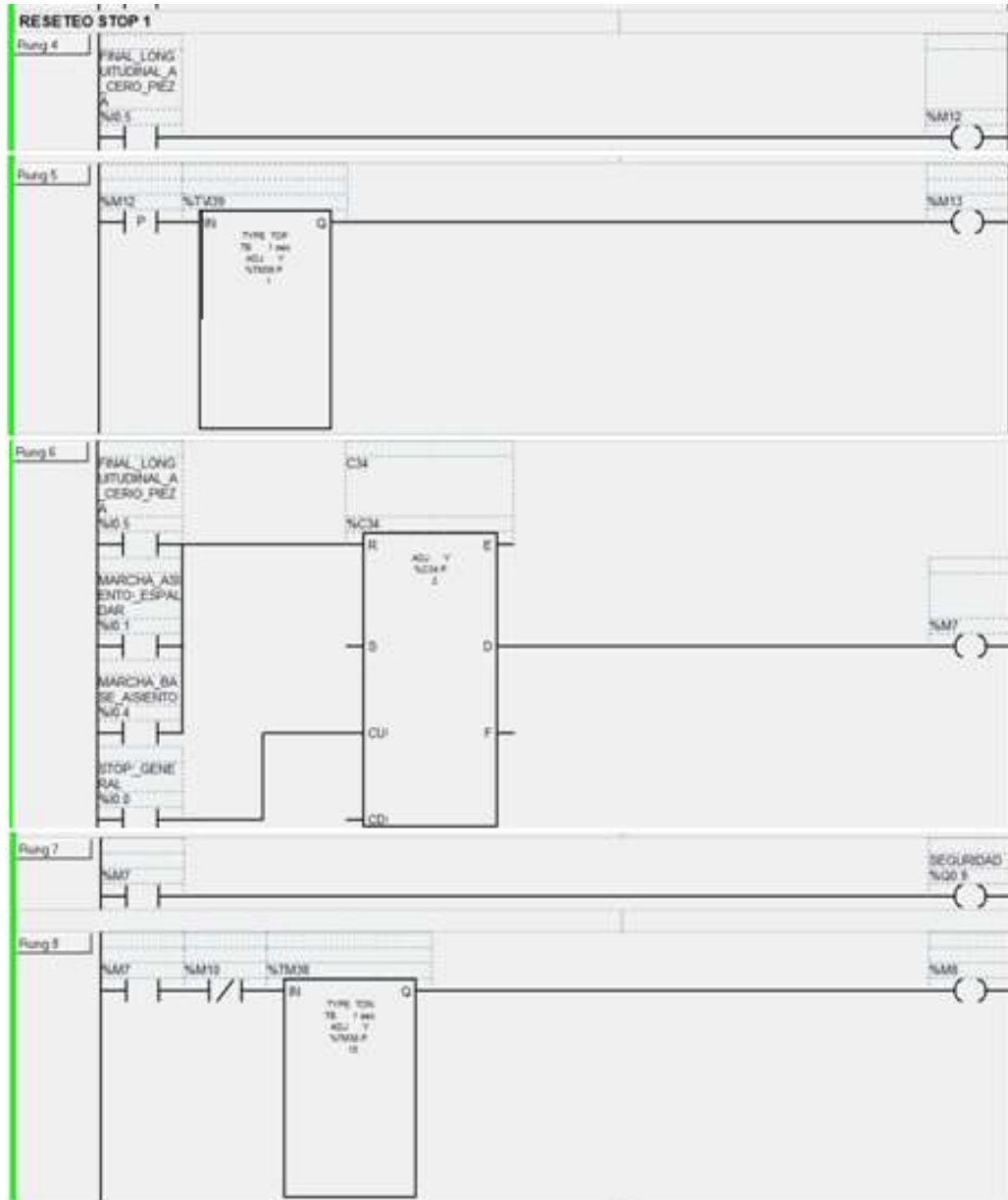


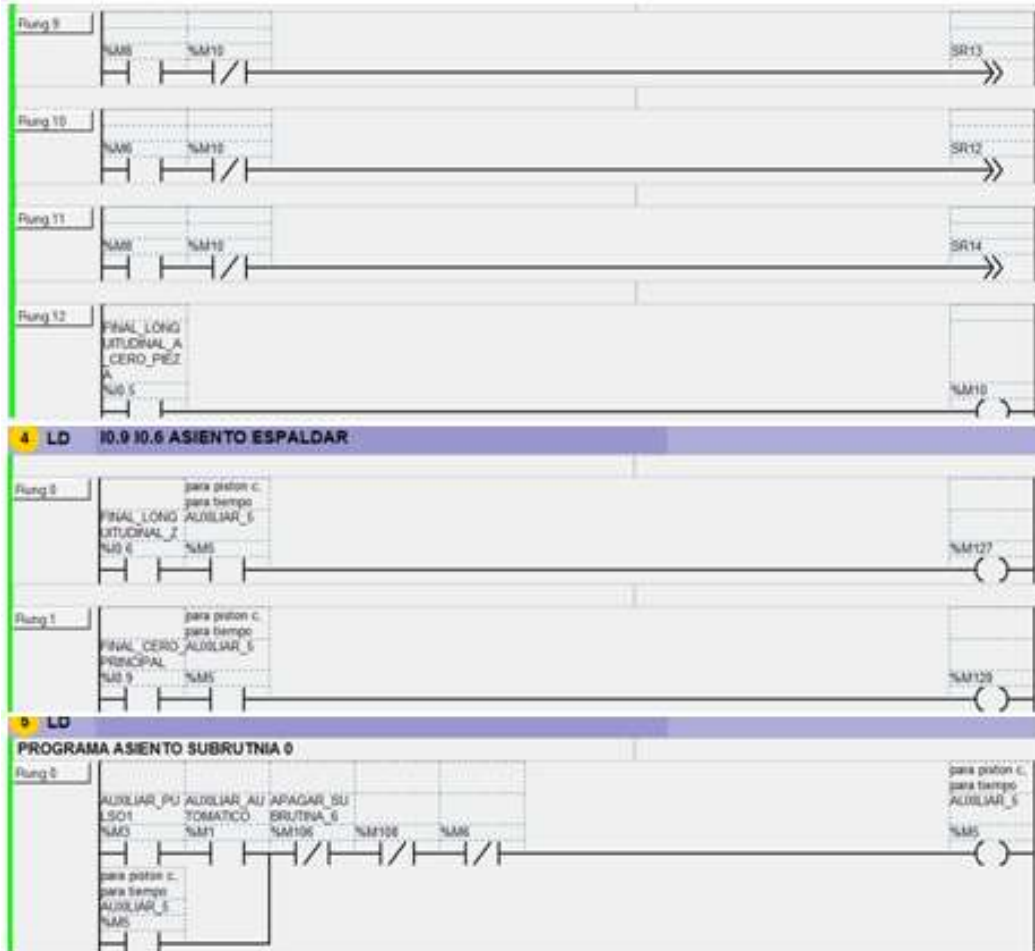
**CONJUNTO ESPALDAR – SENTADERA**

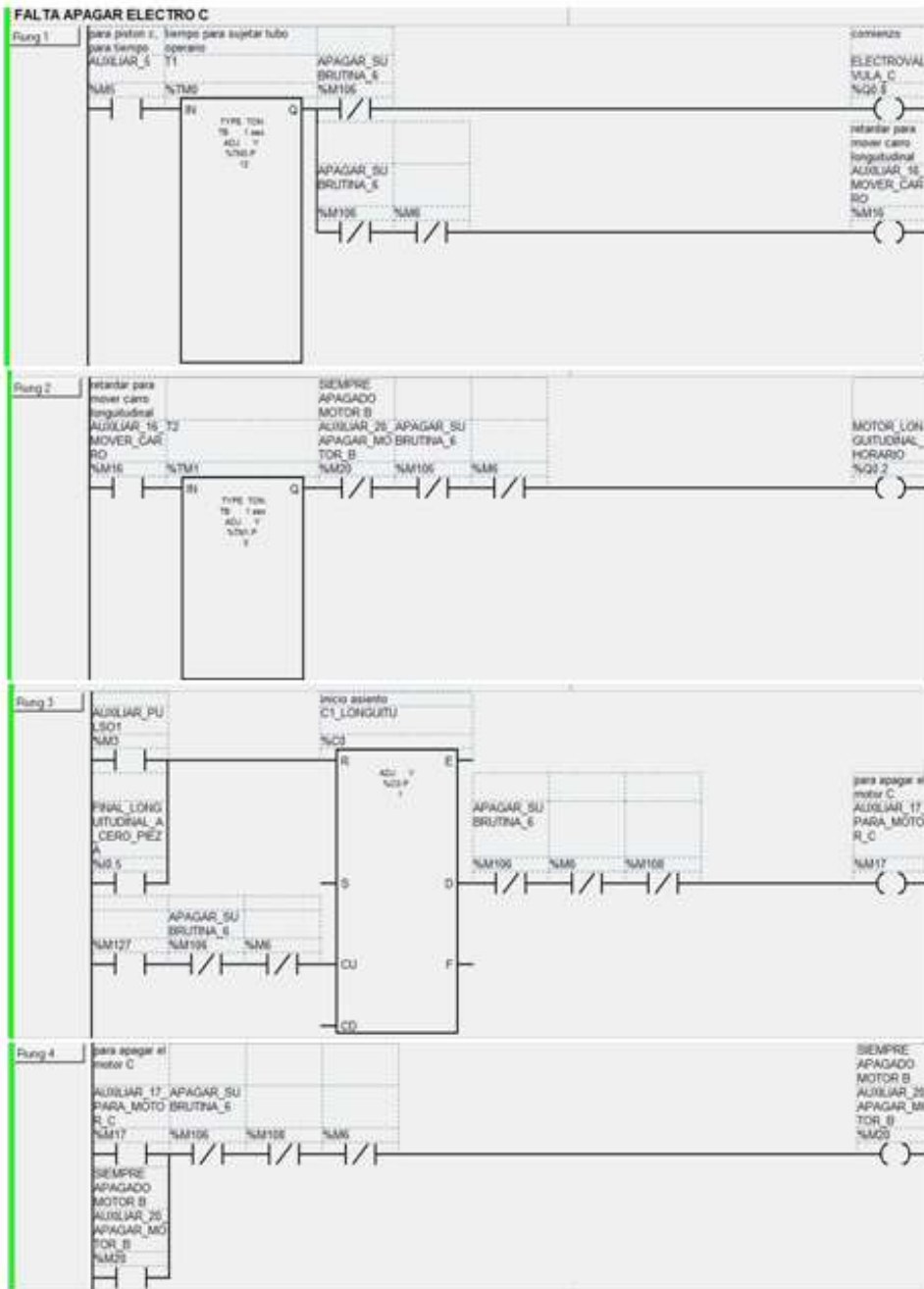


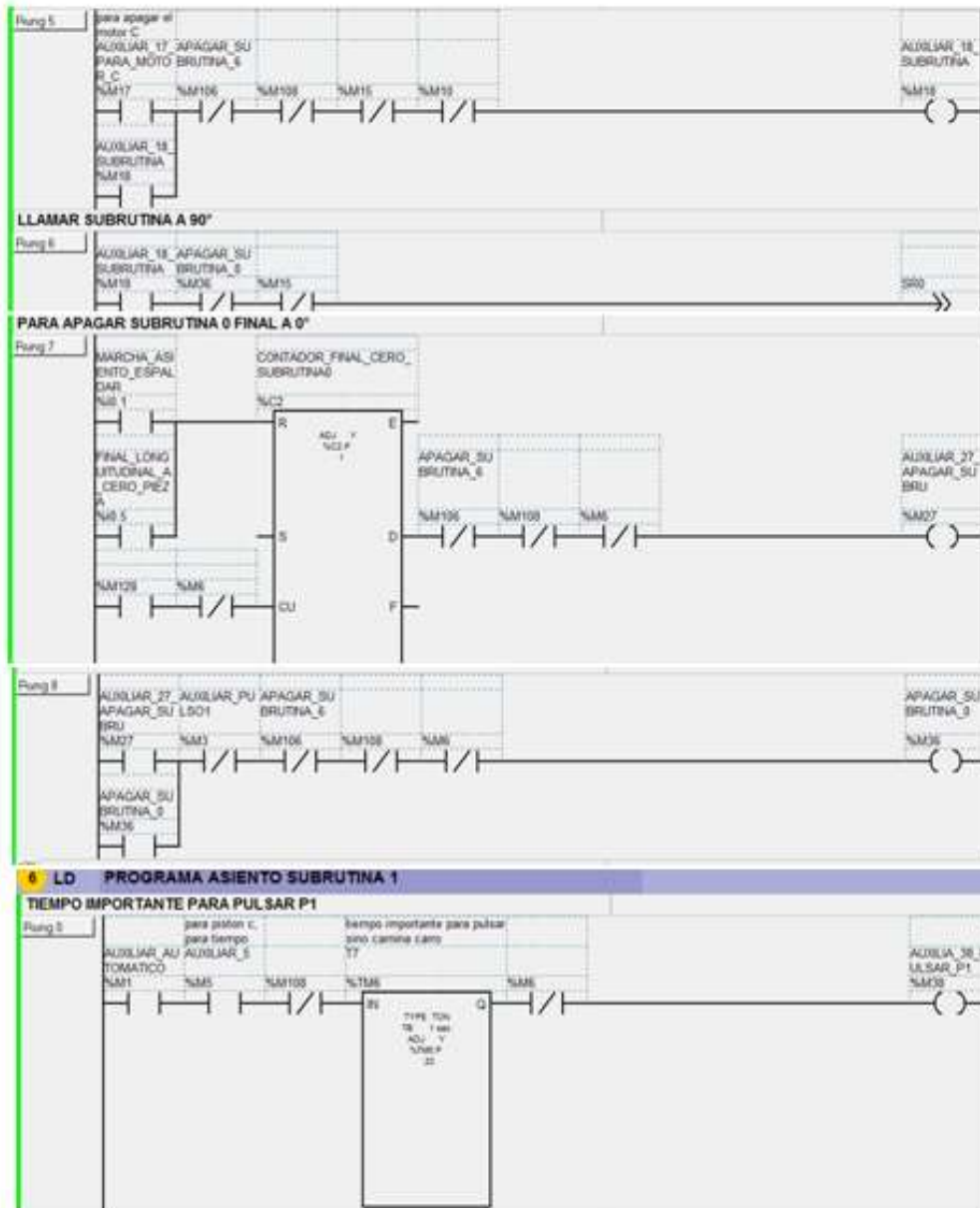
**STOP**

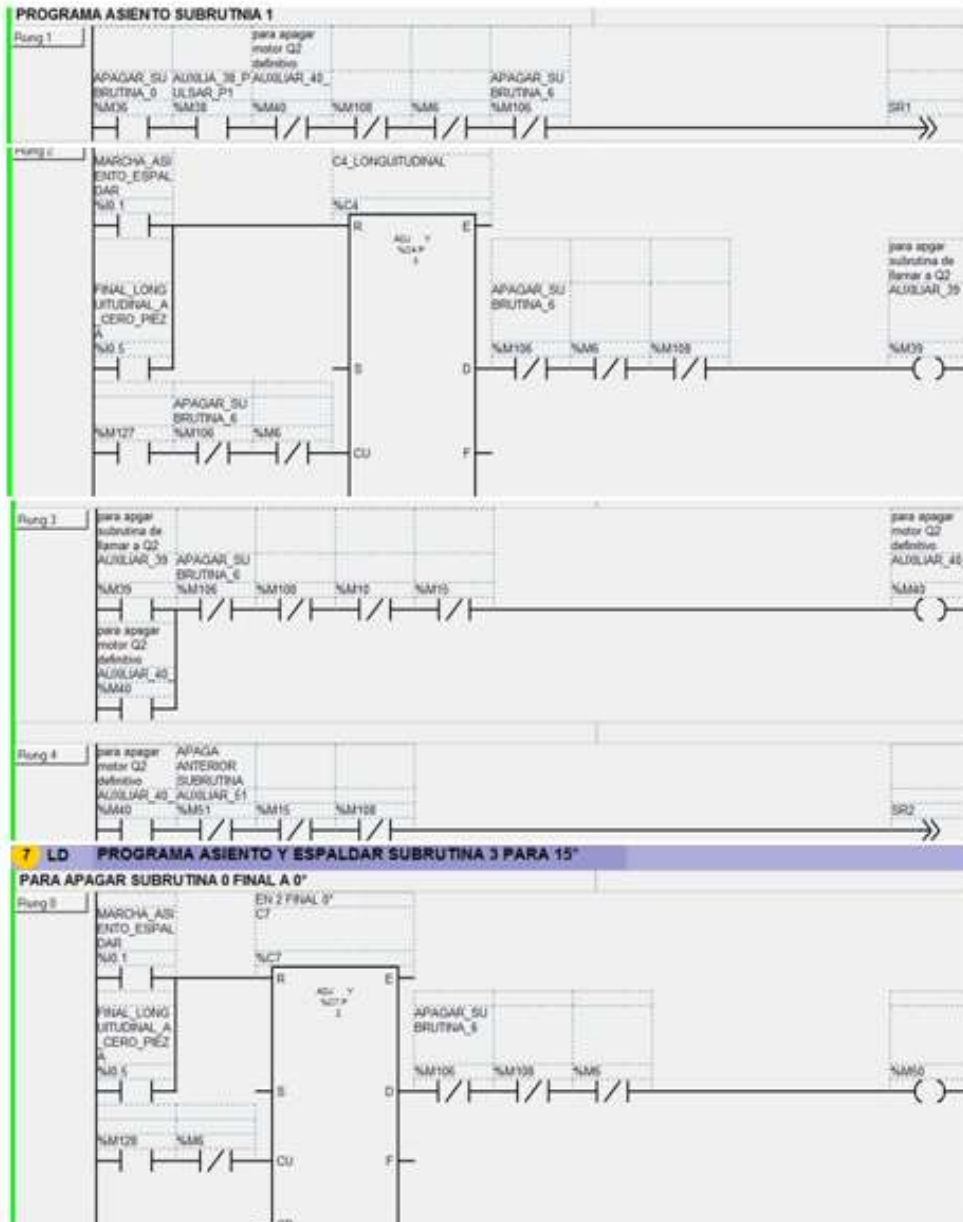




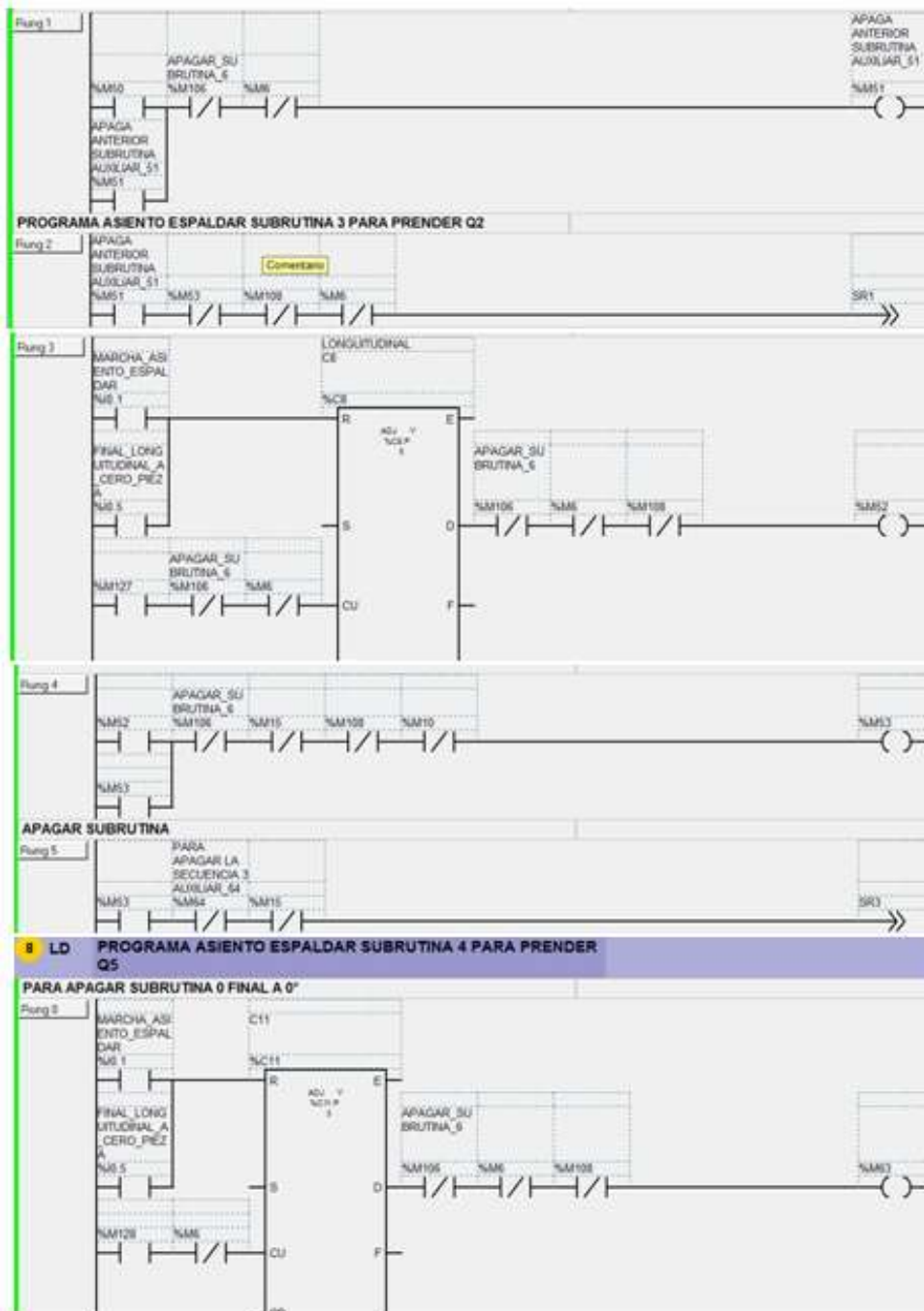


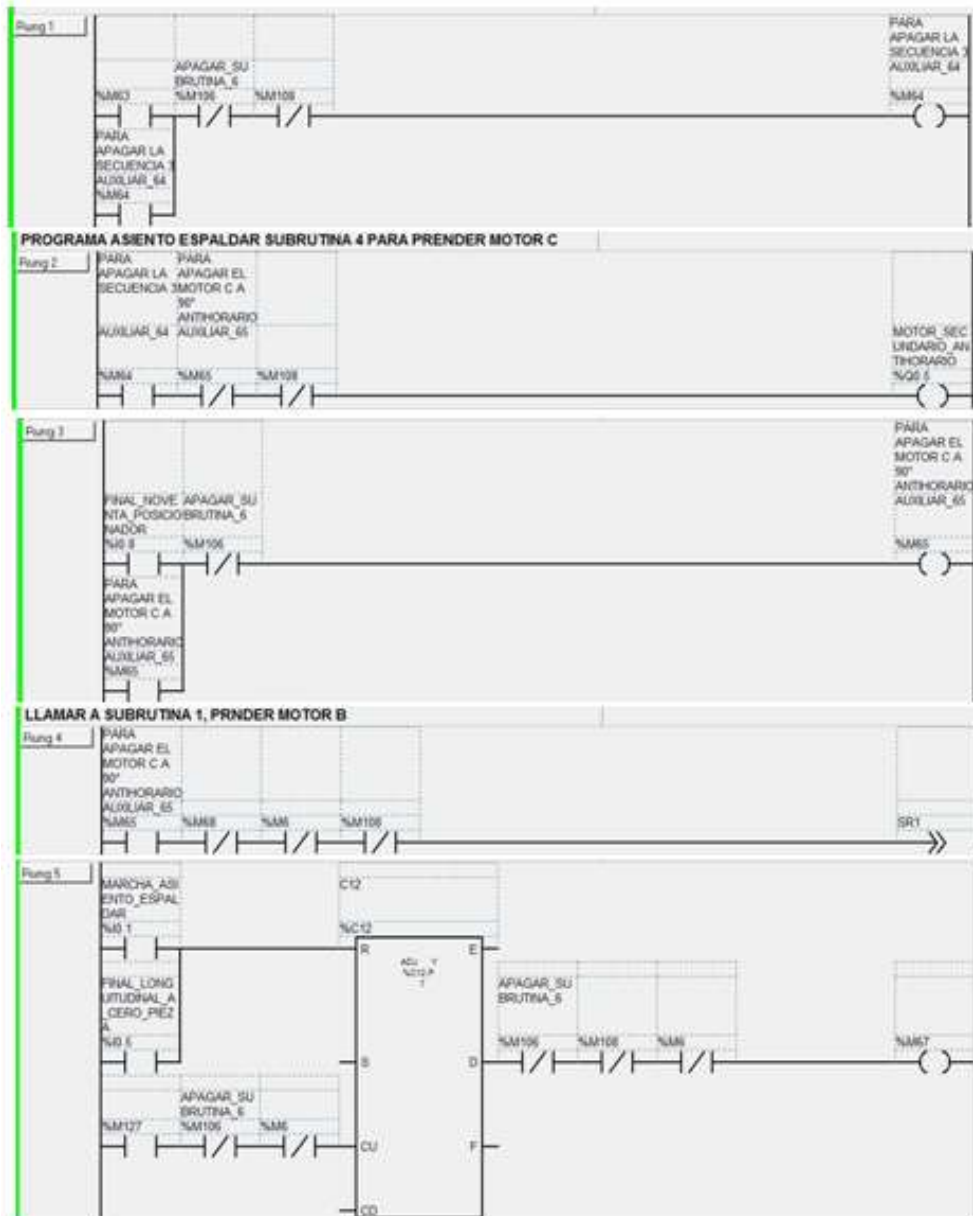


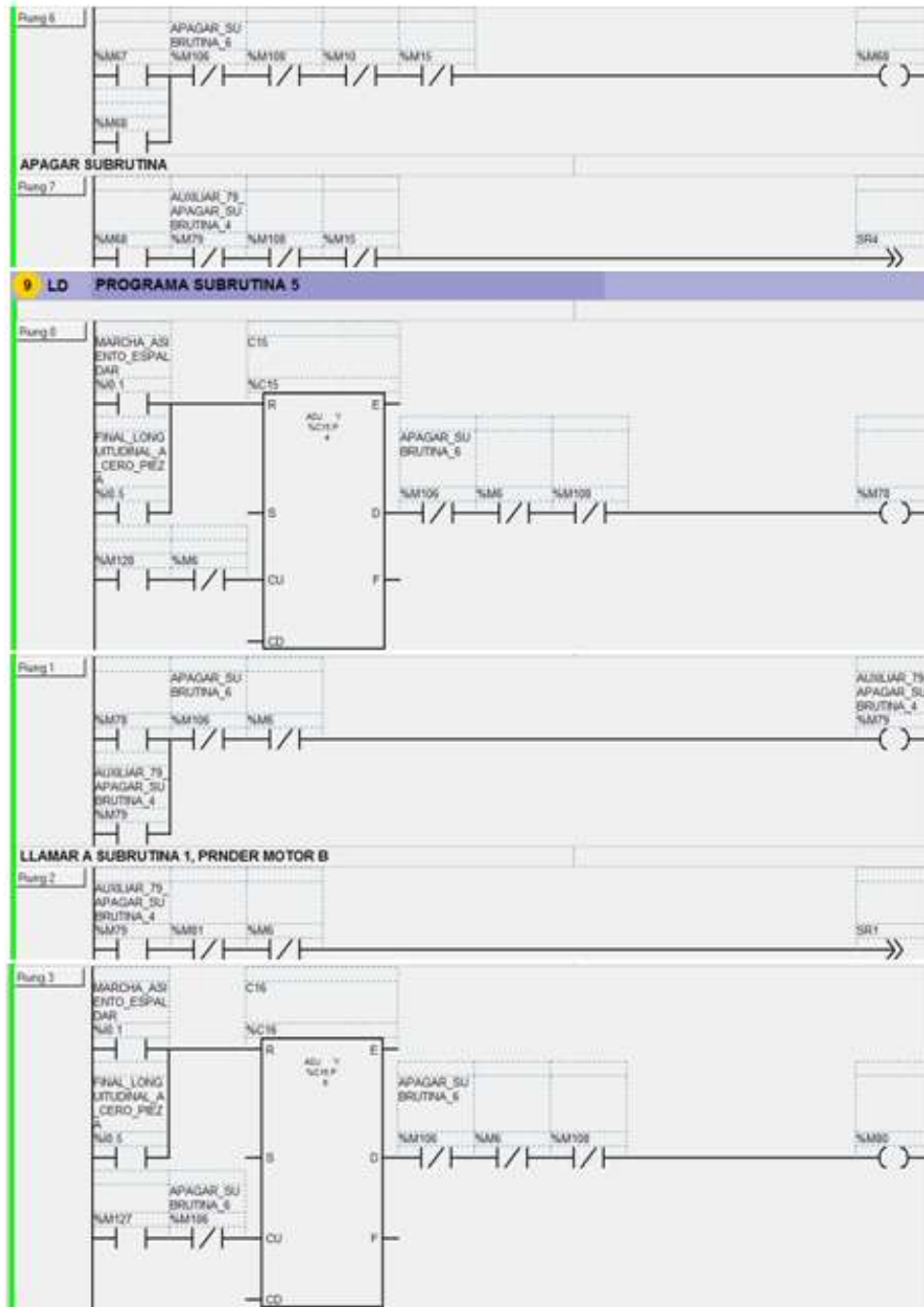


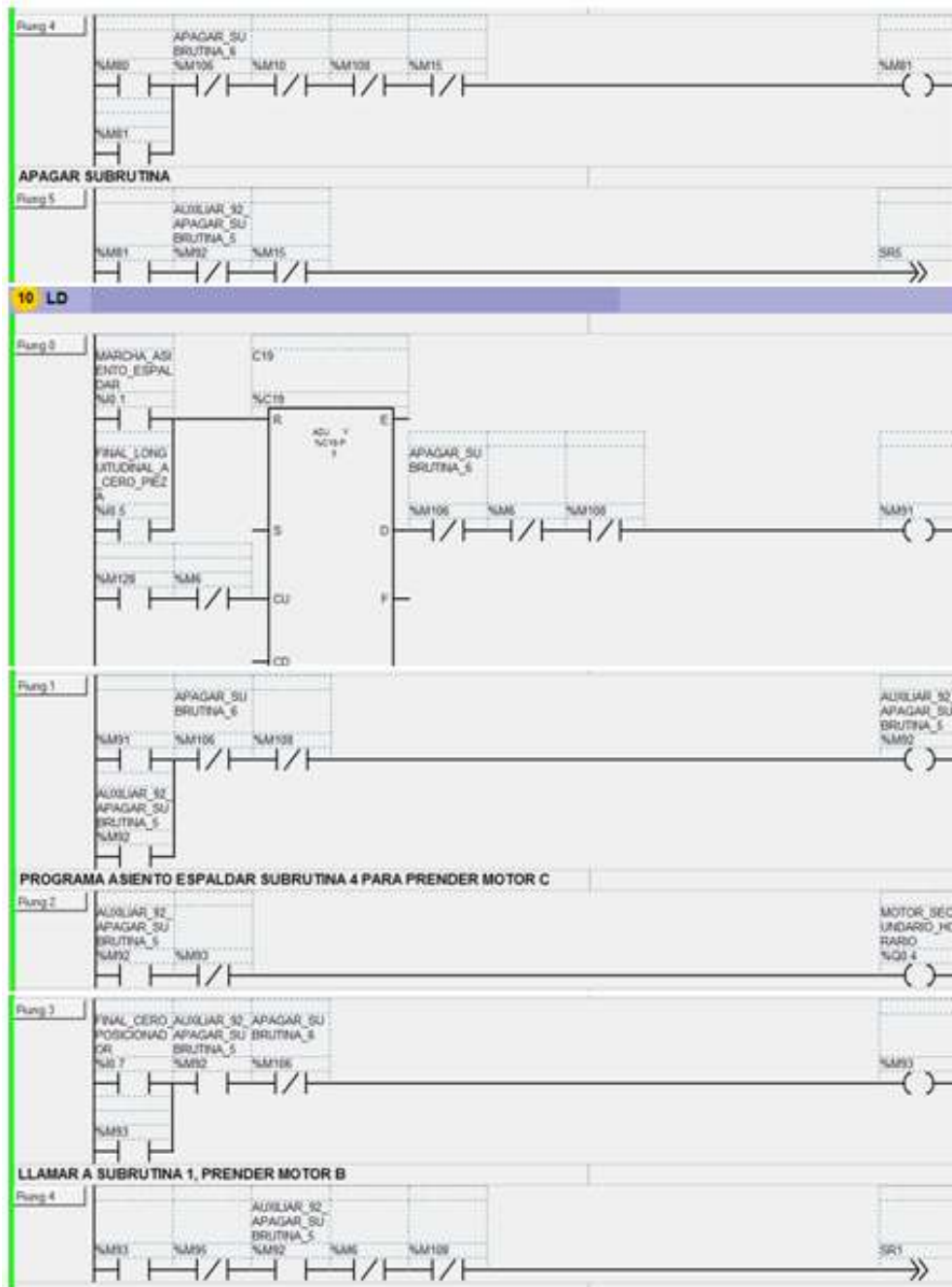


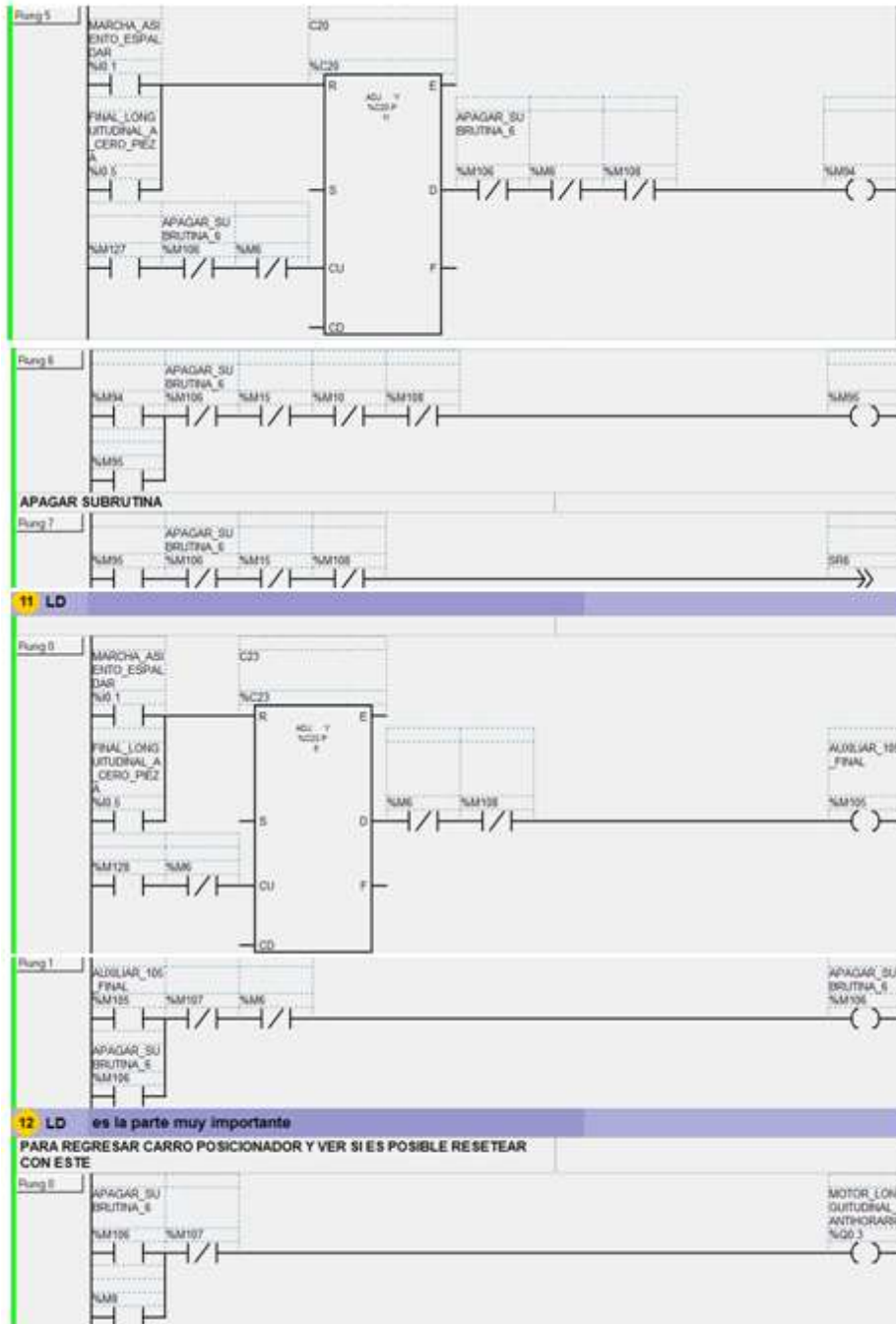


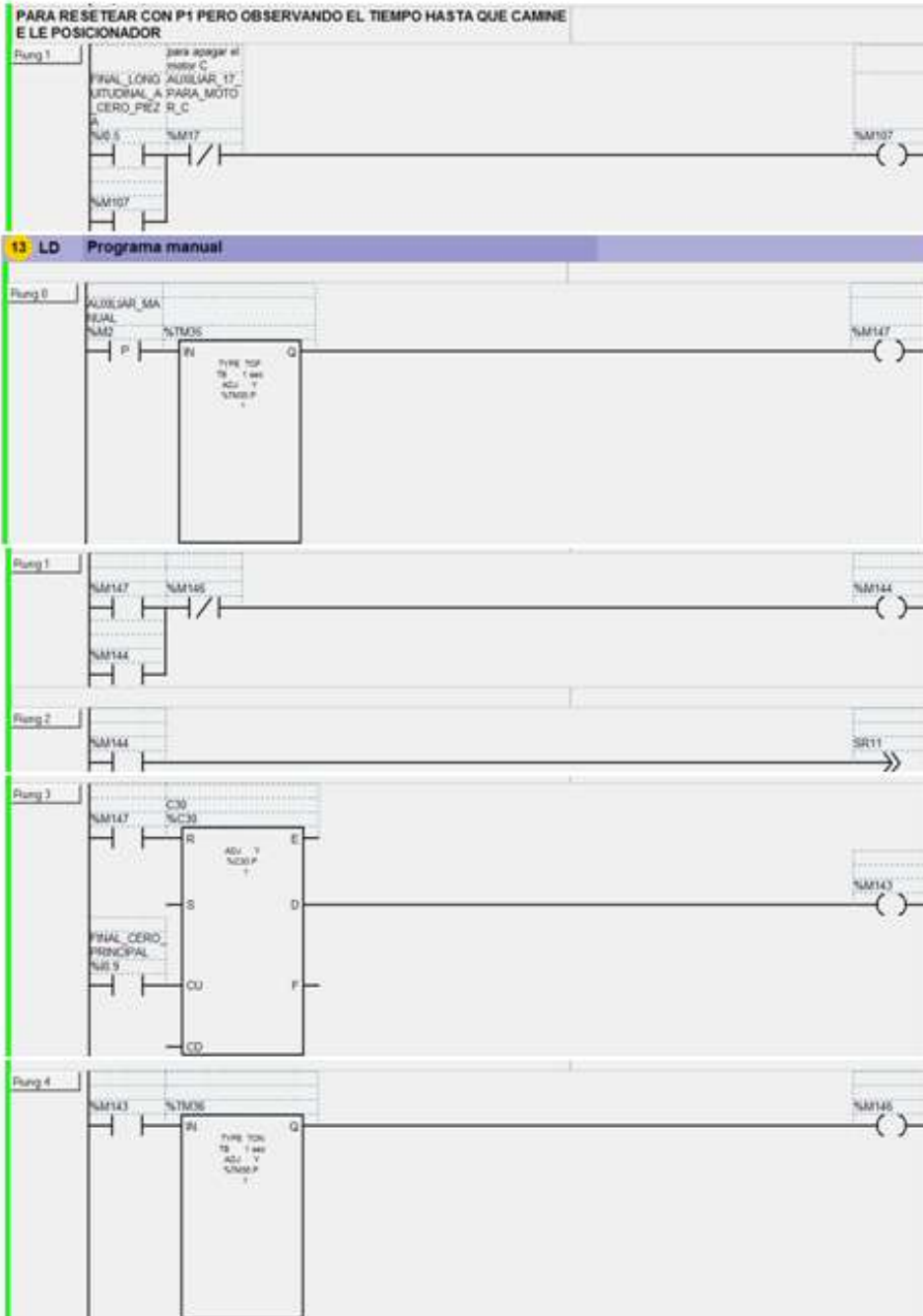




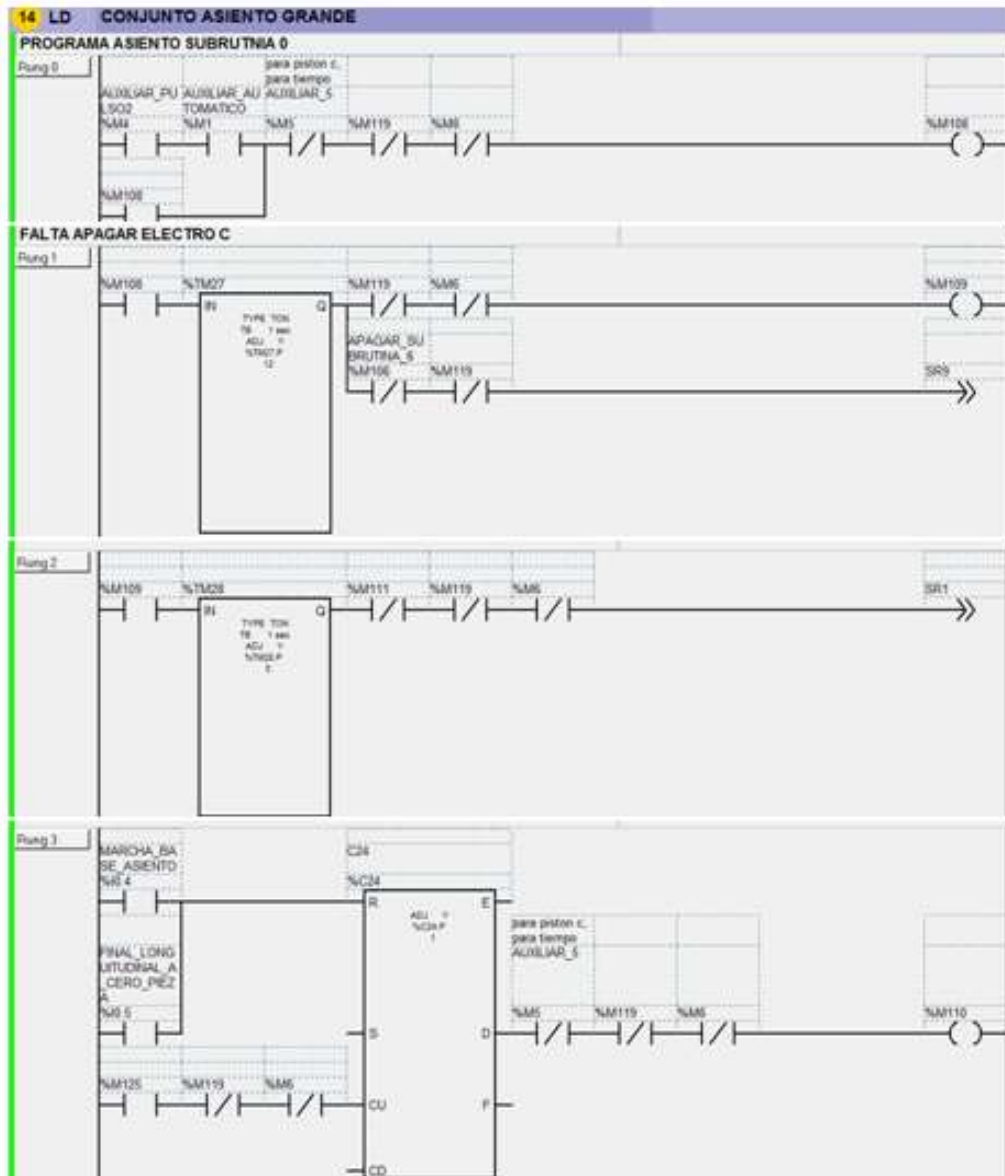


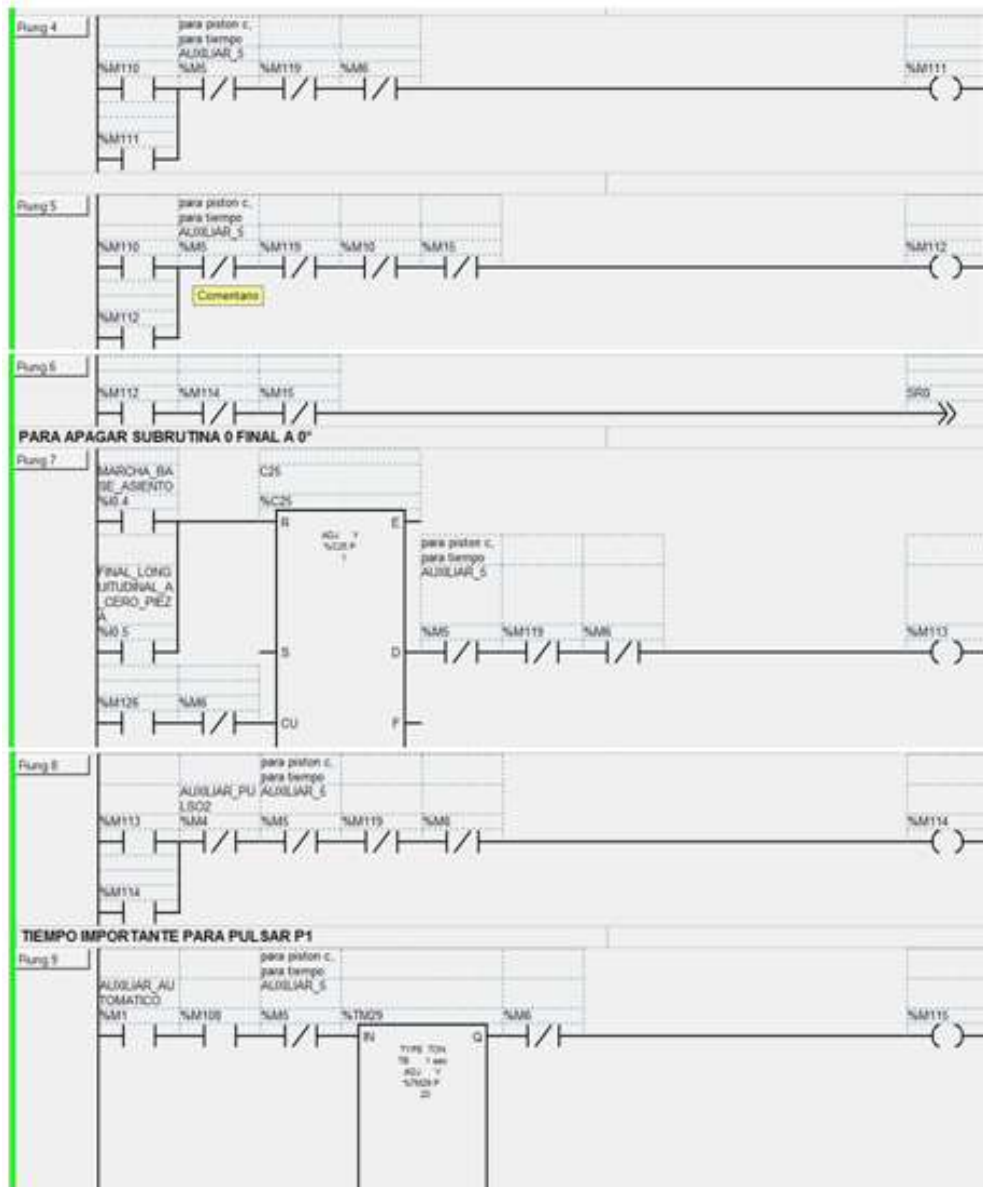






CONJUNTO ASIEN TO

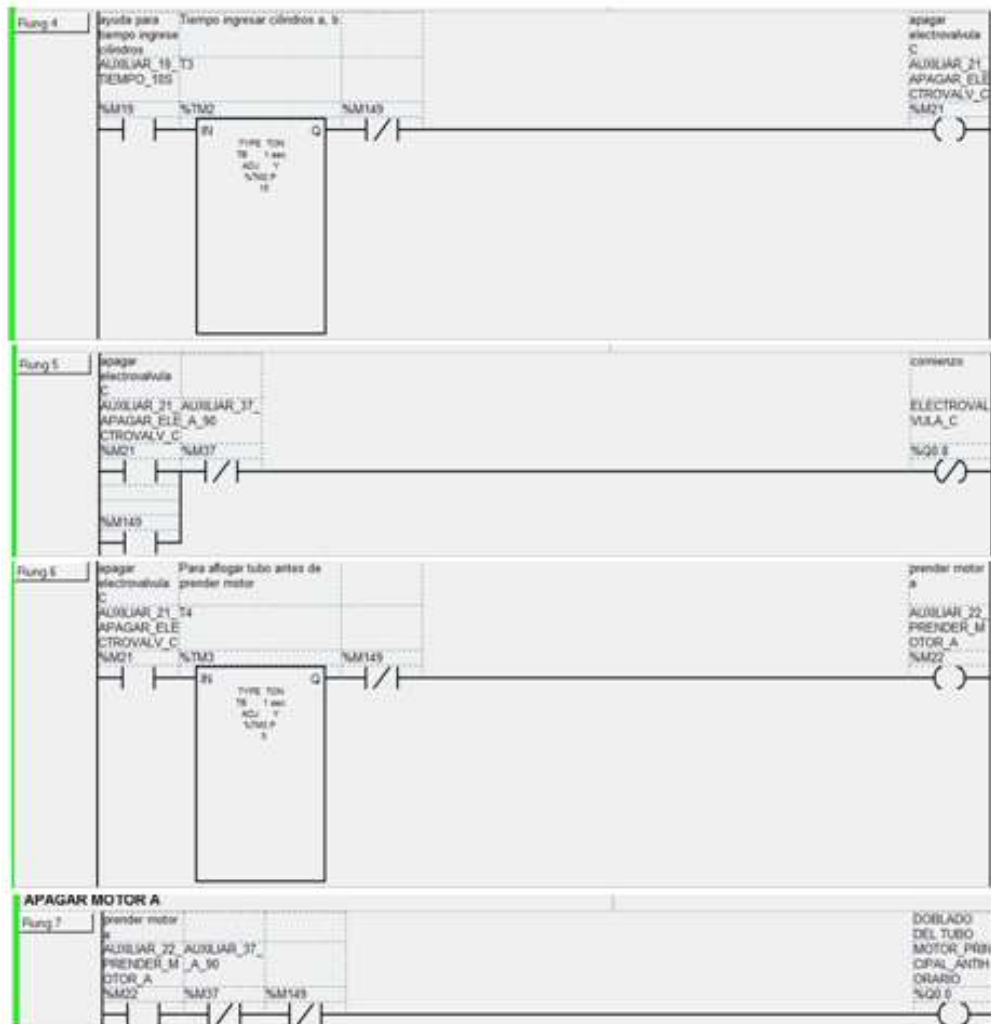




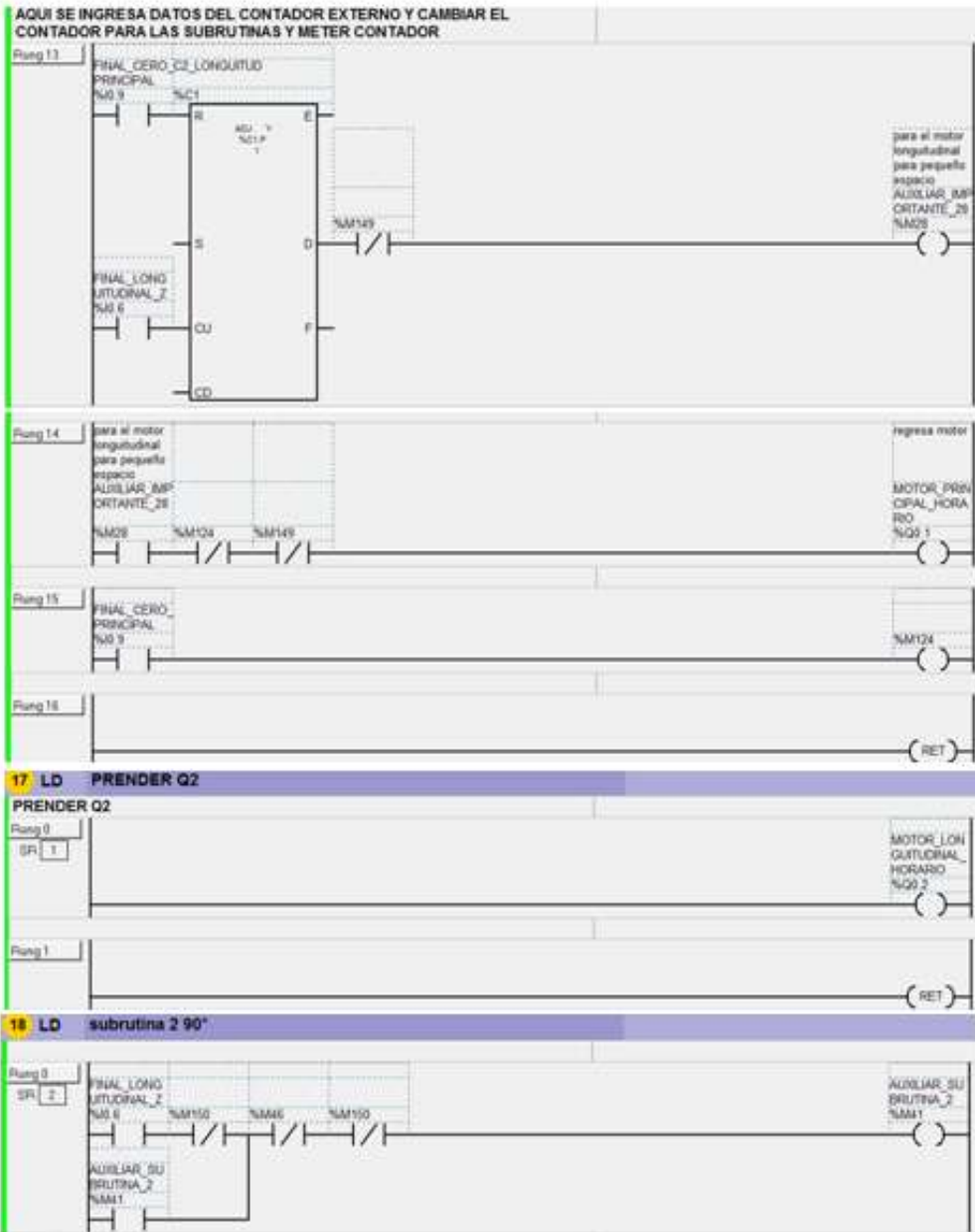


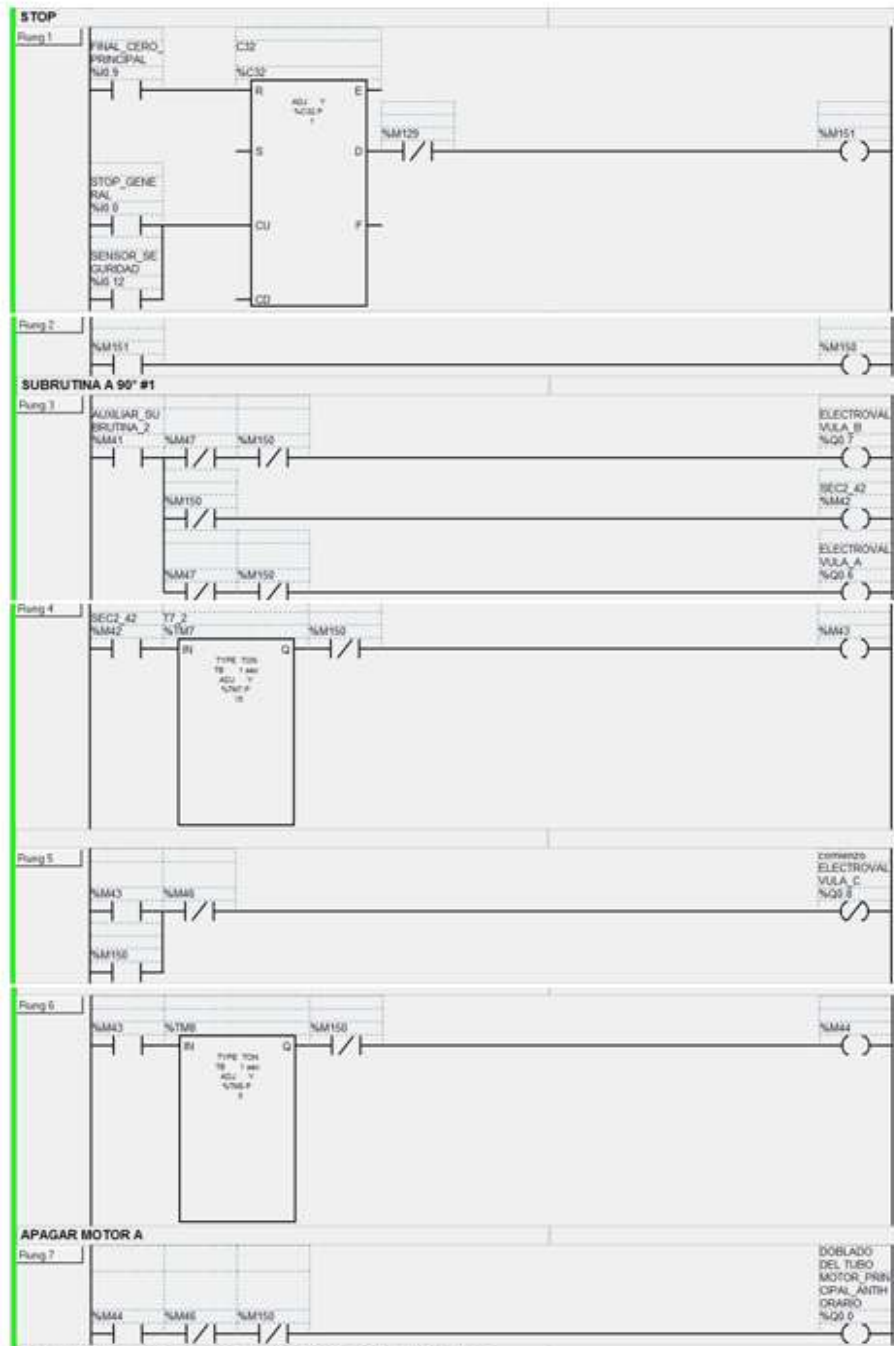


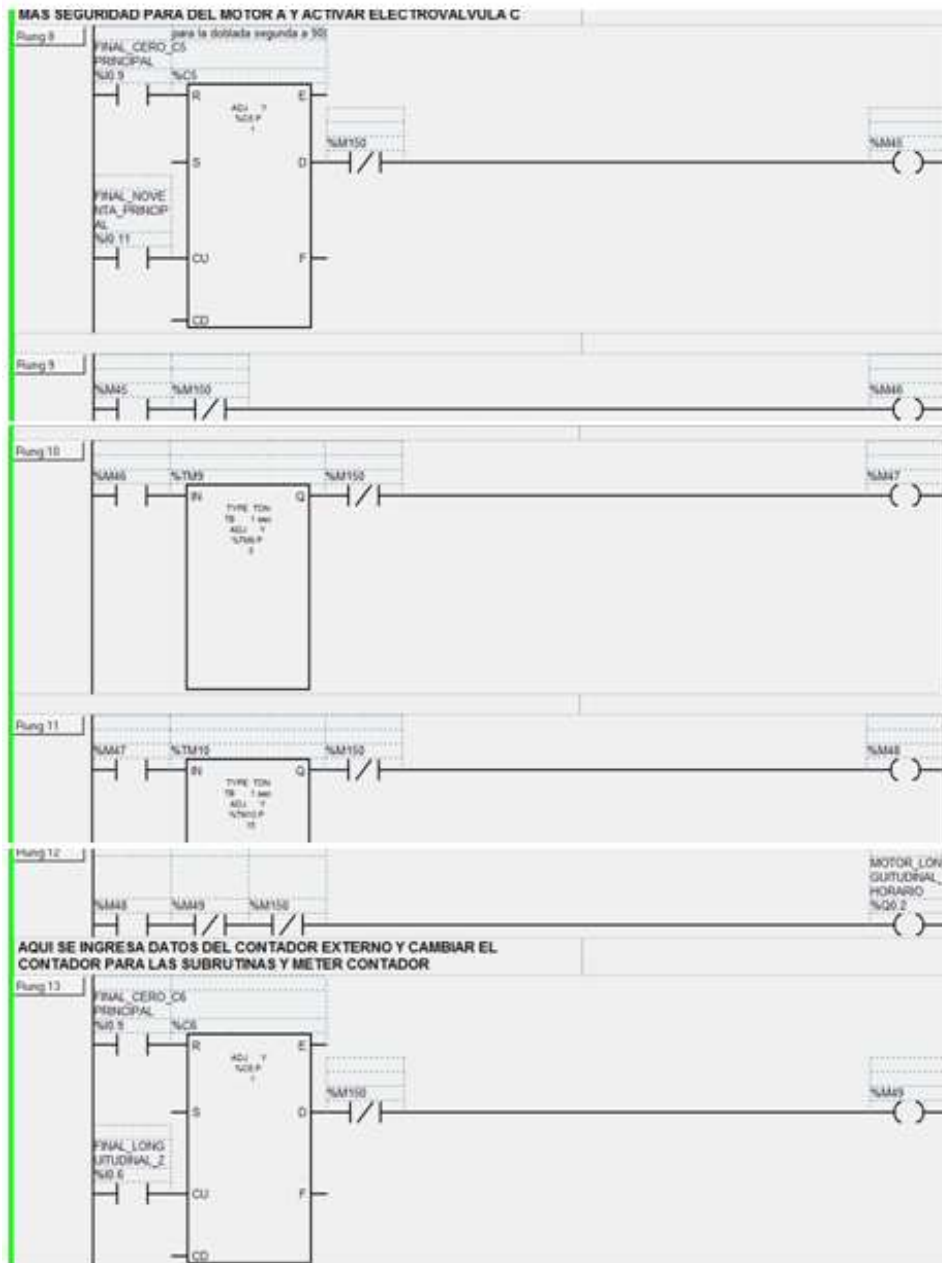


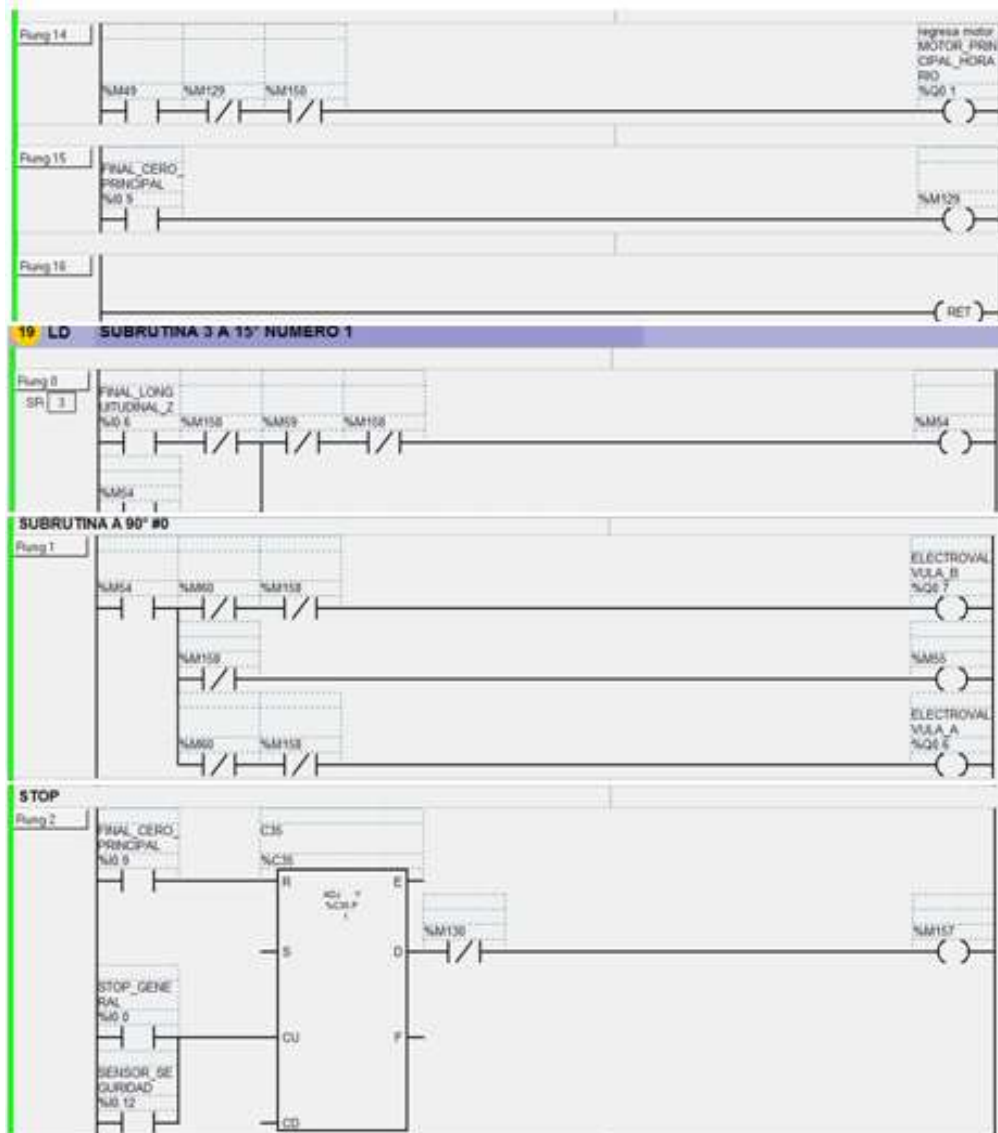




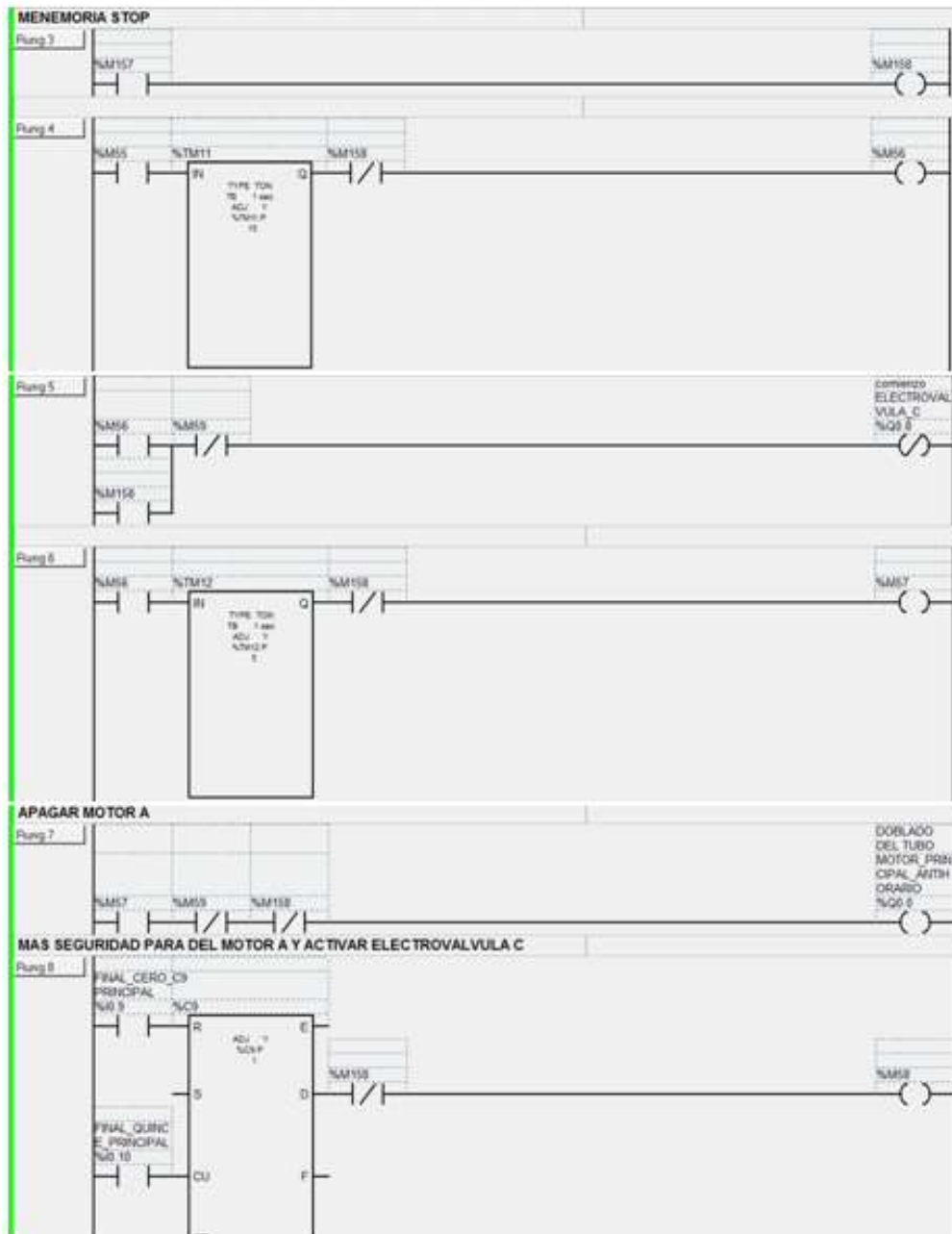


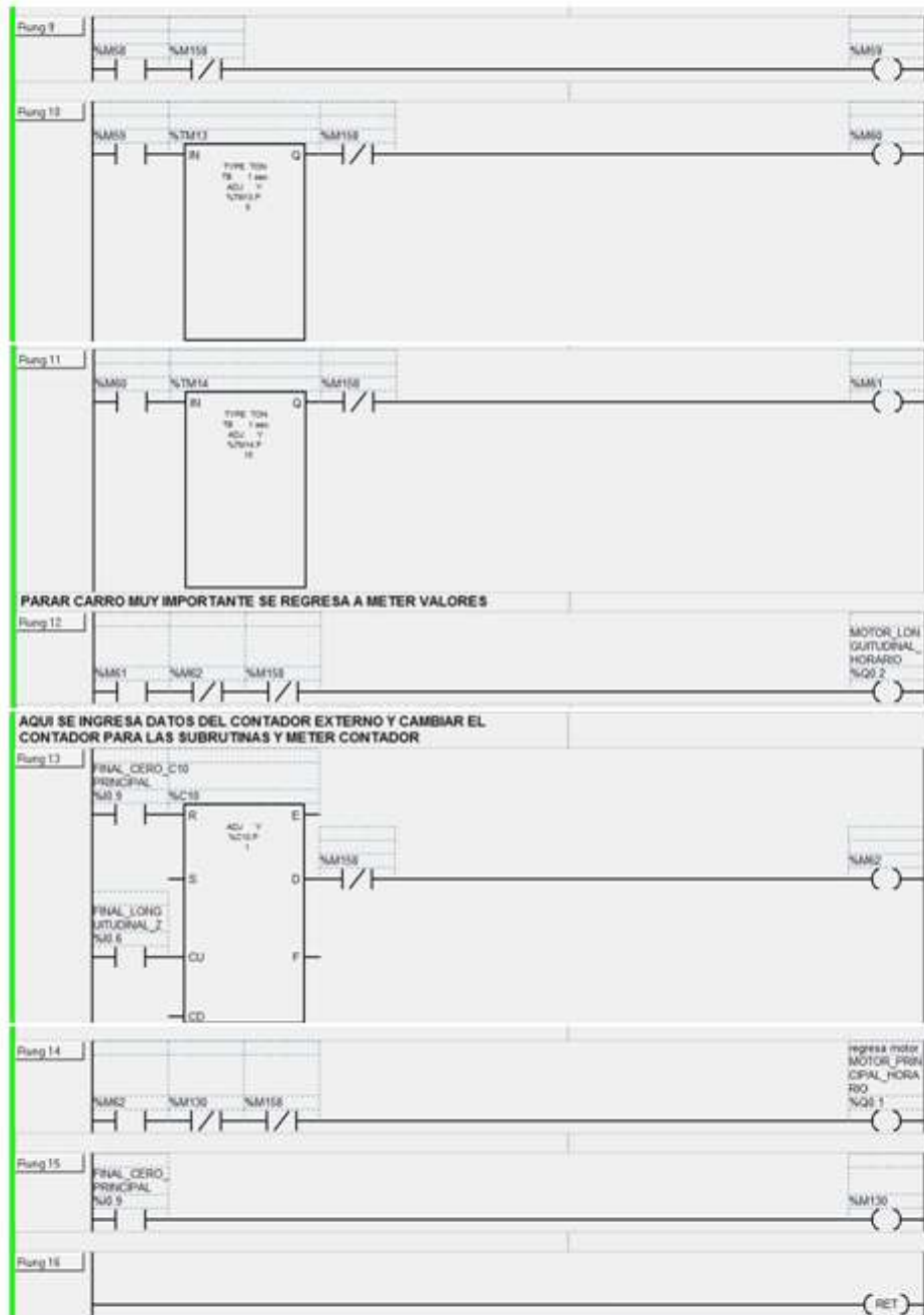


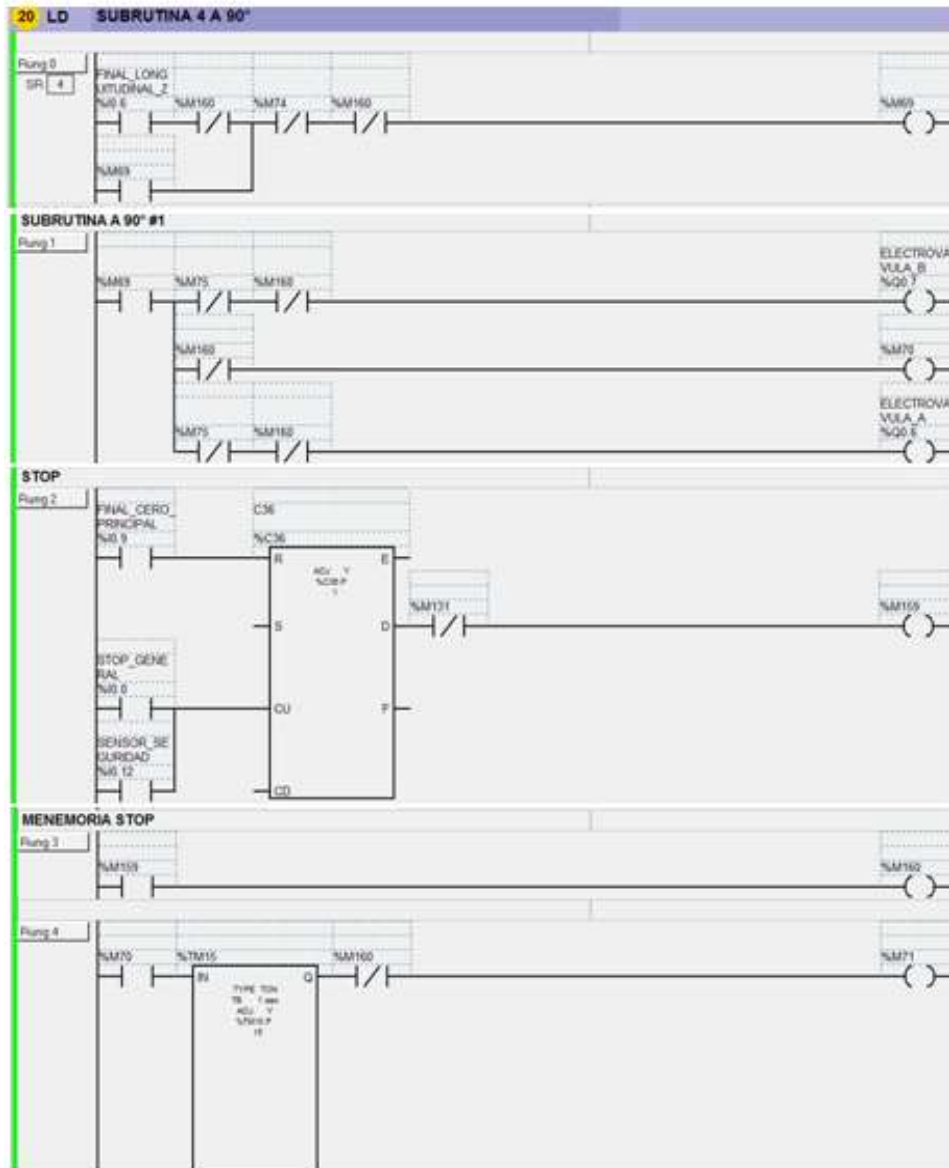


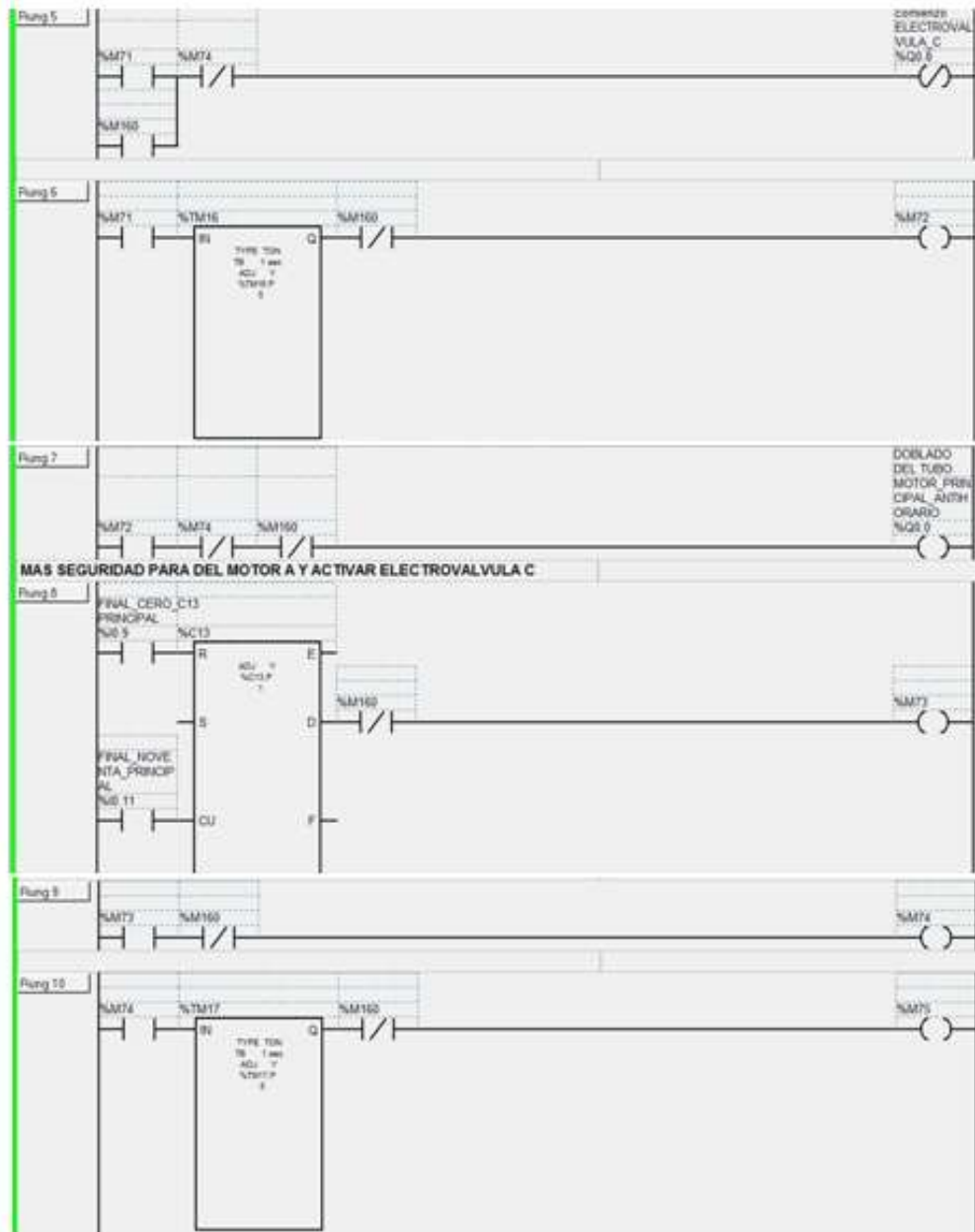


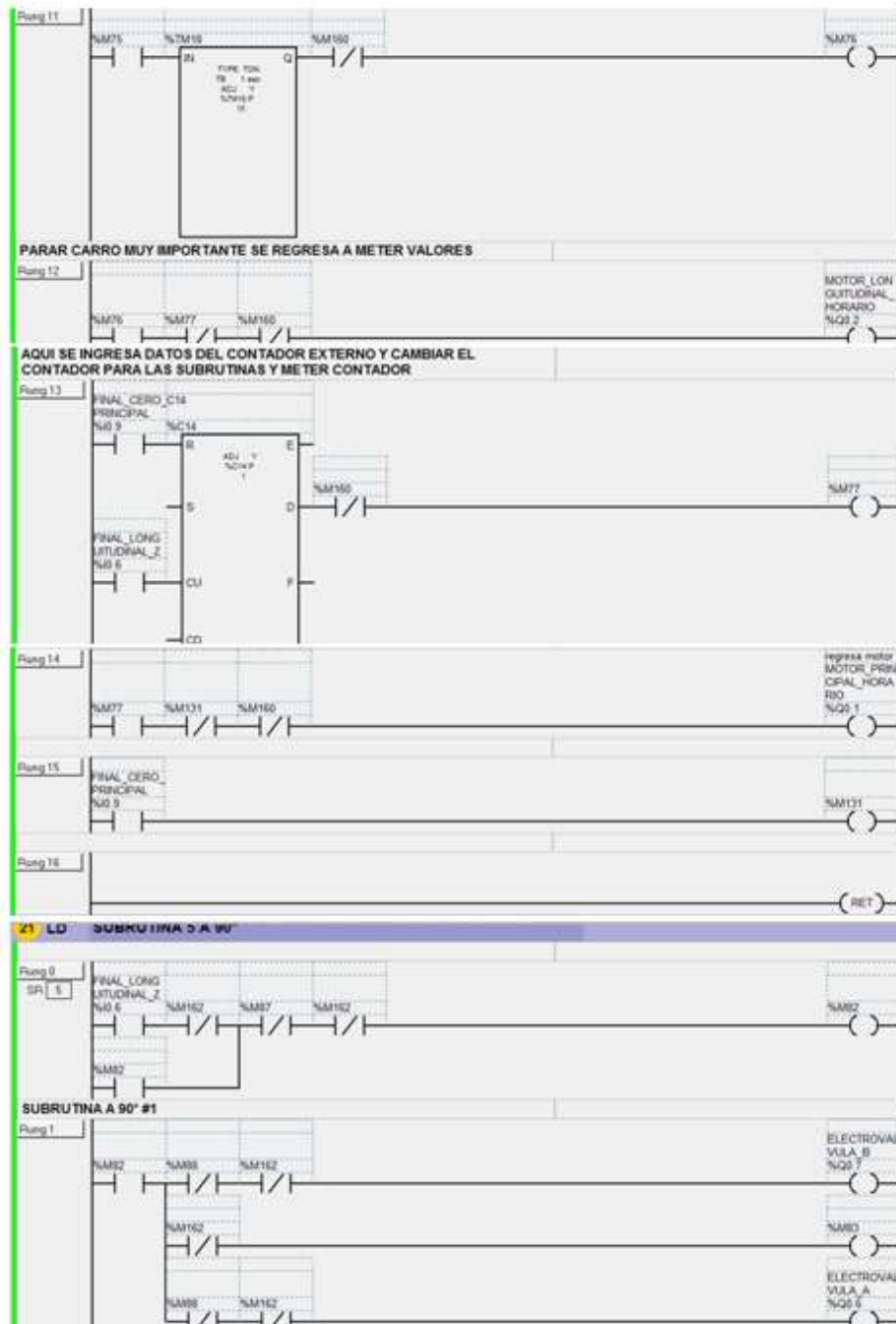


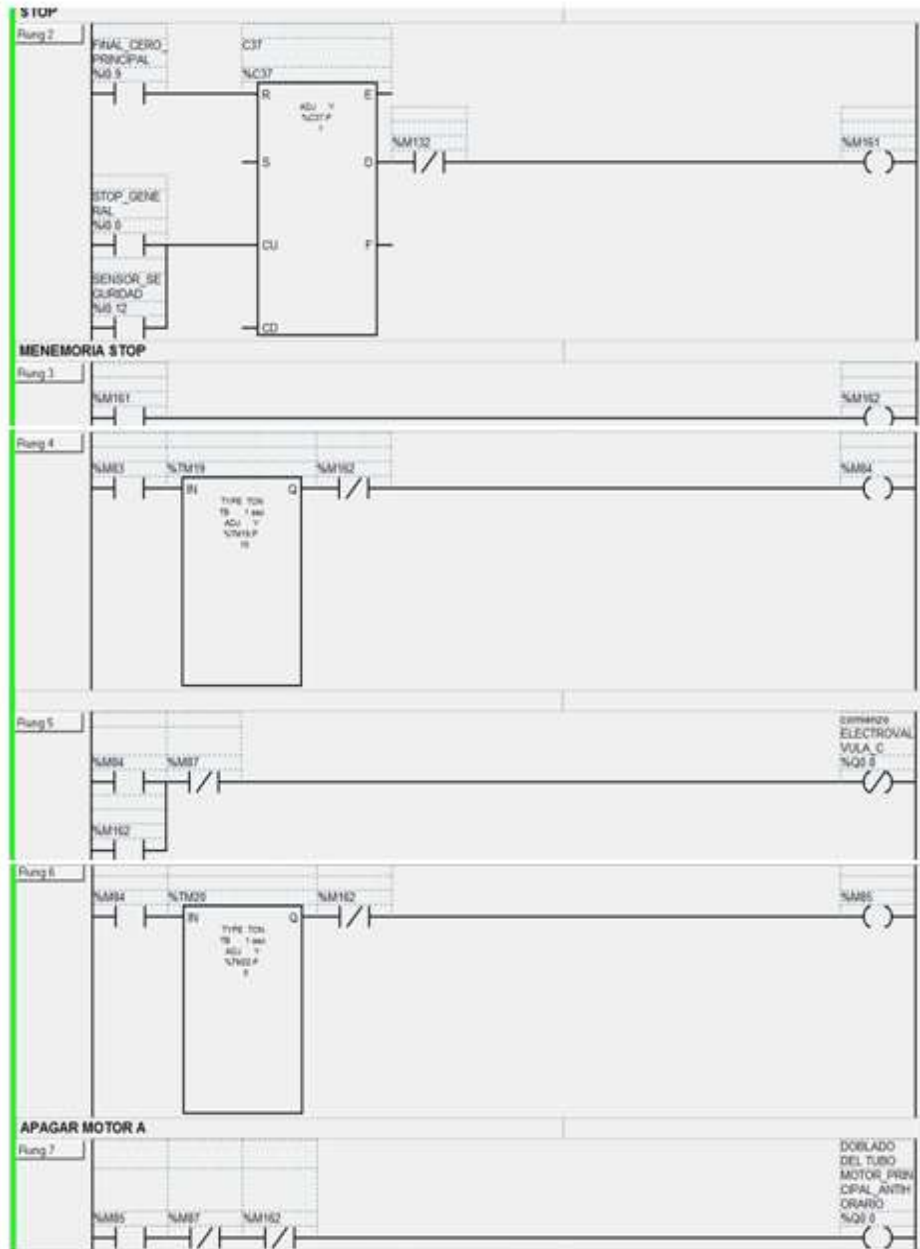


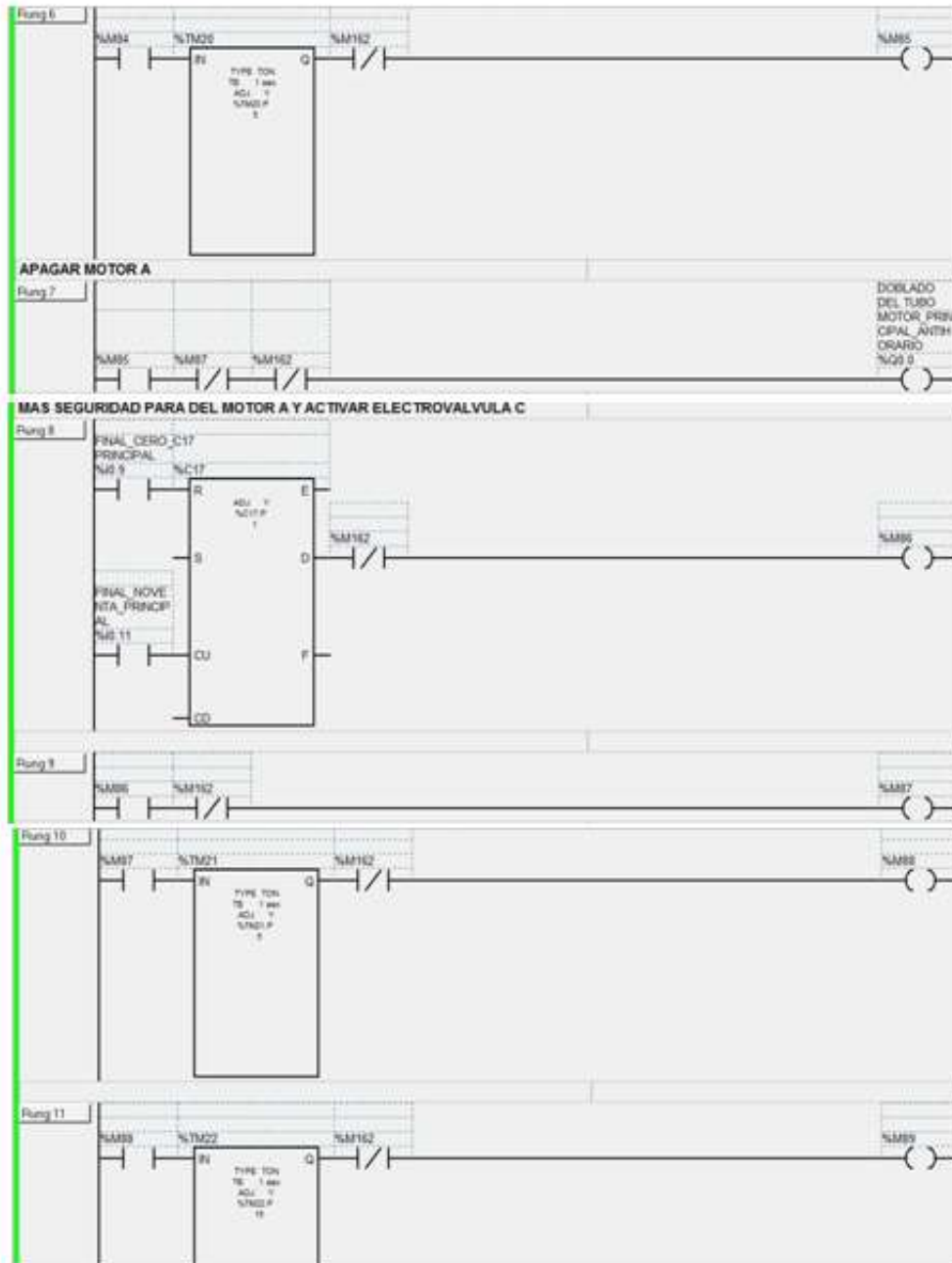


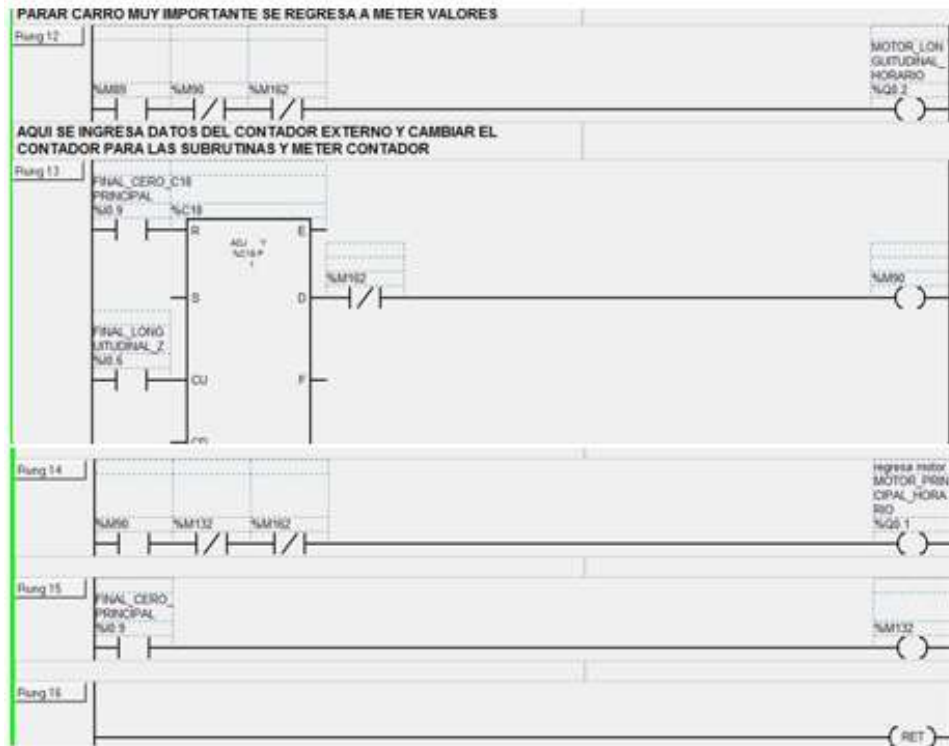














# ANEXO F

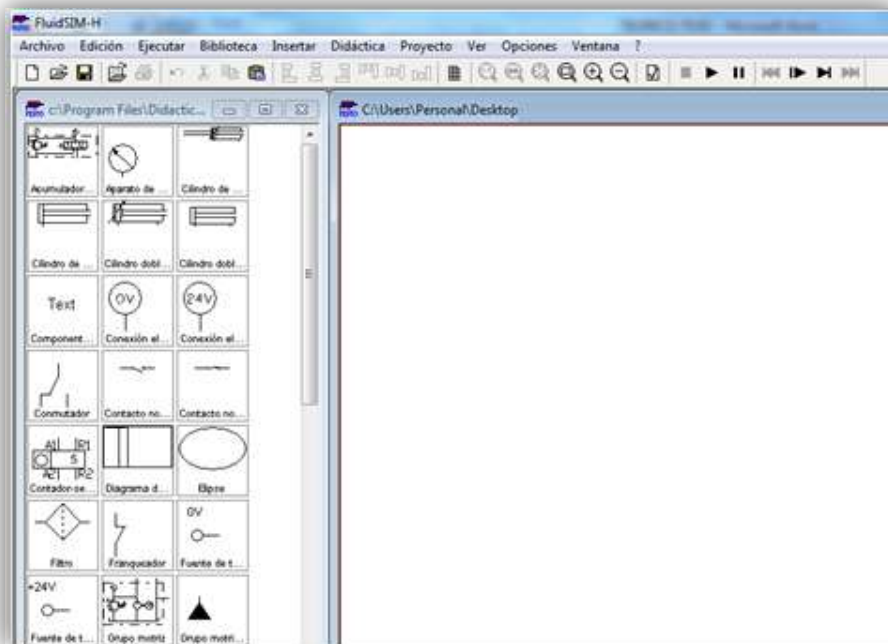
FESTO FLUIDSIM

NEUMÁTIC

Es un software relativamente amigable para el usuario, en su ventana principal podemos encontrar facilmente todos los elementos que necesitamos para el diseño y simulación de nuestro sistema hidroneumático.

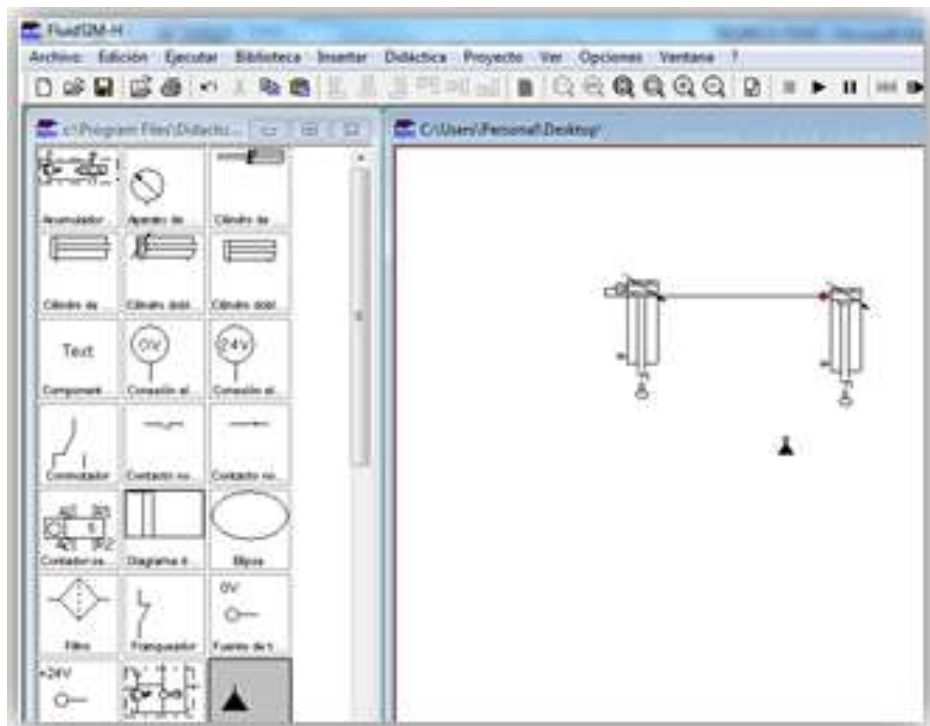


**Figura F1.1** Acceso directo a FESTO FuidSIM Neumatic.



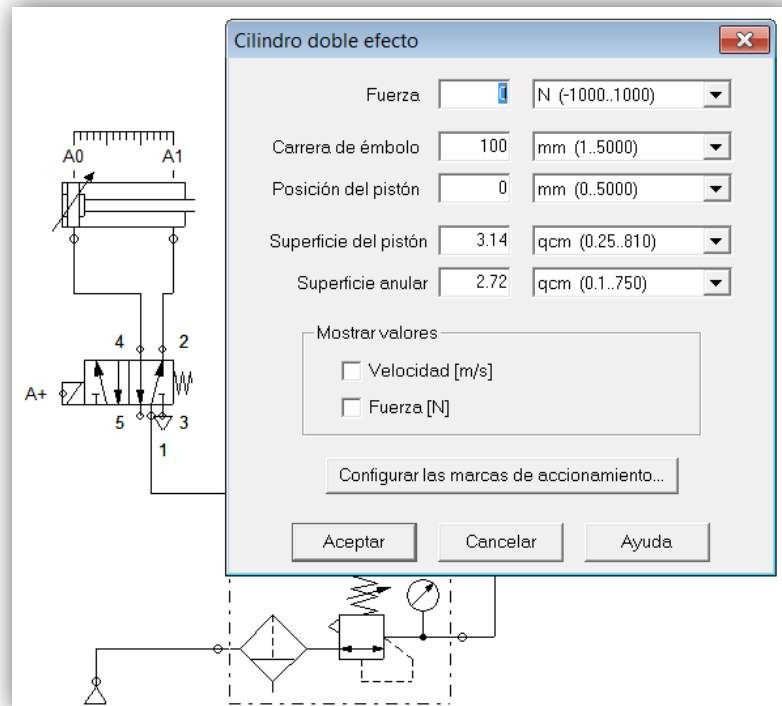
**Figura F1.2** Ventana Principal de FESTO FluidSIM Neumatic.

Primero se identifican cada uno de los elementos requeridos para el sistema dentro de la ventana de elementos, se da un clic sobre el elemento y se lo arrastra hacia la ventana principal del programa, ya en la ventana principal se pueden conectar los elementos necesarios.



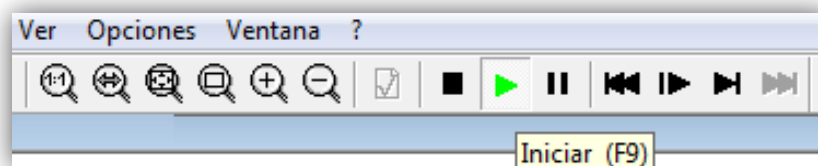
**Figura F1.3** Creación de elementos en FESTO FluidSIM Neumatic.

Seleccionados los elementos con doble clic se puede acceder a la configuración de cada uno de ellos y pueden ser modificables.



**Figura F1.4** Ventana de configuración de elementos.

Para la simulación del circuito hidroneumático se presiona F9, o se selecciona el play desde la barra principal, además de que se encuentran otras opciones como la de ejecutar paso a paso.



**Figura F1.5** Botón para iniciar simulación del programa.

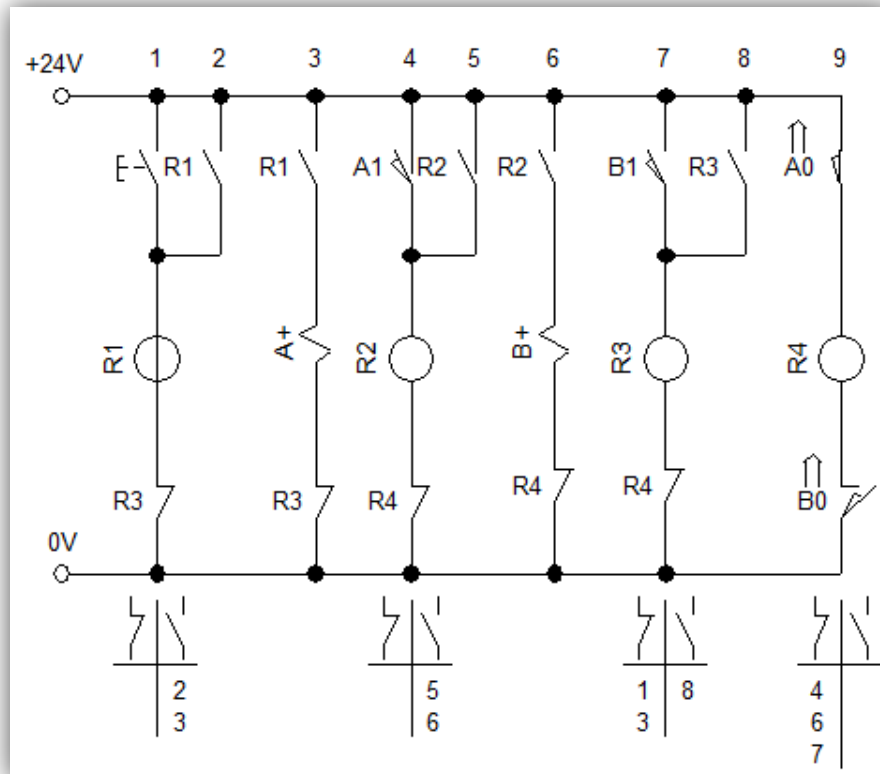
# **ANEXO G**

**CIRCUITO DE**

**CONTROL DEL**

**SISTEMA NEUMÁTICO**

Debido a la necesidad de una simulación que ilustre de forma clara el proceso de sujeción del tubo, el circuito de control del sistema neumático implementado en la curvadora de tubo se lo diseñó con la ayuda del software FESTO FluidSIM NEUMATIC.



**Figura G1.1** Circuito de control del sistema neumático.

Donde:

**A+**: Empuje del cilindro 1.

**B+**: Empuje del cilindro 2.

# **ANEXO H**

## **PLANO ELÉCTRICO**

# **ANEXO I**

## **PLANOS MECÁNICOS**



# **ANEXO J**

**MANUAL DE  
OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO**



## **CARROCERÍAS CENTAURO**

# **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

### **CURVADORA DE TUBO RACBVQ HR02**

#### **RESPONSABLES:**

Bustillos Moreno Cristian Rafael  
Quillupangui Tipán José Vladimir

LATACUNGA – ECUADOR

Dirección: Sector San Gerardo – Parroquia 11 de Noviembre.

**CONTENIDO:****Especificaciones Técnicas:**

- Límites de funcionamiento.
- Partes y medidas de la máquina.
- Características generales.

**Información general y seguridad:**

- Introducción.
- Precauciones durante la operación de la máquina.

**Parámetros de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02:**

- Descripción.

**Modos de operación de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02:**

- Mando semiautomático.
- Mando automático.

**Mantenimiento:**

- Introducción.
- Cuadro de mantenimiento.

**Plan de Mantenimiento para cada sistema de la máquina:****Análisis de averías:**

- Síntoma o falla.
- Posible causa.
- Corrección de la falla.

**Especificaciones Técnicas:**

- Límites de funcionamiento:

PRESIÓN	Min.	Máx.	Unid.
PRESIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO	60	80	psi
PRESIÓN DURANTE EL CURVADO	60	80	psi

- Partes y medidas de la máquina:

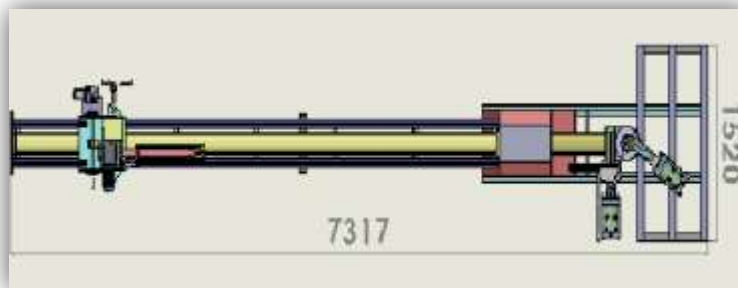


**Figura 1.-** Curvadora de tubo RACBVQ HR02.

➤ **Medidas de la máquina:**

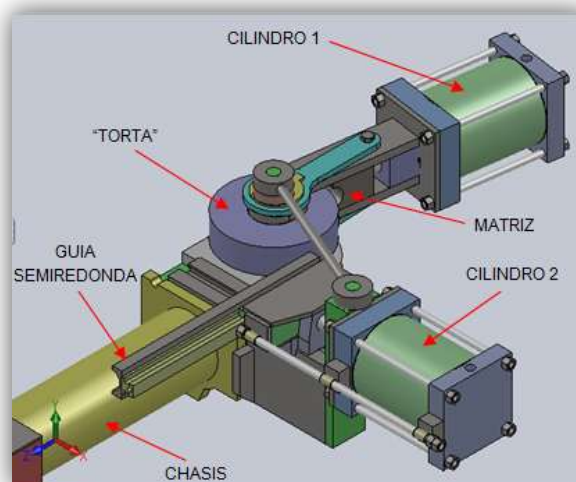
Las medidas de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02 que son tomadas en cuenta para su ubicación son:

- ✓ Largo = 7317 mm.
- ✓ Ancho = 1520 mm.



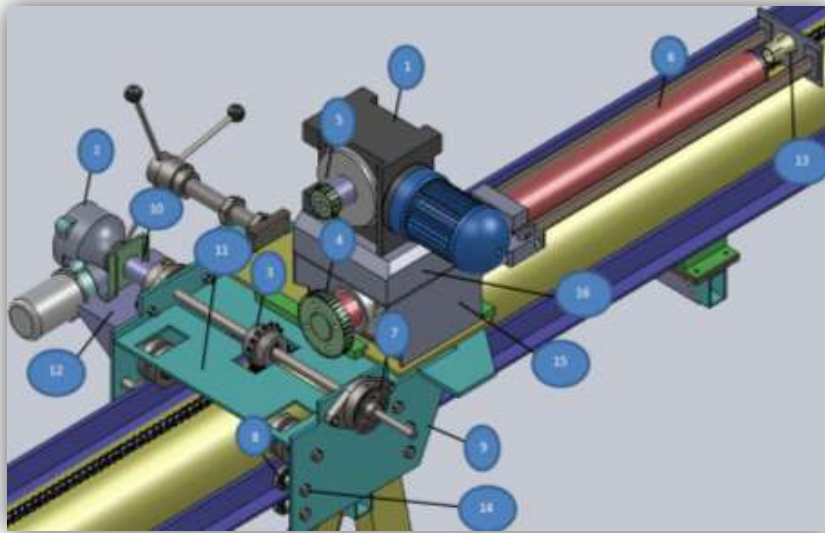
**Figura 2.-** Vista superior curvadora de tubo RACBVQ HR02.

➤ **Partes del sistema de sujeción del tubo mediante cilindros neumáticos:**



**Figura 3.-** Sistema de sujeción rediseñado.

➤ Partes del carro posicionador automático:



**Figura 4.-** Partes carro posicionador.

1. Motorreductor C.
2. Motorreductor B.
3. Conjunto eje – catalina.
4. Rueda 83 dientes.
5. Piñón 38 dientes.
6. Cañón.
7. Chumacera de pared  $\frac{3}{4}$ .
8. Rodamientos.
9. Placa lateral A36 (8 mm).
10. Matrimonio.
11. Placa A36 (8 mm).
12. Base motorreductor B (Placa 6 mm - A36).
13. Boquilla
14. Pernos M8.
15. Placa A36 (6 mm).
16. Base motorreductor C (Tubo estructural 50 x 50 x 2 mm).

- **Características generales:**

**Tabla 1.-** Características generales.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Marca	Margua
Serie	RACBVQ HR02
Tensión motor principal (A)	220 Vca
Tensión motorreductor (B)	12 Vcc
Tensión motorreductor (C)	220 Vca
Potencia motor principal (A)	5.5 Hp
Potencia motorreductor (B)	¼ Hp
Potencia motorreductor (C)	¼ Hp
Tipo de fluido	Aire comprimido
Material	Tubo estructural

### **Información general y seguridad**

- **Introducción:**

En este manual el funcionamiento se ha redactado las especificaciones técnicas así como las instrucciones para la puesta en marcha y el funcionamiento eficaz de la curvadora de tubo RACBVQ HR02.

- **Precauciones durante la operación de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02:**

1. Verifique que la toma de alimentación trifásica sea la asignada al ÁREA DE CURVADO DE TUBERÍA, la secuencia de fases es importante en el proceso de curvado.
2. Realizar la limpieza respectiva alrededor de la máquina con el fin de evitar posibles accidentes.
3. Utilice el respectivo equipo de protección personal, es decir guantes, overol, tapones auditivos y zapatos punta de acero.
4. Ponga atención a las medidas de seguridad vigentes en el ÁREA DE CURVADO DE TUBERÍA.
5. El operador debe estar muy atento cuando la persona retire el producto terminado, debido a que un descuido puede causar un atrapamiento de manos en la matriz semiredonda.
6. Al realizar el mantenimiento preventivo o cambio de torta (para diferente diámetro de tubo estructural), se debe cerciorar que la máquina esté desconectada, con ello se minimiza un posible encendido y posterior atrapamiento del operador.
7. Asegúrese que las guías tipo T estén limpias; aquello garantiza el correcto desplazamiento y funcionamiento del carro posicionador, de no ser así la máquina entraría en FALLA.
8. Mantenga a los visitantes fuera del radio de curvado con el fin de evitar atrapamientos. El torque del motor principal (A) puede causar graves lesiones en la persona.
9. Utilice el adecuado equipo de izaje para transportar la máquina.
10. No opere la máquina si se encuentra defectuosa, remítase al presente manual y/o contáctese con las personas encargadas del proyecto.



**Parámetros y ciclo de trabajo de la Curvadora de tubo RACBVQ  
HR02****• Parámetros:**

A continuación se enlistan los parámetros más relevantes a considerarse antes de poner en funcionamiento la Curvadora de tubo RACBVQ HR02.

- Verificar que la toma trifásica sea la asignada al **ÁREA DE CURVADO DE TUBERÍA**.
- Verificar que la plataforma de giro esté libre de obstáculos.
- Verificar que la guía tipo T esté limpia y libre de obstáculos.
- Verificar que el manómetro de la unidad de mantenimiento marque 70 psi.
- Verificar posibles fugas en el sistema neumático.
- Verificar la correcta alineación del tubo a ser procesado respecto de la matriz semiredonda.

**• Ciclo de Trabajo de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02:**

- Se realiza el seteo de la presión (70 psi) en la unidad de mantenimiento.
- Se introduce al tubo en forma manual dentro de la boquilla y la matriz semiredonda.
- En el tablero de mando se selecciona la opción automático (perfiles de asiento), semiautomático (curvado de tubería).
- Para la opción “automático” se oprime el botón del tipo de proceso que se desee realizar es decir “espaldar – sentadera” o “conjunto asiento”.
- Se extrae el producto terminado y se inicia un nuevo ciclo.

**Modos de operación de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02**

Los modos de operación de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02 son: Mando semiautomático y Mando automático.

- **Mando Semiautomático:**

El mando semiautomático permite el curvado de tubería en el rango de 0<sup>0</sup> hasta 180<sup>0</sup> según la necesidad del operador, para ello se deben seguir las siguientes instrucciones:

1. Conectar la máquina en la toma trifásica asignada al **ÁREA DE CURVADO DE TUBERÍA**.
2. Setar el ángulo requerido en el tambor de levas ubicado en la parte baja de la “torta”, utilice siempre la segunda o tercera leva contando de arriba hacia abajo, debido a que la primera leva es utilizada para la posición cero de la máquina.
3. Colocar el tubo a ser procesado dentro de la matriz semiredonda.
4. Seleccionar la opción “SEMIAUTOMÁTICO” en el tablero de mando.
5. Después de segundos, la máquina actúa sola.

**NOTAS:**

- La Curvadora de tubo RACBVQ HR02 puede curvar tubería estructural redonda de hasta 50 mm de diámetro, para ello sólo se requiere un cambio de “torta”.
- Si se produce un fallo en la máquina presione el botón **PARO DE EMERGENCIA**, luego presione el mismo botón dos veces y en contados segundos la máquina regresará a la posición cero.

- **Mando Automático:**

El mando automático es la automatización del proceso de elaboración de perfiles de asientos, para ello se utilizó un PLC TWDLCAA24DRF de la marca Telemecanique.

A continuación se enlistan las instrucciones para la elaboración automática de perfiles de asientos:

1. Conectar la máquina en la toma trifásica asignada al **ÁREA DE CURVADO DE TUBERÍA**.
2. Setar la segunda y tercera leva (contando de arriba hacia abajo) a  $15^0$  y  $90^0$  respectivamente.
3. Verificar el seteo a  $0^0$  y  $90^0$  del tambor pequeño (carro posicionador).
4. Introducir el tubo dentro de la boquilla y la matriz semiredonda
5. Seleccionar la opción “AUTOMÁTICO” en el tablero de mando.
6. Seleccionar el tipo de proceso a realizarse: “conjunto espaldar – asiento” o “conjunto asiento”, pulsar el respectivo botón.
7. Se retira el producto terminado y luego se inicia con un nuevo ciclo.

**NOTA:**

- La Curvadora de tubo RACBVQ HR02 puede curvar tubería estructural redonda de hasta 1 pulgada de diámetro en forma automática, debido a que el diseño se lo realizó bajo el mencionado parámetro.
- Si se produce un fallo en la máquina presione el botón PARO DE EMERGENCIA, luego presione el mismo botón dos veces y en contados segundos la máquina regresará a la posición cero.

## Mantenimiento

- **Introducción:**

El mantenimiento de cualquier equipo incluye normalmente limpieza, lubricación, ajuste, reparación, cambio de elementos utilizando el concepto de vida útil, reparaciones propias pero programadas y seguridad. También hay que recordar que el mantenimiento se encuentra estrechamente relacionado con la constante vigilancia de los equipos, la calidad del producto, la productividad y el control de la contaminación.

- **Cuadro de mantenimiento:**

- Características del cuadro de mantenimiento:

1. Permite visualizar las actividades de mantenimiento en un período determinado (mantenimiento preventivo).
2. Permite realizar un seguimiento secuencial.
3. La secuencia puede ser diaria, semanal, mensual, trimestral y anual.
4. Es una buena referencia para que el personal a cargo del mantenimiento realice las actividades detalladas en un cuadro de mantenimiento.

- Detalles del cuadro de mantenimiento:

- a) Tarea.

Descripción del trabajo a realizar.

- b) Frecuencia.

Es el período en el que se hace una actividad puntual.

**Plan de mantenimiento para cada sistema de la máquina**

<b>SISTEMA MECÁNICO</b>			
<b>TAREA PROPUESTA</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Limpieza	Diaria	Operador	Ninguna
Control alineación del tubo	Diaria	Operador	Ninguna
Inspección de rodamientos (carro posicionador)	Mensual	Operador	Hoja de mantenimiento
Apriete de pernos (Placas laterales del carro posicionador)	Mensual	Operador	Ninguna
Engrasado de partes mecánicas	Trimestral	Operador	Ninguna
Verificar tensionado de la banda (Motorreductor C)	Trimestral	Operador	Ninguna
Verificar nivel de aceite	Trimestral	Operador	Ninguna
Reajuste de todo el sistema mecánico	Anual	Operador	Ninguna
Cambio de aceite	Anual	Operador	Ninguna
Engrasado del árbol de transmisión	Anual	Operador	Ninguna

**SISTEMA NEUMÁTICO**

<b>TAREA PROPUESTA</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Limpieza	Diaria	Operador	Ninguna
Verificar presión	Diaria	Operador	Ninguna
Inspección de posibles fugas	Mensual	Operador	Ninguna
Apriete de pernos (Placas laterales cilindros)	Trimestral	Operador	Ninguna
Purgar la unidad de mantenimiento	Trimestral	Operador	Hoja de procedimiento
Limpieza de filtros (unidad de mantenimiento)	Semestral	Operado	Hoja de procedimiento
Cambio de O – rings (Cilindros grandes)	Anual	Operador	Ninguna

**SISTEMA ELÉCTRICO**

<b>TAREA PROPUESTA</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Inspección del cableado	Mensual	Operador	Ninguna
Limpieza del tablero de control	Trimestral	Operador	Ninguna
Mantenimiento en motores y electroválvulas	Anual	Operador	Hoja de procedimiento
Pruebas de limit switchs	Anual	Técnico	Ninguna
Prueba del PLC	Anual	Técnico	Ninguna

**Análisis de averías**

SINTOMA O FALLA	POSIBLE CAUSA	CARRECCIÓN DE LA FALLA
LA CURVADORA DE TUBO RACBVQ HR02 NO FUNCIONA	Toma de alimentación trifásica desconectada	Conectar en la toma asignada al área de curvado de tubería
	Fusibles de protección quemados	Reemplazarlos por nuevos
	Contactores no funcionan	Verificar voltajes en bobinas o reemplazarlos
	Selector o pulsadores dañados	Reemplazarlos por nuevos
	Terminales del PLC flojos	Reajustar los terminales
	Programa de control borrado	Cargar el programa al PLC
	Motorreductor "B" no funciona	Reemplazar el puente rectificador

**MANTENIMIENTO DE LIMIT SWITCHS****TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMIENTO****1. ALCANCE**

Presentar la información necesaria para efectuar el mantenimiento de cada 365 días de los limit switchs existentes en la Curvadora de tubo RACBVQ HR02.

El alcance del procedimiento también comprende la descripción de las instrucciones generales de seguridad y recomendaciones.

**2. OBJETIVOS**

- Garantizar la operatividad del equipo al 100 %.
- Permitir una operación confiable y segura.
- Realizar el mantenimiento de los limit switchs, en forma segura y eficiente.
- Familiarizar al personal con el procedimiento y las comprobaciones que se deben realizar.
- Cumplir con los programas de mantenimiento de la Gerencia de O&M.
- Cumplir con las normas de seguridad industrial, control ambiental y salud.

**3. DEFINICIONES**

N/A

**4. RESPONSABILIDADES**

El jefe de mantenimiento es el responsable de asegurar que todos los trabajos de mantenimiento, inspección e instalación sean llevados a cabo por personal autorizado, debidamente calificado, que estén completamente familiarizados con estas instrucciones de operación y/o mantenimiento y que el personal que realiza las tareas conozca el presente procedimiento.

**5. DESCRIPCIÓN**

Previo a realizar el trabajo se realizará una reunión para determinar y acordar el alcance de la labor, realizando un cronograma para determinar el tiempo de cada actividad evaluando la necesidad de equipo, herramientas en general y personal. El cronograma debe incluir:



- Elaboración del permiso de trabajo,
- Preparación y aislamiento del sitio de trabajo.
- Ubicación de equipos.
- Charla de seguridad.
- Limpieza.
- Pruebas y ajustes.
- Puesta en servicio.

### 5.1. PROCEDIMIENTO DE 365 DIAS.

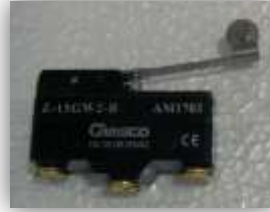
En términos generales los limits switches requieren muy poco mantenimiento rutinario, sin embargo, se recomienda como mínimo que se realicen las siguientes comprobaciones durante los tiempos de parada normales de la máquina, en caso de hallar daño alguno, solo deberán instalarse piezas originales del equipo fabricado. De acuerdo al limit switch que se disponga realice lo siguiente:

- **INTERRUPCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN AL EQUIPO**

Interrumpa la alimentación al lazo del limit switch cortando la energía desde la toma trifásica dispuesta en el área de curvado, compruebe que no exista voltaje.

- **RECINTO Y TAPAS**

- ✓ Verifique que todo el equipo esté ubicado correctamente y con seguridad.
- ✓ Realice la limpieza externa de la caja del switch, use agentes que no ataquen la superficie.
- ✓ Inspeccione el sello de la caja por si estuvieran dañados, para evitar la acumulación de humedad. Repare o cambie según proceda.
- ✓ Compruebe que todas las tapas del equipo y las etiquetas de aviso están colocadas y seguras. Cámbielas si fuera necesario.
- ✓ Lubrique el rodillo y verifique que la leva tenga un libre movimiento.
- ✓ Verifique que el micro switch actúe al mover la leva.
- ✓ Inspeccione todo el cableado eléctrico y compruebe que todas las conexiones eléctricas están en buenas condiciones. Con un destornillador apriete las conexiones si fuera necesario, asegure de aplicar el torque necesario, no exceda los 0.9 N.m (8 in-lb) en cada terminal.



**Figura 1.** Limit Switch.

- **PRUEBA DE LAZO**

- ✓ Conecte la toma trifásica dispuesta en el área de curvado.
- ✓ Realice el movimiento de la leva y verifique en el PLC su cambio de estado.

- **Herramientas a utilizar:**

- ✓ Multímetro / Accesorios (cables.)
- ✓ Kit de limpieza
- ✓ Juego de llaves mixtas.
- ✓ Destornillador plano
- ✓ Cepillo de cerdas finas

## 5.2. LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Acciones de planificación previa:

- Previo el inicio de los trabajos se debe realizar un reconocimiento de los riesgos ambientales y de seguridad industrial asociados con la tarea a ejecutarse.
- El área de trabajo debe ser delimitada y en la misma solo debe participar el personal involucrado y autorizado en el trabajo.

Acciones durante y post ejecución de trabajos.

- La generación de desechos durante la operación deberá ser controlada de acuerdo al Plan de Manejo de Desechos.
- PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE. Usar facilidades de desechos de residuos autorizados, recoger todos los trapos, estopa, etc. Utilizados en las tareas de mantenimiento y disponerlos en los recipientes marcados para ellos.

Actividades adicionales a tener en cuenta.

- Verificación de sistemas de comunicación. (todos los disponibles)  
Otras que puedan presentarse en la ejecución del trabajo y que serán observadas por el supervisor S&SO.

## PANORAMA DE RIESGOS

Descripción por tareas	Peligro	Consecuencia	Criticidad	Mitigación
Comprobar la existencia de tensión	Sistemas energizados /Area clasificada	Lesiones personales Explosión, incendio	B	Uso de EPP / Seguir procedimiento
Desconectar cables de la bornera	Sistemas energizados /Errores al volver a conectar	Daño al equipo, mal funcionamiento / cortocircuito.	B	Uso de EPP / Marcar cables y posiciones
limpieza externa de la caja del switch	Equipo energizado/ proyección de partículas / Superficies lisas o irregulares.	Lesiones personales, electrocución/Caídas a nivel.	B	Aislar desde el MCC, Uso de EPP.
Inspeccionar todo el cableado eléctrico	Sistemas energizados / Terminales flojos o dañados/Superficies lisas o irregulares.	Mal funcionamiento / Caídas a nivel.	B	Uso de EPP / Aplicar torque indicado Usar herramienta adecuada

**MANTENIMIENTO DEL REGULADOR DE PRESIÓN****TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMIENTO****1. ALCANCE**

Presentar la información necesaria para efectuar el mantenimiento trimestral del regulador de presión dispuesto en el sistema neumático de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02.

El alcance del procedimiento también comprende la descripción de las instrucciones generales de seguridad y recomendaciones.

**2. OBJETIVOS**

- Garantizar la operatividad del equipo al 100 %.
- Describir un procedimiento seguro a seguir en la operación de inspección y limpieza de los filtros dispuestos en el regulador de presión.
- Realizar el aislamiento positivo para las líneas que conducen el fluido (aire) hacia el regulador de presión, evitando de esta manera irregularidades en la operación y presión de entada
- Cumplir con los programas de mantenimiento de la Gerencia de O&M.
- Cumplir con las normas de seguridad industrial, control ambiental y salud.

**3. DEFINICIONES**

N/A

**4. RESPONSABILIDADES**

El jefe de mantenimiento es el responsable de asegurar que todos los trabajos de mantenimiento, inspección e instalación sean llevados a cabo por personal autorizado, debidamente calificado, que estén completamente familiarizados con estas instrucciones de operación y/o mantenimiento y que el personal que realiza las tareas conozca el presente procedimiento.

**5. DESCRIPCIÓN**

Previo a realizar el trabajo se realizará una reunión para determinar y acordar el alcance de la labor, realizando un cronograma para determinar el tiempo de cada actividad evaluando la necesidad de equipo, herramientas en general y personal. El cronograma debe incluir:

- Elaboración del permiso de trabajo,
- Preparación y aislamiento del sitio de trabajo.
- Ubicación de equipos.
- Charla de seguridad.
- Limpieza.
- Pruebas y ajustes.
- Puesta en servicio.

### 5. 1 PROCEDIMIENTO TRIMESTRAL.

Un regulador de presión requiere de un mantenimiento programado, sin embargo, se recomienda como mínimo que se realicen las siguientes comprobaciones durante los tiempos de parada normales de la máquina, en caso de hallar daño alguno existe la facilidad de reemplazar elementos con otros similares. Antes del mantenimiento programado realice lo siguiente:

- **INTERRUPCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE AIRE AL EQUIPO.**

Interrumpa la alimentación de aire hacia el equipo cerrando la válvula ubicada en el compresor de la empresa.

- **ETAPAS**

- ✓ Cerciórese de que la válvula de la línea de aire del compresor esté cerrada.
- ✓ Abra la válvula de drenaje lentamente y compruebe que la presión dentro del filtro es cero.
- ✓ Verifique la limpieza en el filtro de aire y en los alojamientos del mismo.
- ✓ Verifique que las conexiones y demás elementos neumáticos estén en buenas condiciones.



Figura 1. Regulador de presión.

- **Herramientas a utilizar:**

- ✓ Kit de limpieza
- ✓ Juego de llaves mixtas.
- ✓ Destornillador tipo estrella.
- ✓ Cepillo de cerdas finas.

## 5.2. LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Los trabajos en general se efectuaran cumpliendo las indicaciones y procedimientos de permisos de trabajo.

Acciones de planificación previa:

- Previo el inicio de los trabajos se debe realizar un reconocimiento de los riesgos ambientales y de seguridad industrial asociados con la tarea a ejecutarse.
- El área de trabajo debe ser delimitada y en la misma solo debe participar el personal involucrado y autorizado en el trabajo.

Acciones durante y post ejecución de trabajos.

- El supervisor S&SO debe verificar las condiciones escritas en el permiso de trabajo.
- La generación de desechos durante la operación deberá ser controlada de acuerdo al Plan de Manejo de Desechos.
- PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE. Usar facilidades de desechos de residuos autorizados, recoger todos los trapos, estopa, etc. Utilizados en las tareas de mantenimiento y disponerlos en los recipientes marcados para ellos.

Actividades adicionales a tener en cuenta.

- Verificación de sistemas de comunicación. (todos los disponibles)  
Otras que puedan presentarse en la ejecución del trabajo y que serán observadas por el supervisor S&SO.

## PANORAMA DE RIESGOS

Descripción por Tareas	Peligro	Consecuencia	Criticidad	Mitigación
Definir el equipo a intervenir. Identifique las líneas de entrada y salida y el tipo de fluido, así como los parámetros operacionales	Identificación errónea de las líneas, documentación desactualizada	Manipulación de sistemas no involucrados	<b>A</b>	Inducción a personal involucrado".
Cierre y Apertura de válvulas	Sistemas presurizados / Posturas y movimientos forzados / Superficies lisas o irregulares	Lesiones personales/ caídas a nivel / fatiga.	<b>B</b>	Adoptar posición adecuada para manipulación de válvulas / Uso de EPP. Colo cartarjetas y candados en cada aislamiento.
Drenaje y despresurización del sistema.	Sistemas presurizados / Posturas y movimientos forzados / Superficies lisas o irregulares	Lesiones personales/ caídas a nivel.	<b>B</b>	Adoptar posición adecuada para manipulación de válvulas / Uso de EPP. Monitoreo de TK-sumidero.
Retorno de condiciones operativas normales. Alineación de válvulas.	Sistemas presurizados / Superficies lisas e irregulares / Sobre esfuerzo.	Lesiones personales / Derrames / Contaminación.	<b>B</b>	Uso de EPP / Monitores de las condiciones normales de operación y comportamiento del sistema de drenaje

**MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS****TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMIENTO****1. ALCANCE**

Presentar la información necesaria para efectuar el mantenimiento anual de los motores eléctricos dispuestos en la Curvadora de tubo RACBVQ HR02.

El alcance del procedimiento también comprende la descripción de las instrucciones generales de seguridad y recomendaciones.

**2. OBJETIVOS**

- Garantizar la operatividad del equipo al 100 %.
- Describir un procedimiento seguro a seguir en la operación de inspección y posterior megado de bobinas.
- Realizar el aislamiento de las líneas de alimentación hacia el motor evitando de esta manera irregularidades en la operación de mantenimiento.
- Cumplir con los programas de mantenimiento de la Gerencia de O&M.
- Cumplir con las normas de seguridad industrial, control ambiental y salud.

**3. DEFINICIONES**

N/A

**4. RESPONSABILIDADES**

El jefe de mantenimiento es el responsable de asegurar que todos los trabajos de mantenimiento, inspección e instalación sean llevados a cabo por personal autorizado, debidamente calificado, que estén completamente familiarizados con estas instrucciones de operación y/o mantenimiento y que el personal que realiza las tareas conozca el presente procedimiento.

**5. DESCRIPCIÓN**

Previo a realizar el trabajo se realizará una reunión para determinar y acordar el alcance de la labor, realizando un cronograma para determinar el tiempo de cada actividad evaluando la necesidad de equipo, herramientas en general y personal. El cronograma debe incluir:



- Elaboración del permiso de trabajo,
- Preparación y aislamiento del sitio de trabajo.
- Ubicación de equipos.
- Charla de seguridad.
- Limpieza.
- Pruebas y ajustes.
- Puesta en servicio.

### 5. 1 PROCEDIMIENTO A LOS 365 DIAS.

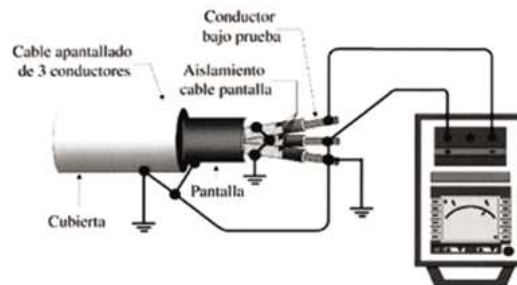
Un motor eléctrico requiere de un mantenimiento programado, sin embargo, se recomienda como mínimo que se realicen las siguientes comprobaciones durante los tiempos de parada normales de la máquina, en caso de hallar daño alguno ya sea a causa de pérdida de fases y/o ruidos extraños se debe realizar los siguiente:

- **INTERRUPCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN AL EQUIPO.**

Interrumpa la alimentación eléctrica hacia el equipo desconectando la toma trifásica de la máquina ubicada en el área de curvado.

- **ETAPAS**

- ✓ Cerciórese de que la alimentación trifásica esté desconectada.
- ✓ Abra la tapa posterior del motor y compruebe continuidad en los bobinados.
- ✓ Realice las respectivas pruebas de aislamiento por cada fase del motor.
- ✓ Mida la corriente en cada fase del motor con la ayuda de un multímetro tipo pinza (las corrientes deben ser iguales entre fases).
- ✓ Realice una limpieza tanto interior como exterior utilizando contact cleaner.



**Figura 1.** Pruebas de aislamiento eléctrico.

- **Herramientas a utilizar:**

- ✓ Kit de limpieza (Trapos, contact cleaner).
- ✓ Juego de llaves mixtas.
- ✓ Destornillador tipo estrella.
- ✓ Cepillo de cerdas finas.
- ✓ Multímetro de pinzas.
- ✓ MEGGER marca Fluke.

## **5.2. LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.**

Los trabajos en general se efectuarán cumpliendo las indicaciones y procedimientos de permisos de trabajo.

Acciones de planificación previa:

- Previo el inicio de los trabajos se debe realizar un reconocimiento de los riesgos ambientales y de seguridad industrial asociados con la tarea a ejecutarse.
- El área de trabajo debe ser delimitada y en la misma solo debe participar el personal involucrado y autorizado en el trabajo.

Acciones durante y post ejecución de trabajos.

- El supervisor S&SO debe verificar las condiciones escritas en el permiso de trabajo.
- La generación de desechos durante la operación deberá ser controlada de acuerdo al Plan de Manejo de Desechos.
- PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE. Usar facilidades de desechos de residuos autorizados, recoger todos los trapos, estopa, etc. Utilizados en las tareas de mantenimiento y disponerlos en los recipientes marcados para ellos.

Actividades adicionales a tener en cuenta.

- Verificación de sistemas de comunicación. (todos los disponibles)  
Otras que puedan presentarse en la ejecución del trabajo y que serán observadas por el supervisor S&SO.

**MANTENIMIENTO DE RODAMIENTOS****TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMIENTO****1. ALCANCE**

Presentar la información necesaria para efectuar el mantenimiento mensual de los rodamientos dispuestos en el carro posicionador de la Curvadora de tubo RACBVQ HR02.

El alcance del procedimiento también comprende la descripción de las instrucciones generales de seguridad y recomendaciones.

**2. OBJETIVOS**

- Garantizar la operatividad del equipo al 100 %.
- Describir un procedimiento seguro a seguir en la operación de inspección y posterior engrasado de rodamientos.
- Delimitar el área dispuesta para el mantenimiento de los elementos.
- Cumplir con los programas de mantenimiento de la Gerencia de O&M.
- Cumplir con las normas de seguridad industrial, control ambiental y salud.

**3. DEFINICIONES**

N/A

**4. RESPONSABILIDADES**

El jefe de mantenimiento es el responsable de asegurar que todos los trabajos de mantenimiento, inspección e instalación sean llevados a cabo por personal autorizado, debidamente calificado, que estén completamente familiarizados con estas instrucciones de operación y/o mantenimiento y que el personal que realiza las tareas conozca el presente procedimiento.

**5. DESCRIPCIÓN**

Previo a realizar el trabajo se realizará una reunión para determinar y acordar el alcance de la labor, realizando un cronograma para determinar el tiempo de cada actividad evaluando la necesidad de equipo, herramientas en general y personal. El cronograma debe incluir:

- Elaboración del permiso de trabajo.
- Preparación y aislamiento del sitio de trabajo.
- Ubicación de equipos.
- Charla de seguridad.
- Limpieza.
- Pruebas y ajustes.
- Puesta en servicio.

### 5. 1 PROCEDIMIENTO A LOS 30 DIAS.

Los rodamientos dispuestos en el carro posicionador demandan de un mantenimiento preventivo, debido a que aquellos están en constante acción, sin embargo se recomienda como mínimo que se realicen las siguientes comprobaciones durante los tiempos de parada normales de la máquina, para ello se debe realizar lo siguiente:

- **INTERRUPCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN AL EQUIPO.**

Interrumpa la alimentación eléctrica hacia el equipo desconectando la toma trifásica de la máquina ubicada en el área de curvado con el fin de evitar un posible atrapamiento de manos durante la realización del presente mantenimiento.

- **ETAPAS**

- ✓ Cerciórese de que la alimentación trifásica esté desconectada.
- ✓ Determine ruidos extraños haciendo girar los rodamientos en forma manual.
- ✓ Engrase cada uno de los rodamientos dispuestos en el carro posicionador de la máquina.
- ✓ Realice el cambio inmediato de uno o varios rodamientos según lo indique la criticidad del daño.
- ✓ Realice la limpieza respectiva a lo largo de la te de deslizamiento provista para el movimiento del carro poscionador.



- **Herramientas a utilizar:**

- ✓ Kit de limpieza (Trapos, WD 40).
- ✓ Juego de llaves mixtas.
- ✓ Cepillo de cerdas finas.
- ✓ Herramienta para engrasado.

## **5.2. LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.**

Los trabajos en general se efectuaran cumpliendo las indicaciones y procedimientos de permisos de trabajo.

Acciones de planificación previa:

- Previo el inicio de los trabajos se debe realizar un reconocimiento de los riesgos ambientales y de seguridad industrial asociados con la tarea a ejecutarse.
- El área de trabajo debe ser delimitada y en la misma solo debe participar el personal involucrado y autorizado en el trabajo.

Acciones durante y post ejecución de trabajos.

- El supervisor S&SO debe verificar las condiciones escritas en el permiso de trabajo.
- La generación de desechos durante la operación deberá ser controlada de acuerdo al Plan de Manejo de Desechos.
- PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE. Usar facilidades de desechos de residuos autorizados, recoger todos los trapos, estopa, etc. Utilizados en las tareas de mantenimiento y disponerlos en los recipientes marcados para ellos.

Actividades adicionales a tener en cuenta.

- Verificación de sistemas de comunicación. (todos los disponibles)  
Otras que puedan presentarse en la ejecución del trabajo y que serán observadas por el supervisor S&SO.



## HOJA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CURVADORA DE TUBO RACBVQ HR02

Servicio solicitado por / Requested by: \_\_\_\_\_  
 Supervisor: \_\_\_\_\_  
 Hecho por / Made by: \_\_\_\_\_

Rolando Albán  
 Patricio Gozáles  
 Cristiane Bestillos

### Mecánicos

		2012											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Item</b>	<b>Tarea / Task</b>												
M1	Inspección de rodamientos												
M2	Apretado de pernos en placas laterales												
M3	Engrasado de partes mecánicas												
M4	Verificar tensionado de la banda												
M5	Inspección y/o cambio de aceite												
M6	Engrasado del árbol de transmisión												
M7	Apretado de pernos placas cilindros												
M8	Purgar unidad de mantenimiento												
M9	Inspección de O - rings (cilindros)												
	<b>Responsable</b>												

### Eléctricos

E1	Mantenimiento de motores eléctricos												
E2	Pruebas del PLC												
E3	Pruebas de limit switch												
	<b>Responsable</b>												

Trabajos adicionales realizados / made works additional


Tarea realizada mensualmente (Inspeccion de rutina)  
 Tarea realizada trimestral (Inspeccion parcial registrada)  
 Tarea realizada parcial (Inspeccion general registrada)  
 Tarea realizada anualmente (Inspeccion general registrada)

Latacunga, Enero 2012

**Realizado por:**

.....  
CRISTIAN R. BUSTILLOS M.

.....  
JOSÉ V. QUILLUPANGUI T.

.....  
ING. WILSON SANCHEZ  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

.....  
DR. RODRIGO VACA  
**SECRETARIO ACADÉMICO**