

**REINGENIERÍA APLICADA A UNA MÁQUINA FRESADORA EX-CELL-O DE
TRES ESTACIONES MODELO XG 610-NC PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
DE JUNTAS FIJAS DE LA EMPRESA DANA TRANSEJES COLOMBIA.**

EDGAR FABIÁN FERREIRA PLATA

OSCAR LEONARDO FLOREZ PATIÑO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

**REINGENIERÍA APLICADA A UNA MÁQUINA FRESADORA EX-CELL-O DE
TRES ESTACIONES MODELO XG 610-NC PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
DE JUNTAS FIJAS DE LA EMPRESA DANA TRANSEJES COLOMBIA.**

EDGAR FABIÁN FERREIRA PLATA

OSCAR LEONARDO FLOREZ PATIÑO

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

ISNARDO GONZALEZ JAIMES

Ingeniero Mecánico

Co-Director

SERGIO ALVAREZ CORONEL

Ingeniero Electrónico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

DEDICATORIA

“A Doña L y Don Isnar, mis padres, que con su apoyo incondicional y cariño son los que han motivado cada logro de mi vida”

Edgar F.

“A Don Leo mi padre y a Doña Betty mi madre, que con el pasar del tiempo me han brindado cariño, apoyo incondicional y sabiduría, motivándome siempre en la realización de mi proyecto de vida, y a mi hermana, por respaldarme y alegrarme la vida. Se los agradezco ahora y se los agradeceré por siempre”

Oscar F.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos agradecer a nuestro director de proyecto, el profesor Isnardo González Jaimes, Quien con su valiosa orientación nos permitió comprender lo gratificante que es la aplicación de nuestros conocimientos en la industria. Por sus valiosas reuniones y por todo lo que nos enseñó a lo largo de éste proceso. De igual forma agradecemos al Ingeniero Sergio Álvarez, por permitirnos entrar en ésa gran escuela como lo es DANA Transejes Colombia, por su incansable espíritu y pasión por el trabajo, por su apoyo incondicional y confianza en nosotros.

Agradecemos también a los Ingenieros Omar Gómez y Luis Miguel Caro; junto a ellos se formó éste gran grupo de trabajo que logró sacar el proyecto adelante. Por su colaboración, su insistencia, su apoyo y aliento en el proceso, sus indicaciones fueron claves para la culminación del trabajo.

Agradecemos ante todo a Dios, quien nos dio la sabiduría para enfrentar este reto, a nuestras familias por su inquebrantable apoyo y comprensión por los días que no pudimos compartir con ellos.

Muchas Gracias.

Edgar Fabián Ferreira Plata

Oscar Leonardo Flórez Patiño

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	29
1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DE MECANIZADO DE LAS PISTAS INTERNAS DE LA JUNTA HOMOCINETICA EN DANA TRANSEJES COLOMBIA	31
1.1 MARCO ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA	31
1.1.1 Historia.....	31
1.1.2 Productos y Servicios.....	33
1.1.3 Mercados y Clientes.....	34
1.1.4 Descripción Organizacional.....	35
1.2 DESARROLLO METODOLÓGICO	35
1.2.1. Descripción del Problema.....	35
1.2.2 Justificación del Proyecto.....	41
1.2.3 Objetivo General.	42
1.2.4 Objetivos Específicos.....	42
1.2.5 Organigrama del Proyecto.....	43
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	45
2.1 EJES HOMOCINÉTICOS.....	45
2.1.1 Definición.	45
2.1.2 Junta Fija.	47
2.2 GENERALIDADES DE MECANIZADO	50
2.2.1 Fresadoras.....	50
2.2.2 Tipos de Fresadora.	51
2.2.3 Operaciones de Fresado.....	54
2.2.4 Herramienta De Corte (Fresa).....	55
2.2.5 Insertos para Fresas.	57
2.2.6 Parámetros de corte del Fresado.....	59
2.2.7 Operaciones de Corte.	62
2.3 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADAS	64
2.3.1 Sistemas de Ensamblaje Automatizados.....	64
2.3.2 Líneas de Transferencia o sistemas de manufactura Automatizada.....	65

2.4 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO.....	67
2.4.1 Mantenimiento Preventivo.....	69
2.4.2 Implantación del Mantenimiento Preventivo.....	71
3. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA FRESADORA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES	77
3.1 DATOS GENERALES DE LA MÁQUINA	78
3.2. ANTECEDENTES DE LA MÁQUINA	78
3.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL.....	79
3.3.1 Módulo de Trabajo.....	79
3.3.2 Estación de Trabajo.....	80
3.3.3 Secuencia de indexación de la mesa.....	81
3.3.4 Secuencia de las estaciones de trabajo.....	84
4. CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE LA MÁQUINA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES	87
4.1 SISTEMAS OLEO-NEUMÁTICOS	87
4.1.1 Panel oleo-hidráulico principal.....	88
4.1.2 Panel Neumático e hidráulico de la estación número dos.....	95
4.1.3 Panel Hidráulico de la Estación Número Tres.....	99
4.2. DISPOSITIVOS DE SUJECCIÓN	103
4.2.1 Copas Porta-Piezas.....	103
4.2.2 Copas Porta-Herramientas.....	103
4.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	105
4.4. SISTEMA DE LUBRICACIÓN	107
5. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO OPERACIONAL	108
5.1 DIAGNÓSTICO HIDRAULICO	108
5.1.1 Tanque Hidráulico.....	109
5.1.2 Bomba del Hidráulico Principal.....	110
5.1.3 Acumulador Hidráulico.....	113
5.1.4 Válvulas Hidráulicas Direccionales.....	115
5.1.5 Válvula Hidráulica Desaceleradora.....	117
5.1.6 Presostatos – Switches de Presión.....	119
5.1.7 Conexiones, Tuberías y Racores.....	120

5.1.8 Motor Hidráulico.	122
5.2 DIAGNÓSTICO NEUMÁTICO.....	131
5.2.1 Válvulas Neumáticas.....	131
5.2.2 Lubrificador.	132
5.3 DIAGNOSTICO MECÁNICO.....	134
5.3.1 Módulos de Trabajo.....	134
5.3.2 Copas Porta-Piezas.	138
5.3.3 Árbol Distribuidor.....	140
5.3.4 Mesa de Indexación.	144
5.3.5 Sistema Control de Posición.	145
5.3.6 Cilindros de Anclaje de la mesa de indexación.....	148
5.3.7 Husillos – Copas Porta-Piezas.	150
5.4 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	152
5.5 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	154
6. VALORACIÓN Y SUSTENTACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	156
6.1 SISTEMA HIDRAULICO PRINCIPAL.....	156
6.1.1 Sistema de Bombeo Primario.....	157
6.1.2 Sistema Secundario.	162
6.2 SISTEMA HIDRO-MECÁNICO DE GIRO DE LA MESA	163
6.2.1 Manifold de Indexación.	163
6.2.2 Indexación de la Mesa.	165
6.3 SISTEMA HIDRO-MECÁNICO DE ANCLAJE DE LA MESA.....	173
6.3.1 Dispositivo Tope-Leva.....	175
6.4 SISTEMA HIDRO-MECÁNICO DE MÓDULOS DE TRABAJO.....	177
6.4.1 Cilindros de anclaje de la Pieza.	177
6.4.2 Ciclo-Copa.	178
6.4.3 Árbol distribuidor.	182
6.5 SISTEMA HIDRO-MECÁNICO DE LOS HUSILLOS PORTA-HERRAMIENTAS.	184
6.5.1 Funcionamiento general.....	185
6.5.2 Cilindros de Anclaje de la Herramienta.	186
6.5.3 Vástago transmisor.	186
6.5.4 Sistema de Sujeción EMUGE.....	186

6.5.5 Componentes Mecánicos de los Husillos.	187
6.6. SISTEMA NEUMÁTICO GENERAL	189
6.6.1 Subsistema de Limpieza de la Herramienta.	190
6.6.2 Subsistema de aire para el árbol distribuidor.....	190
6.6.3 Subsistema de limpieza del punto cero.	191
6.6.4 Subsistema de Lubricación de la mesa de Indexación.	191
6.7 SISTEMA DE LUBRICACIÓN	192
6.8 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	193
6.8.1 Evaporador.	194
6.8.2 Compresor.	195
6.8.3 Condensador.....	196
6.8.4 Válvula de Expansión.....	196
6.8.5 Dispositivos de Control.....	197
6.8.6 Bombeo de líquido a Refrigerar.....	197
7. REINGENIERÍA APLICADA.....	199
7.1 SUSTENTACIÓN NUMÉRICA DE FUNCIONAMIENTO MOTOR HIDRAULICO .	199
7.1.1 Cálculos Preliminares.....	200
7.1.2 Determinación de Inercias.....	201
7.1.3 Determinación del Torque Operación del Sistema.	204
7.1.4 Comprobación de la Selección del Motor hidráulico.	205
7.1.5 Eficiencia Total de la bomba hidráulica.	207
7.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CORTE	209
7.3 ESTRUCTURACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	214
7.3.1 Documentación Hidráulica.....	214
7.3.2 Documentación Neumática.	216
7.3.3 Documentación Mecánica.	216
7.3.4 Documentación Lubricación.	218
7.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES CRITICOS Y DISEÑO ESPECIAL.....	218
7.4.1 Componentes Críticos.....	218
7.4.2 Diseño Especial.	220
7.5 MONTAJES RELEVANTES	223
7.5.1 Módulos de Trabajo.....	223

7.5.2 Árbol Distribuidor.....	226
7.5.3 Mesa de Indexación.	228
7.5.4 Husillos-Copas Porta Herramientas.	232
7.6 PRUEBAS FINALES DE FUNCIONAMIENTO	233
7.6.1 Prueba de movimiento de la mesa.	234
7.6.2 Prueba del árbol distribuidor.....	235
7.6.3 Prueba de accionamiento de los cilindros de anclaje de la pieza.	235
7.6.4 Pruebas de los cilindros de anclaje de la mesa.	236
7.6.5 Pruebas de los cilindros de anclaje de la herramienta.	237
7.6.6 Pruebas de Punto-Cero (Repetitividad).	237
7.7 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	240
7.7.1 Descripción.	242
7.7.2 Datos Generales.	242
7.7.3 Montajes y Desmontajes.	243
7.7.4 Operaciones.....	244
7.7.5 Mantenimiento Preventivo.	245
7.8 RESULTADO DE LA INTERVENCIÓN DE LA FRESADORA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES.....	246
8. CONCLUSIONES	247
BIBLIOGRAFÍA.....	249
ANEXOS	251

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pruebas de caudal.....	111
Tabla 2. Cálculos drenaje del motor hidráulico.....	130
Tabla 3. Primer grupo de elementos en el eje de rotación del conducido alineado...	202
Tabla 4. Segundo grupo de elementos en el eje de rotación del conducido no alineado.....	203
Tabla 5. Tercer grupo de elementos en el eje de rotación del conductor.....	204
Tabla 6. Dimensiones y Parámetros de la herramienta de corte.....	210
Tabla 7. Velocidades de corte sugeridas por Sandvik.....	211
Tabla 8. Parámetros de corte para Fresadora de tres estaciones.....	212
Tabla 9. Potencias de corte de los husillos.....	213
Tabla 10. Primera prueba del punto cero.....	238
Tabla 11. Segunda prueba del punto cero.....	239

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista General de la Empresa	31
Figura 2. Enfoques DANA TRANSEJES COLOMBIA	33
Figura 3. Productos y Servicios DANA TRANSEJES COLOMBIA.	34
Figura 4. Ejes Diferenciales	36
Figura 5. Ejes Cardánicos.....	36
Figura 6. Eje de Transmisión homocinética.	37
Figura 7. Pistas Internas Junta Fija.....	38
Figura 8. Fresadora Ex-Cell-O XG 620 NC	39
Figura 9. Layout Fresadora Ex-Cell-O XG 620NC	39
Figura 10. Fresadora de tres estaciones Ex-Cell-O XG 610 NC	40
Figura 11. Layout de la Fresadora Ex-Cell-O 3 Estaciones.....	41
Figura 12. Organigrama del grupo de trabajo.	44
Figura 13. Principio Homocinético.	45
Figura 14. Transmisión Homocinética.....	46
Figura 15. Eje de Transmisión homocinético	47
Figura 16. Junta Fija.	47
Figura 17. Grados de Libertad Junta Fija.	48
Figura 18. Despiece Junta Fija.	48
Figura 19. Pistas Internas Junta Fija.....	49
Figura 20. Canastilla y Esferas de la Junta.	49
Figura 21. Nuez de la Junta.	50
Figura 22. Máquina Fresadora.....	51
Figura 23. Máquina Fresadora Circular.....	52
Figura 24. Fresadora de dos ejes.	53
Figura 25. Máquina Fresadora CNC	54
Figura 26. Contorneado Superficial.....	55
Figura 27. Fresa	56

Figura 28. Fresa de Fresado Circular	57
Figura 29. Insertos Intercambiables para Fresado.	57
Figura 30. Formas de Insertos Intercambiables.	58
Figura 31. Definición de Velocidades	60
Figura 32. Definición de los Avances.	61
Figura 33. Definición de Profundidad y ancho de Corte.	62
Figura 34. Sistemas de Ensamblaje de estaciones Múltiples.	65
Figura 35. Sistemas de Manufactura Automatizados en línea.....	66
Figura 36. Sistemas de Manufactura Automatizados en línea dividida en Segmentos.....	66
Figura 37. Sistemas de Manufactura Automatizados Rotacional.	67
Figura 38. Vista General de la máquina.	77
Figura 39. Módulo de trabajo número tres – Fresadora XLO XG 610NC	80
Figura 40. Estación de Trabajo número tres – Fresadora XLO XG 610 NC	80
Figura 41. Módulo de Trabajo uno enfrentado en la estación uno.....	81
Figura 42. Módulo de trabajo uno enfrentado a la estación dos.	82
Figura 43. Módulo de trabajo uno enfrentado a la estación 3.....	83
Figura 44. Estación de trabajo número tres (Acabado).	84
Figura 45. Centro-Cero de los husillos y módulos.....	85
Figura 46. Posiciones de las Copas Porta-Piezas.....	86
Figura 47. Panel Hidráulico Principal.	88
Figura 48. Acumulador Hidráulico.	89
Figura 49. Advertencia del Acumulador.	89
Figura 50. Válvulas de Indexación de la Mesa.....	90
Figura 51. Válvula reductora de Presión.	90
Figura 52. Válvula de anclaje de la Mesa de Indexación.....	91
Figura 53. Presostatos – Mesa de indexación.	91
Figura 54. Acumulador-Filtro-Recipiente Lubricación.....	92
Figura 55. Motor Hidráulico DANFOSS.....	92
Figura 56. Conjunto Válvula de Alivio.	93
Figura 57. Válvula Desaceleración.....	94
Figura 58. Mecanismo de barras del sistema de posicionamiento.	94
Figura 59. Cilindros de Anclaje de la Mesa de Indexación	95

Figura 60. Topes – Leva.	95
Figura 61. Componentes Hidráulicos del panel de la estación número dos.	96
Figura 62. Componentes Neumáticos del panel de la estación número dos.	97
Figura 63. Sistema de Lubricación	98
Figura 64. Inyección de aceite pulverizado.	98
Figura 65. Sopletes de la Herramienta.....	99
Figura 66. Panel Hidráulico de la Estación número tres.....	100
Figura 67. Módulo de Trabajo Número Tres.	102
Figura 68. Árbol Distribuidor.	102
Figura 69. Árbol Distribuidor Conectado.	103
Figura 70. Husillos.	104
Figura 71. Copa Porta-Piezas.....	104
Figura 72. Copa Porta-Herramienta.	105
Figura 73. Chiller.	105
Figura 74. Conexión de Refrigeración de los Husillos.	106
Figura 75. Grupo Motriz Sistema de Lubricación	107
Figura 76. Sedimentación en el Tanque Hidráulico.....	109
Figura 77. Etiqueta: Presión de Bomba.	110
Figura 78. Estado de la Bomba Hidráulica.	111
Figura 79. Curvas de operación teóricas de la Bomba Hidráulica.	112
Figura 80. Bomba Hidráulica – Regulaciones.	112
Figura 81. Curvas de operación de la bomba hidráulica- Obtenidas tras la prueba.....	113
Figura 82. Acumulador Hidráulico	114
Figura 83. Prueba del bloque de válvulas del Acumulador.....	115
Figura 84. Placas en los manifolds mal montadas	116
Figura 85. Montaje de válvulas en manifold.	117
Figura 86. Válvula desaceleradora.	118
Figura 87. Presostatos Faltantes.	119
Figura 88. Presostatos traídos de Forcol	120
Figura 89. Conexiones de Tubería.....	121
Figura 90. Tubería mal conectada.	122
Figura 91. Motor Hidráulico.....	122

Figura 92. Primer prueba Motor Hidráulico	123
Figura 93. Drenaje compartido por el motor hidráulico y la válvula desaceleradora.	124
Figura 94. Motor Hidráulico Georotor.....	124
Figura 95. Primeros Movimientos en la mesa de indexación	125
Figura 96. Prueba tres del motor Hidráulico.....	126
Figura 97. Desarme de la válvula desaceleradora.	126
Figura 98. Circuito Hidráulico de indexación de la mesa.....	127
Figura 99. Drenajes admisibles motor Hidráulico.....	128
Figura 100. Empaque del Motor Hidráulico.....	129
Figura 101. Regulaciones de caudal-Válvula desaceleradora.....	130
Figura 102. Válvula direccional del lubricador.....	132
Figura 103. Lubricador.....	133
Figura 104. Prueba del lubricador	133
Figura 105. Sensores indicadores de Ciclo de Indexación.....	135
Figura 106. Tubería de los módulos de trabajo.....	135
Figura 107. Calas de Posicionamiento.....	136
Figura 108. Cremallera y engranajes del módulo de Trabajo.....	136
Figura 109. Banco Hidráulico para Pruebas en los módulos de Trabajo.....	137
Figura 110. Secuencia en el módulo de Trabajo.....	137
Figura 111. Retenedor de los rodamientos de los módulos de trabajo.....	138
Figura 112. Desarme Copas Porta-Piezas.....	139
Figura 113. Copas Porta-Piezas (Posición de los resortes de discos)	139
Figura 114. Q-Rings	140
Figura 115. Racores y punto de referencia del árbol Distribuidor.....	140
Figura 116. Levantamiento árbol Distribuidor.....	141
Figura 117. Desarme del árbol distribuidor.....	141
Figura 118. Árbol distribuidor en posición Horizontal	142
Figura 119. Camisas del árbol distribuidor	142
Figura 120. Árbol distribuidor –Solid Works.....	143
Figura 121. Problemas encontrados en las camisas del árbol	144
Figura 122. Desmonte de la Mesa de Indexación.....	145
Figura 123. Sistema control de posición	146

Figura 124. Dispositivos del sistema de control de Posición	146
Figura 125. Tope Parte Móvil.....	147
Figura 126. Rodamientos del mecanismo de balancines rotos.	148
Figura 127. Cilindros de anclaje de la mesa de indexación.....	149
Figura 128. Husillo.....	150
Figura 129. Montaje de los husillos.....	151
Figura 130. Rodamientos de los Husillos.....	152
Figura 131. Desmontaje del grupo motriz de lubricación.....	153
Figura 132. Inyectores de lubricante en mal estado.....	153
Figura 133. Cambio del Compresor del Chiller.	154
Figura 134. Cambio del Filtro del Chiller.	155
Figura 135. Cambio del Control del Chiller.....	155
Figura 136. Sistema Hidráulico Principal	157
Figura 137. Tanque Hidráulico (Desarme)	158
Figura 138. Interior del Tanque Hidráulico.	159
Figura 139. Laminilla de Aceite Hidráulico.	160
Figura 140. Desarme de la Bomba Hidráulica.....	161
Figura 141. Identificación Bomba Hidráulica.	161
Figura 142. Acumulador Hidráulico.	162
Figura 143. Laminilla Información Acumulador.	162
Figura 144. Sistema Hidro-Mecánico de giro de la Mesa.	163
Figura 145. Manifold de Indexación.	164
Figura 146. Posiciones A, B y C de la Mesa de Indexación.	165
Figura 147. Transmisión Engranajes.	166
Figura 148. Vista Inferior Mesa de Indexación.	166
Figura 149. Primera Velocidad.....	167
Figura 150. Primera Velocidad – Acercamiento a la posición B	167
Figura 151. Dispositivo de Auto-reposición.	168
Figura 152. Segunda Velocidad.....	168
Figura 153. Posición B – Punto cero.....	169
Figura 154. Giro Horario de la Mesa.....	170
Figura 155. Giro Anti-Horario de la Mesa.....	171

Figura 156. Dispositivo Accionamiento Valv. Desaceleradora – Tope-leva.....	172
Figura 157. Sistema de Control de Posición.	172
Figura 158. Sistema Hidro-Mecánico de Anclaje de la Mesa	173
Figura 159. Ubicación de los Cilindros de Anclaje de la Mesa de indexación	174
Figura 160. Cilindros de Anclaje de la Mesa de Indexación.	174
Figura 161. Dispositivo Tope-Leva	175
Figura 162. Tope-Leva enfrentado al Cilindro de anclaje.	175
Figura 163. Accionamiento de la Válvula desaceleradora por el Tope-Leva.	176
Figura 164. Posición punto Cero.....	176
Figura 165. Sistema Hidro-Mecánico de Módulos de Trabajo	177
Figura 166. Cilindros de Anclaje de la Pieza.....	178
Figura 167. Copas Porta-Piezas = Cilindros de Anclaje de la Pieza.	178
Figura 168. Anillo Hirth	179
Figura 169. Anillos Hirth del Módulo de Trabajo Bajados (Acoplados) – Engranaje Desacoplado.....	180
Figura 170. Anillos Hirth del Módulo de Trabajo Levantado. – Engranaje Acoplado.	180
Figura 171. Anillos Hirth Levantados.	181
Figura 172. Movimiento: Indexación de las Copas.....	181
Figura 173. Posición: Anillos Hirth Acoplados – Retraídos - Bajados.....	182
Figura 174. Movimiento: Expansión del Cilindro Hidráulico.....	182
Figura 175. Árbol Distribuidor	183
Figura 176. Válvula Rotativa.....	183
Figura 177. Sistema Hidro-Mecánico Porta-Herramientas.	184
Figura 178. Husillos.	185
Figura 179. Junta Rotativa.....	185
Figura 180. Cilindro de Anclaje Herramienta.....	186
Figura 181. Barra de Accionamiento del Sistema de Sujeción EMUGE	186
Figura 182. Sistema de Sujeción EMUGE	187
Figura 183. Casquillo del Sistema EMUGE.....	187
Figura 184. Transmisión por Correas.....	188
Figura 185. Componentes Mecánicos de los Husillos.	188
Figura 186. Eje de Rotación Husillos	188

Figura 187. Sistema Neumático General.	189
Figura 188. Sopletes de la Herramienta.....	190
Figura 189. Líneas de Aire árbol Distribuidor.	190
Figura 190. Punto de limpieza del punto Cero.	191
Figura 191. Lubrificador.	192
Figura 192. Sistema de Lubricación.....	193
Figura 193. Chiller	193
Figura 194. Ciclo Refrigeración.....	194
Figura 195. Evaporador - Intercambiador de Calor.	195
Figura 196. Compresor.	195
Figura 197. Condensador - Radiador.....	196
Figura 198. Válvula de Expansión.	197
Figura 199. Dispositivos de control.	197
Figura 200. Bombeo de Aceite de Refrigeración.....	198
Figura 201. Curvas de Operación del Motor Hidráulico.....	205
Figura 202. Curvas de operación obtenidas de la bomba Hidráulica.....	208
Figura 203. Curvas de Operación Bomba hidráulica – Fabricante.	208
Figura 204. Sistema Hidráulico Principal	215
Figura 205. Sistema Hidro-Mecánico de módulos de Trabajo.....	215
Figura 206. Circuito Neumático.....	216
Figura 207. Ensamble General de la Máquina	217
Figura 208. Dispositivo de Auto-Reposición.....	217
Figura 209. Husillos.	217
Figura 210. Plano de Lubricación	218
Figura 211. Componentes Críticos.....	219
Figura 212. Dispositivo de Accionamiento de la Válvula Desaceleradora.	219
Figura 213. Eje de Rotación - Dispositivo de Auto-Reposición.....	220
Figura 214. Cilindros de Anclaje de la Mesa de indexación.	220
Figura 215. Armazón Control Hidráulico.	221
Figura 216. Sistema de Giro del armazón.....	222
Figura 217. Análisis de Esfuerzos Brazo Soporte	222
Figura 218. Puesta a Punto del Armazón Control Hidráulico.	223

Figura 219. Platinas Porta-Sensores.	224
Figura 220. Tubería de los módulos de Trabajo.....	224
Figura 221. Módulo de Trabajo desmontado.....	225
Figura 222. Dispositivos de Sensado.....	225
Figura 223. Desmonte de la tapa de los módulos de Trabajo.	226
Figura 224. Cremallera.	226
Figura 225. Árbol Distribuidor.	227
Figura 226. Árbol Distribuidor en posición Horizontal.....	227
Figura 227. Camisas Del Árbol Distribuidor.	228
Figura 228. Tapa del rodamiento.	229
Figura 229. Eje central estático de la Mesa.	229
Figura 230. Caída del Eje central.....	230
Figura 231. Levantamiento de la Mesa de Indexación.	230
Figura 232. Recomendación: No desmontar la mesa en esta posición	231
Figura 233. Recomendación: Desmontar la mesa en esta posición.	232
Figura 234. Partes Husillos.....	232
Figura 235. Pruebas de Movimiento de la Mesa.	234
Figura 236. Pruebas Árbol Distribuidor.	235
Figura 237. Prueba de Accionamiento Copa Porta-Pieza	236
Figura 238. Prueba cilindros de anclaje de la Mesa.....	236
Figura 239. Prueba Anclaje de la Hta.	237
Figura 240. Estructuración Manual de Mantenimiento.	240
Figura 241. Portada Manual	241
Figura 242. Funcionamiento.	242
Figura 243. Datos Generales.....	243
Figura 244. Montajes y Desmontajes.....	244
Figura 245. Manual de operaciones.....	245
Figura 246. Mantenimiento Preventivo.....	246
Figura 247. Antes y Después de la Fresadora de tres estaciones.	246

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	252
ANEXO B: DATOS TÉCNICOS BOMBA HIDRÁULICA.....	268
ANEXO C: ESPECIFICACIONES DEL ACEITE HIDRÁULICO ISO 68.....	269
ANEXO D: CARTA DEL MOTOR HIDRÁULICO.....	270
ANEXO E: RECIPIENTE DE LUBRICACIÓN VOGEL.....	271
ANEXO F: CATÁLOGO GENERAL DE FRESADO SANVICK.....	272
ANEXO G: PLANOS HIDRÁULICOS.....	275
ANEXO H: PLANO NEUMÁTICO.....	281
ANEXO I: PLANOS MECÁNICOS ELEMENTOS CRÍTICOS.....	286
ANEXO J: PLANOS DE LUBRICACIÓN.....	298
ANEXO K: VISTAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	299
ANEXO L: MANUAL GENERAL DE MONTAJE Y DESMONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	303

GLOSARIO

BANCADA DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO: lugar donde descansan todos los elementos de la estación de trabajo dos y tres.

BANCADA PRINCIPAL: base donde descansa la mesa fija de la máquina.

CARRO PRINCIPAL: se le llama así al mecanismo de la máquina que por medio de unas guías mueve los husillos en el eje x, acercando la fresa a la pieza a mecanizar.

CARRO TRANSVERSAL: mecanismo que realiza el movimiento transversal de los husillos (eje z), permitiendo el desplazamiento de izquierda a derecha o viceversa.

CILINDROS DE ANCLAJE DE LA HERRAMIENTA: las copas porta-herramientas permiten la sujeción de la herramienta, pero la activación es decir anclaje o desanclaje se realiza por medio de estos cilindros de anclaje con un diseño especial.

CILINDROS DE ANCLAJE DE LA MESA DE INDEXACIÓN: son dispositivos acoplados en la parte posterior de los husillos, que por medio de unas barras de accionamiento

COPAS PORTA-HERRAMIENTAS: dispositivos donde van instaladas las herramientas de corte (fresa) que realizan los mecanizados. (Sistema de anclaje EMUGE). Se encuentra instalada en la parte frontal de los husillos.

COPAS PORTA-PIEZAS: mecanismos que sirven para sujetar las piezas que se van a mecanizar, se encuentran instaladas en el modulo de trabajo.

ESTACIÓN DE TRABAJO: son los centros de ataque o mecanizado de la pieza. La estación número es donde se ubica el operario para el montaje o retiro de las piezas, las estaciones dos y tres son las encargadas de su mecanizado.

HUSILLOS: mecanismos donde se alojan las copas porta-herramientas, consta de un cuerpo fijo, un eje de rotación, cilindros de anclaje de la herramienta y de acople para la transmisión. En conjunto los husillos permiten la rotación de la herramienta y la sujeción de ella.

LOTE DE PIEZAS: se llama así a un determinado número de piezas (ejemplo, 500 unidades de juntas fijas) que va a pasar por un proceso de fabricación.

MECANIZADO: operación que consiste en arrancar material de las piezas con una herramienta de corte.

- **MECANIZADO DE ACABADO:** operación donde se quita una cantidad mínima de material y se le da la medida final a la pieza.

- **MECANIZADO DE DESBASTE:** operación donde se arranca la mayor cantidad de material a una pieza.

MESA DE INDEXACIÓN: componente central móvil de la máquina, allí van alojados los módulos de trabajo y el árbol distribuidor. Permite el traslado de los módulos de trabajo de una estación a otra.

MESA FIJA: elemento estático de la mesa, se alojan la transmisión de engranajes para el movimiento de la mesa de indexación. Dotada con rieles que permiten el movimiento de los topes-leva y la ubicación del sistema de posicionamiento y de anclaje de la mesa de indexación.

MÓDULO DE TRABAJO: elementos hidro-mecánicos encargados de la manipulación de la pieza, permite su anclaje y la indexación de las copas para el mecanizado de cada una de las pistas.

SISTEMA DE CONTROL DE POSICIÓN: serie de dispositivos mecánicos especiales para el control de posición de la mesa de indexación.

TOPES-LEVA: dispositivos especiales acoplados por la parte inferior de la mesa de indexación y cuyo movimiento está direccionado por los rieles de la mesa fija. Permite el anclaje de la mesa de indexación, con un perfil especial la desaceleración de la mesa de indexación y con su parte posterior el envío de señal de posicionamiento de la misma.

RESUMEN

TÍTULO:

REINGENIERÍA APLICADA A UNA MÁQUINA FRESADORA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES MODELO XG 610-NC PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JUNTAS FIJAS DE LA EMPRESA DANA TRANSEJES COLOMBIA.^{1*}

AUTORES:

Edgar Fabián Ferreira Plata
Oscar Leonardo Flórez Patiño **

PALABRAS CLAVES:

Reingeniería Mecánica, Juntas Fijas, Línea de Producción, Cuello de Botella, Mantenimiento Preventivo.

DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la calidad y productividad de la Empresa DANA TRANSEJES COLOMBIA, rehabilitando los sistemas mecánicos de una fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones, mediante la aplicación de la metodología de Reingeniería.

La tesis inicia con la presentación de la empresa DANA TRANSEJES COLOMBIA, los productos y servicios, y la descripción de los principales procesos de fabricación de la línea de producción de juntas fijas haciendo énfasis en el fresado de pistas, como operación cuello de botella. Luego se explica paso a paso la metodología utilizada. El desarrollo de la restauración mecánica de la máquina se llevo a cabo en cuatro fases: descripción, caracterización, evaluación operacional y la valoración y sustentación de funcionamiento. Las tres primeras fases hacen referencia a la explicación de los movimientos generales, la división de la máquina en sistemas para mayor entendimiento y las pruebas realizadas y puestas a punto de estos, y por último se estructura la metodología utilizada y se sustenta el trabajo realizado.

Como herramientas de soporte y apoyo al proyecto, se desarrolló un manual general de montaje y desmontaje, operación y mantenimiento preventivo para la máquina, el cual junto con la documentación (planos hidráulicos, neumáticos, de lubricación y mecánicos de los elementos más críticos), conforman herramientas de apoyo para la normal incorporación de la máquina a la línea de producción de juntas fijas.

1

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ing. Isnardo Gonzalez Jaimes. Codirector: Ing. Sergio Alvarez Coronel.

ABSTRACT

TITLE:

REENGINEERING APPLIED TO A EX-CELL-O MILLING MACHINE OF THREE STATION XG 610-NC MODEL FOR FIXED JOINTS PRODUCTION LINE TO THE DANA TRANSEJES COLOMBIA ENTERPRISE.*

AUTHORS:

Edgar Fabián Ferreira Plata.
Oscar Leonardo Florez Patiño. **

KEY WORDS:

Mechanical Reengineering, Fixed Joints, Production Line, Bottleneck, Preventive Maintenance.

DESCRIPTION:

This project aims to improve quality and productivity of the Company DANA TRANSEJES COLOMBIA, rehabilitating the mechanical systems of a three Station Ex-Cell-O Milling Machine by applying the Methodology of Reengineering.

The Thesis begins with the DANA TRANSEJES COLOMBIA company presentation, its products and services and the description of the main manufacturing processes of the production line of fixed joints, with emphasis on milling grooves like bottleneck operation. The Milling Overhauling of the machine was carried out into four phases: Description, Characterization, Operational Evaluation, and Assessment and Support Functioning. To better understand this, the first three stages refer to the explanation of General Movements, the Division of the Machine into Systems and the Conducted Testing. And lastly, this reengineering methodology is organized and structured in order to be presented.

As Project support tool a General Manual was created to assemble and disassemble, to operate and to do preventive maintenance to the machine, which together with the corroborative documentation (hydraulic, pneumatic, lubrication, and mechanical Schemes of the most critical components), provide the supporting tools for the normal machine incorporation into the production line of fixed joints.

*Work Degree.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School, Directress: Eng. Isnardo Gonzalez Jaimes. Codirectress: Eng. Sergio Alvarez Coronel.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad no es competitivo quien no cumple con calidad, producción, bajos costos, tiempos estándares, eficiencia, tecnología y muchos otros conceptos que hacen que cada día la productividad sea el punto de quiebre en los planes a largo y mediano plazo.

La productividad y la cantidad de productos fabricados a menor costo y de alta calidad por una empresa podrían establecer su tiempo de vida. La vía más sencilla para que una empresa crezca y sea auto-sostenible es aumentando su productividad; y para lograrlo, es fundamental la utilización de todos los recursos, sean humanos, mecánicos y/o tecnológicos, para la intervención de maquinaria específica con la que se pueda aumentar la producción con el mismo recurso humano actual.

DANA Transejes Colombia es consciente de la importancia que tiene la aplicación de metodologías de mejoramiento continuo y la optimización de los procesos de producción con el fin de aumentar su productividad. Dentro de los procesos claves al interior de la compañía se encuentra el mecanizado de pistas de las juntas homocinéticas que se identifica como cuello de botella de la línea de producción.

El mecanizado de pistas incluye dos procesos diferentes, el fresado de desbaste y el de acabado. Estos dos procesos se realizan en una máquina fresadora cuyos resultados entran bajo norma pero posee deficiencias en cuanto a tiempos de mecanizado. La insuficiencia de esta máquina radica en que hay que pasar el lote de piezas en dos oportunidades, es decir, el lote original se pasa por la máquina para una operación de desbaste, posteriormente se cambia la herramienta y se varían los parámetros de corte (velocidad de corte, avance y profundidad), y se pasa nuevamente el lote original para el acabado final.

La Maquina Fresadora de Tres estaciones posee grandes ventajas con respecto a la fresadora Ex-Cell-O que opera actualmente en la línea de Juntas Fijas. La principal característica de la primera es la capacidad de mecanizar cuatro piezas simultáneamente en dos estaciones de trabajo Estación (2 y 3), al mismo tiempo que el operador cambia las que ya han sido mecanizadas y coloca las siguientes en la estación 1. Esto permite a la línea de producción aumentar la producción en la operación de fresado de las pistas con el mismo recurso humano utilizada actualmente.

El presente proyecto se realizó mediante la metodología de Reingeniería, este se encuentra estructurado en siete (7) capítulos. El capítulo uno denominado “Presentación del problema de mecanizado de las pistas internas de la junta homocinética” comprende el marco organizacional de la empresa, el planteamiento del problema, los objetivos y los alcances del proyecto de grado. El capítulo dos hace referencia a la descripción teórica de la fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones y del tipo de mecanizado. El capítulo tres presenta la descripción general de la máquina, haciendo referencia a los movimientos generales. El capítulo cuatro ilustra la caracterización y la descripción de cada uno de los sistemas, explicando el funcionamiento básico de cada uno de ellos. El capítulo cinco muestra la evaluación y diagnóstico operacional de la máquina, incluyendo pruebas y puestas a punto. El capítulo seis “Valoración y Sustentación de funcionamiento” presenta en forma clara el funcionamiento paso a paso de la máquina y para terminar el capítulo siete “Reingeniería aplicada” estructura la metodología utilizada y sustenta el trabajo realizado.

1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DE MECANIZADO DE LAS PISTAS INTERNAS DE LA JUNTA HOMOCINETICA EN DANA TRANSEJES COLOMBIA

1.1 MARCO ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA

Figura 1. Vista General de la Empresa



Fuente: Los Autores.

1.1.1 Historia. DANA TRANSEJES COLOMBIA es una empresa que se fundó el 28 de abril de 1972. Está localizada en la zona industrial de Girón, Santander y cuenta, además, con operaciones en la ciudad de Bogotá y Medellín. La empresa atiende los mercados de equipo original (ensambladoras), reposición y exportaciones. Todo ello con la participación de la casa matriz, DANA CORPORATION, Quien es su principal accionista y la encargada de suministrar la tecnología de ejes diferenciales y ejes cardánicos.

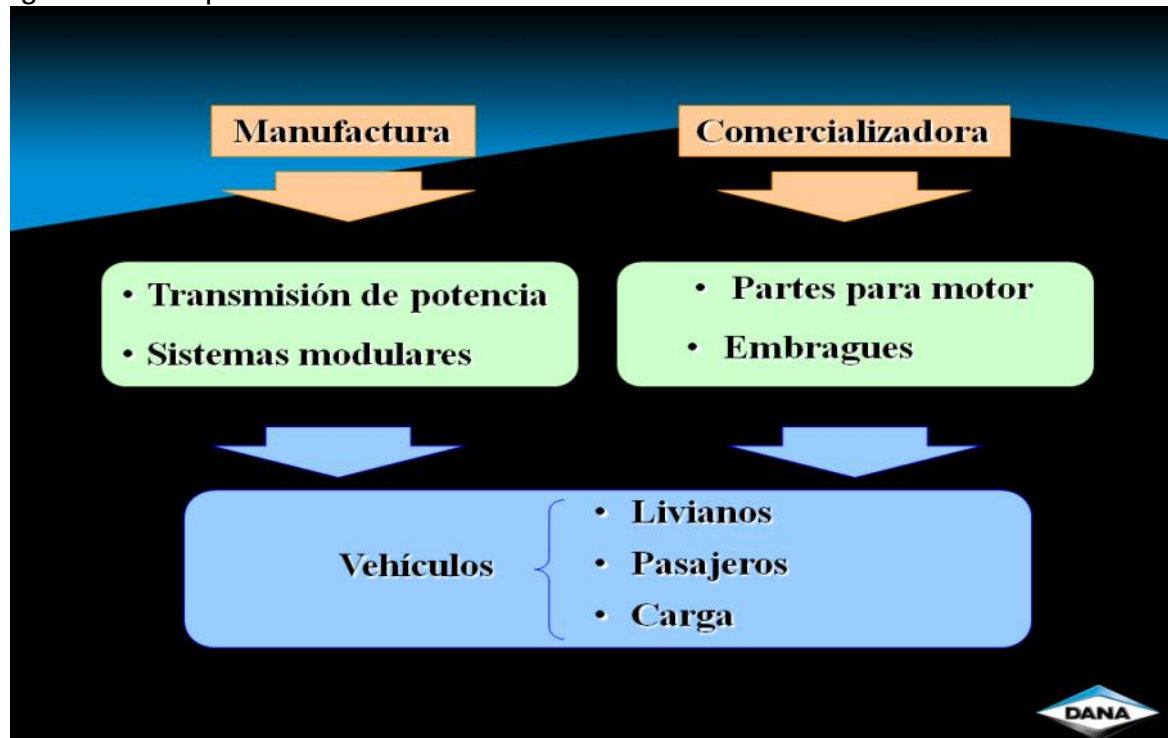
A continuación, se reseñan algunos sucesos relevantes para el desarrollo de la organización en el ámbito nacional:

- ✓ 1974: Se iniciaron operaciones de ensamble de ejes diferenciales.
- ✓ 1975-1978: Se inició el proceso de mecanizado con el montaje de las líneas de tubos y semiejes.
- ✓ 1977–1978: Se compra la línea de ensamble de ejes cardánicos y ejes homocinéticos.
- ✓ 1979-1981: Se iniciaron operaciones de las líneas de yugos de acople.
- ✓ 1981: Instalación de líneas de ejes cardánicos.
- ✓ 1982: Se firma contrato de asistencia técnica con GKN para ensamble y mecanizado de juntas homocinéticas.
- ✓ 1983-1984: Se inició la venta de ejes homocinéticos Mazda.
- ✓ 1986: Puesta en marcha de la línea de mecanizado de juntas fijas.
- ✓ 1988: Se realizaron cambios en el sistema de producción en línea dedicada al nuevo concepto de producción en celdas.
- ✓ 1989: Se realizó el lanzamiento del "Plan excelencia".
- ✓ 1990: Se compró la planta Medellín – pistones.
- ✓ 1992: Se adquieren líneas de mecanizado denominadas GI para la producción de juntas móviles de ejes homocinéticos.
- ✓ 1995: Transejes se asocia con la multinacional GKN, líder en el mercado de ejes homocinéticos.
- ✓ 1996: Se da inicio a la operación de ensamble de chasis en la ciudad de Medellín.
- ✓ 1997: Se cerró la planta de Ibagué, se inicia la operación de ensamble de módulos en la ciudad de Bogotá y se inicia el proceso de certificación QS -9000.
- ✓ 1998: Transejes recibe la certificación QS-9000 y traslada la manufactura de cascos, yugos, tubos y semiejes a Danaven, Venezuela.
- ✓ 1999: Dana Transejes es recertificada por Ford Motor como proveedor Q-1.

- ✓ 2000: Transejes cuenta desde entonces con un gran socio, GKN de Inglaterra, que suministra know how para la manufactura y ensamble de los ejes homocinéticos. Con ello, genera, aproximadamente, 154 empleos directos.
- ✓ 2002: Se obtiene la certificación de la norma ISO 14001 para la planta de Bucaramanga y se certifica la planta de módulos en Bogotá en QS-9000.
- ✓ 2004: Se inicia el proceso de implementación de la norma BASC en la planta de Bucaramanga.
- ✓ 2005: Se inicia el proceso de certificación de la planta en la norma de calidad ISO/TS 16949:2002.
- ✓ 2006: Inicia la operación de ensamble de corners Transejes en Medellín.

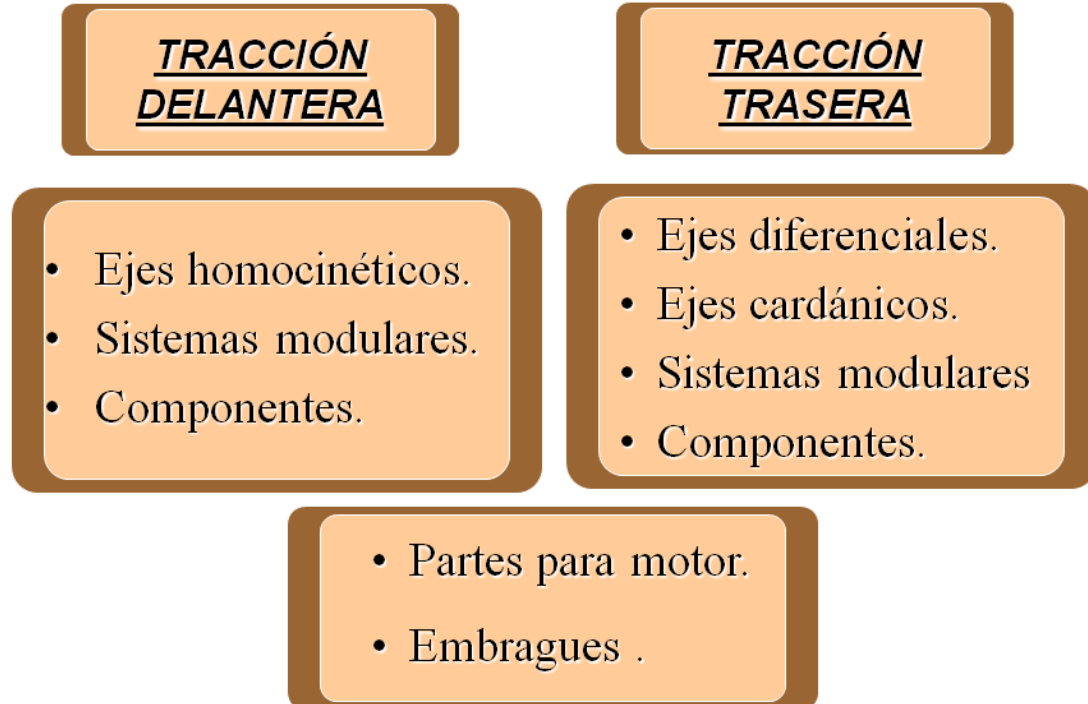
1.1.2 Productos y Servicios.

Figura 2. Enfoques DANA TRANSEJES COLOMBIA



Fuente: Los Autores

Figura 3. Productos y Servicios DANA TRANSEJES COLOMBIA.



Fuente: Los Autores.

1.1.3 Mercados y Clientes. Los productos de DANA TRANSEJES COLOMBIA están orientados a los mercados de equipos originales y de repuestos de ensambladores importantes como:

- | | |
|------------------|--------------|
| ➤ Colombia: | ➤ Ecuador |
| ✓ Sofasa | ✓ Maresa |
| ✓ CCA | ✓ GM |
| ✓ GM Colmotores | ✓ OBB |
| ✓ Navitrans | ➤ Venezuela |
| ✓ Non Plus Ultra | ✓ Danavem SM |
| ✓ Monoblock | ✓ Ford |
| ➤ Brasil | ✓ GM |
| ✓ GDB | ✓ Toyota |
| | ✓ Mitsubishi |

1.1.4 Descripción Organizacional.

➤ **Misión.** DANA TRANSEJES COLOMBIA es una organización privada dedicada a fabricar y comercializar productos, sistemas y servicios de alta tecnología con énfasis en el sector automotor.

A través de innovación, mejoramiento continuo y orientación al cliente, con flexibilidad, sentido de urgencia y responsabilidad social, busca el liderazgo en sus respectivos campos de acción asegurando:

- A nuestros clientes, Contribución a su desarrollo, satisfaciendo sus necesidades y excediendo sus expectativas.
- A nuestros accionistas, Un continuo incremento en el retorno a su inversión.
- A nuestra gente, Un clima laboral seguro, de mutuo respeto y desarrollo integral.
- A la sociedad, Mayor bienestar y desarrollo, preservando el medio ambiente y cumpliendo con las regulaciones gubernamentales.
- A nuestros proveedores, Una relación de largo plazo y mutuo desarrollo.

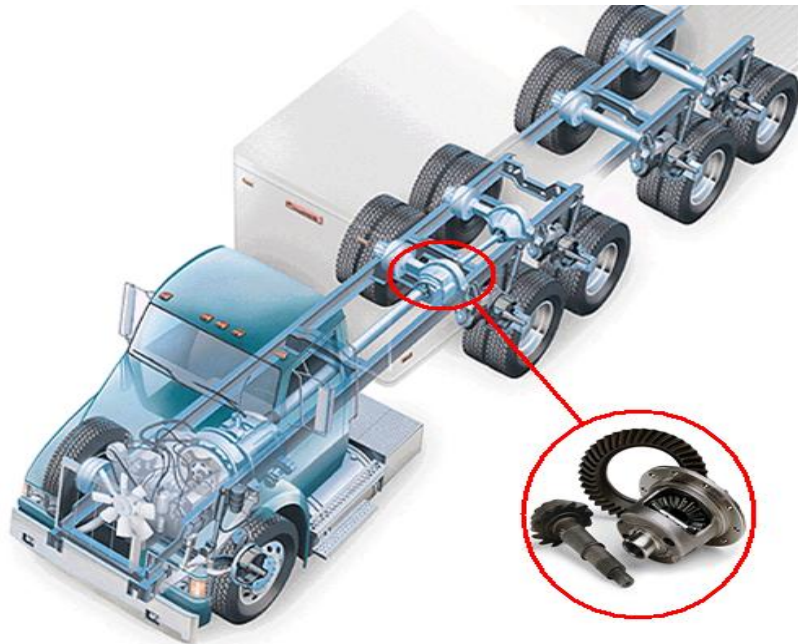
➤ **Visión.** DANA TRANSEJES COLOMBIA es una organización de Clase Mundial, líder en su género en la región Andina, competitiva y confiable en el mercado global, con negocios rentables desarrollados de una manera profesional y ética.

1.2 DESARROLLO METODOLÓGICO

1.2.1. Descripción del Problema. DANA TRANSEJES COLOMBIA es una empresa de carácter privado, filial de DANA CORPORATION, líder mundial en ingeniería. Manufactura y comercializa productos y sistemas para el sector automotriz e industrial, dedicándose principalmente a la producción de ejes diferenciales (Ver figura 4), cardanes (Ver figura 5), sistemas modulares, y

garantizando a través de su asociación con GKN Driveline, el productor más grande de ejes homocinéticos (Ver figura 6) en el ámbito mundial, el soporte tecnológico para la fabricación de ejes homocinéticos.

Figura 4. Ejes Diferenciales



Fuente: Jaime Castillo –Capacitador CEP Transejes.

Figura 5. Ejes Cardánicos.

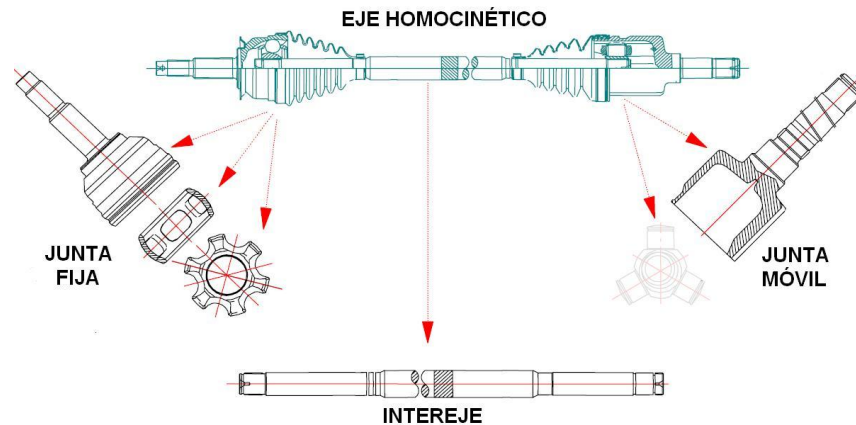


Fuente: Web Empresarial www.transejes.com.

Gracias a estos avances tecnológicos suministrados por GKN Driveline DANA TRANSEJES COLOMBIA tiene en las juntas homocinéticas o junta fija Spicer®,

uno de sus productos líderes en el mercado nacional e internacional, incorporándose como equipos originales para las ensambladoras de importantes marcas como Renault, Toyota, Ford, Hyundai, Chevrolet, Chrysler, Fiat, con una producción que supera las trescientas mil unidades, abastece a más del 80% de los automóviles ensamblados en Colombia y Venezuela.

Figura 6. Eje de Transmisión homocinética.



Fuente: Página web GKN DRIVELINE EUROPA, www.gkndriveline.com.

La junta homocinética o junta fija es mecanizada a partir de forjas en acero SAE 1050 provenientes de Forcol (Forjas de Colombia Ltda.). Una vez llega el producto a la empresa entra a la línea de producción de Juntas Fijas donde pasa por una serie de procesos hasta obtener el producto final para su comercialización o para pasar a la línea de producción de ejes homocinéticos. Los procesos por los cuales debe pasar son:

- Corte de la Pieza.
- Refrentado y Centrado.
- Torneado Exterior.
- Torneado Interior.
- Fresado de pistas (Operación Cuello de Botella), (Ver figura 7).
- Estriado y Roscado

- Perforado Hueco pin.
- Temple.
- Revenido.
- Rectificado Exterior.
- Rectificado Interior.
- Rectificado de Pistas (Operación Cuello de Botella)
- Protección y Empaque o Entrada a la línea de Ejes Homocinéticos.

Figura 7. Pistas Internas Junta Fija.



Fuente: Página web GKN DRIVELINE EUROPA, www.gkndriveline.com.

Para el fresado de las pistas de las juntas fijas actualmente se cuenta con una máquina fresadora XLO modelo XG 620-NC, (Ver figura 8), la cual a pesar de lograr los acabados bajo norma, durante los últimos años esta máquina ha presentado varios problemas críticos identificándose así, como uno de los cuellos de botella de la línea de producción.

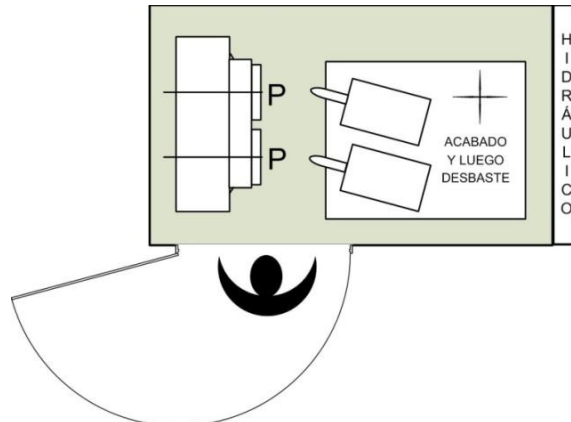
La Fresadora XLO XG 620-NC, es una máquina CNC que cuenta con un par de husillos accionados por dos motores eléctricos y es asistida por dos servomotores Siemens (Ver figura 9). Gracias a estos servomotores los husillos realizan la correcta trayectoria para el fresado de las pistas donde se alojan las esferas.

Figura 8. Fresadora Ex-Cell-O XG 620 NC



Fuente: Los Autores.

Figura 9. Layout Fresadora Ex-Cell-O XG 620NC



Fuente: Los Autores.

La deficiencia de esta máquina radica en que hay que pasar el lote de piezas en dos oportunidades, es decir, el lote original se pasa por la máquina para una operación de desbaste, posteriormente se cambia la herramienta y se varían los parámetros de corte (velocidad de corte, avance y profundidad), y se pasa nuevamente el lote original para el acabado final.

Estos procedimientos hacen que la fresadora XLO XG 620-NC se manifieste como una máquina condicionada y su capacidad de producción sea bastante baja. Actualmente la producción máxima es de 420 piezas por turno, en tres turnos diarios; es decir 1260 piezas día aproximadamente; sin embargo la demanda de

repuestos nacionales, según las tendencias crecientes, sobrepasa fácilmente este número.

DANA TRANSEJES COLOMBIA, posee una máquina fresadora que en teoría sería capaz de aumentar considerablemente la actual producción (fresadora de tres estaciones Ex-Cell-O Modelo XG 610-NC), (Ver figuras 10 y 11); el problema radica en que es una máquina de la que no se tiene ninguna información técnica y ningún operario y/o coordinador sabe el funcionamiento de ésta. El estado en que se encuentra la máquina es bastante deplorable y actualmente se encuentra parada, desmantelada y se tiene como banco de repuestos para las demás máquinas que están en producción. El valor aproximado de esta máquina supera los \$650.000 dólares, aunque las nuevas tecnologías fácilmente alcanza los \$1'500.000 dólares.

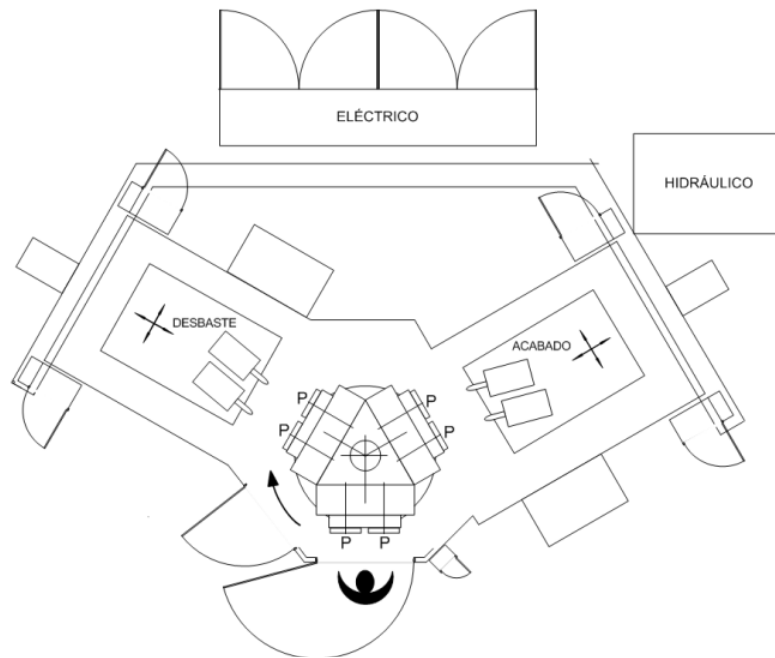
A pesar de todo lo anterior, la Fresadora XG 610-NC es la máquina idónea para superar el problema de producción de juntas fijas, por tal razón la empresa necesita ponerla en línea en el menor tiempo posible y dispone del capital para intervenirla inmediatamente.

Figura 10. Fresadora de tres estaciones Ex-Cell-O XG 610 NC



Fuente: Los Autores.

Figura 11. Layout de la Fresadora Ex-Cell-O 3 Estaciones



Fuente: Los Autores.

1.2.2 Justificación del Proyecto. Contribuyendo con la empresa DANA TRANSEJES COLOMBIA para dar solución a uno de los cuellos de botella de la línea de producción de juntas fijas, se realiza este proyecto de grado que busca rehabilitar mecánicamente una máquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones aplicando métodos de Re-ingeniería que permitirán sustentar el funcionamiento de la máquina y dar paso a la automatización total del proceso.

La compra de una máquina fresadora nueva que solviente las deficiencias encontradas en la línea de producción no es muy viable, ya que una máquina de esta envergadura puede llegar a costar alrededor de unos \$ 650.000 dólares, y que a pesar del aumento de producción que ha tenido la empresa, es una inversión demasiado alta que no se recuperaría tan pronto como lo espera la empresa; por tanto se vio la necesidad de hacer una inyección de dinero en la adaptación de una máquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones, que en teoría sería capaz de solucionar el problema, pero que el estado actual requiere de una suma importante de dinero y de un trabajo de ingeniería bastante profundo.

Una definición rápida de Re-ingeniería es “Comenzar de Nuevo” y esto es exactamente lo que se va a llevar a cabo en este proyecto de grado, partir de cero con una máquina que si bien está construida para tal fin, no se tiene la información necesaria para ponerla en producción, ni tampoco se encuentra en las mejores condiciones.

El alcance del proyecto es entregar la máquina con todos sus sistemas mecánicos funcionando, completamente documentados y con un manual de mantenimiento. Esto conlleva a una revisión minuciosa de cada uno de los componentes y rediseño de los que se encuentren en mal estado ó de los que simplemente no se conciba la funcionalidad y, un seguimiento específico tanto de los sistemas hidráulicos, neumáticos, lubricación y refrigeración; todo esto realizándolo teniendo siempre como horizonte la operación adecuada de la máquina (mecanizado de las pistas internas de la junta fija).

1.2.3 Objetivo General. Contribuir por medio de la interacción Universidad-Empresa al mejoramiento de la calidad y productividad de la industria santandereana rehabilitando los sistemas mecánicos de una fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones en la empresa DANA TRANSEJES COLOMBIA, que proporcione un aumento en la productividad de la línea de Juntas Fijas bajo parámetros de calidad y confiabilidad.

1.2.4 Objetivos Específicos.

a. Caracterizar cada uno de los sistemas y subsistemas presentes en la máquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones.

- ✓ Revisar el estado actual de la máquina y realizar un inventario de componentes.
- ✓ Solicitar y buscar información de los sistemas hidráulicos, neumáticos y mecánicos, así como de sus sistemas adicionales. (Refrigeración, Lubricación).

- ✓ Identificar, desmontar y revisar cada uno de los elementos que conforman la mesa principal para su posterior documentación.

b. Valorar y/o evaluar el funcionamiento del estado actual de la maquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones.

- ✓ Revisar cada uno de los elementos que conforman las estaciones de trabajo y verificar su correcto funcionamiento.

- ✓ Realizar un seguimiento exhaustivo de los circuitos hidráulicos, neumáticos y de lubricación actuales y verificar su buen funcionamiento.

- ✓ Realizar pruebas de funcionalidad de cada uno de los sistemas que componen la máquina.

c. Elaborar la documentación necesaria y requerida por la empresa para la normal inclusión de la máquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones en la línea de producción.

- ✓ Realizar los planos hidráulicos, neumáticos y de lubricación de la máquina.

- ✓ Realizar los planos mecánicos de los principales elementos susceptibles a fallas para facilitar su identificación y su posterior solicitud en caso de ser necesario.

d. Diseñar y construir y/o seleccionar los elementos necesarios para colocar en funcionamiento los diferentes sistemas mecánicos de la máquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones.

e. Realizar un manual de mantenimiento que incluya, procedimientos de desmontaje y montaje de los componentes de la máquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones, manual de operaciones y propuesta de un plan de mantenimiento preventivo de la máquina.

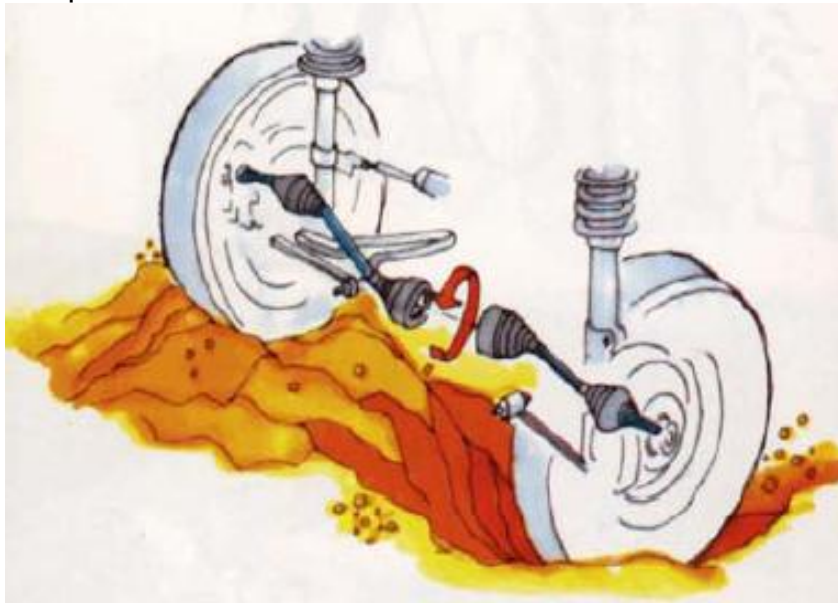
1.2.5 Organigrama del Proyecto. El proyecto dentro de la compañía fue desarrollado por el área de automatización bajo el nombre de Retrofit de la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones. Y fueron desplegados dos frentes de

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 EJES HOMOCINÉTICOS

2.1.1 Definición. La palabra homocinético es el resultado de la combinación de dos términos derivados griegos, Homo “igual” y Kinesis “cinética (movimiento)”, esto quiere decir igual movimiento o comúnmente conocido como movimiento estable, estas son las características que un eje homocinético tiene, ya que, es el conjunto de piezas que sirve para transmitir torque o fuerza del motor a las ruedas de forma constante y sin vibraciones, sin ser afectadas por la irregularidad del terreno, esto se consigue gracias a la alta libertad de movimiento posible que ellos tienen y además no interesa la velocidad a la que este gire (Ver figura 13).

Figura 13. Principio Homocinético.

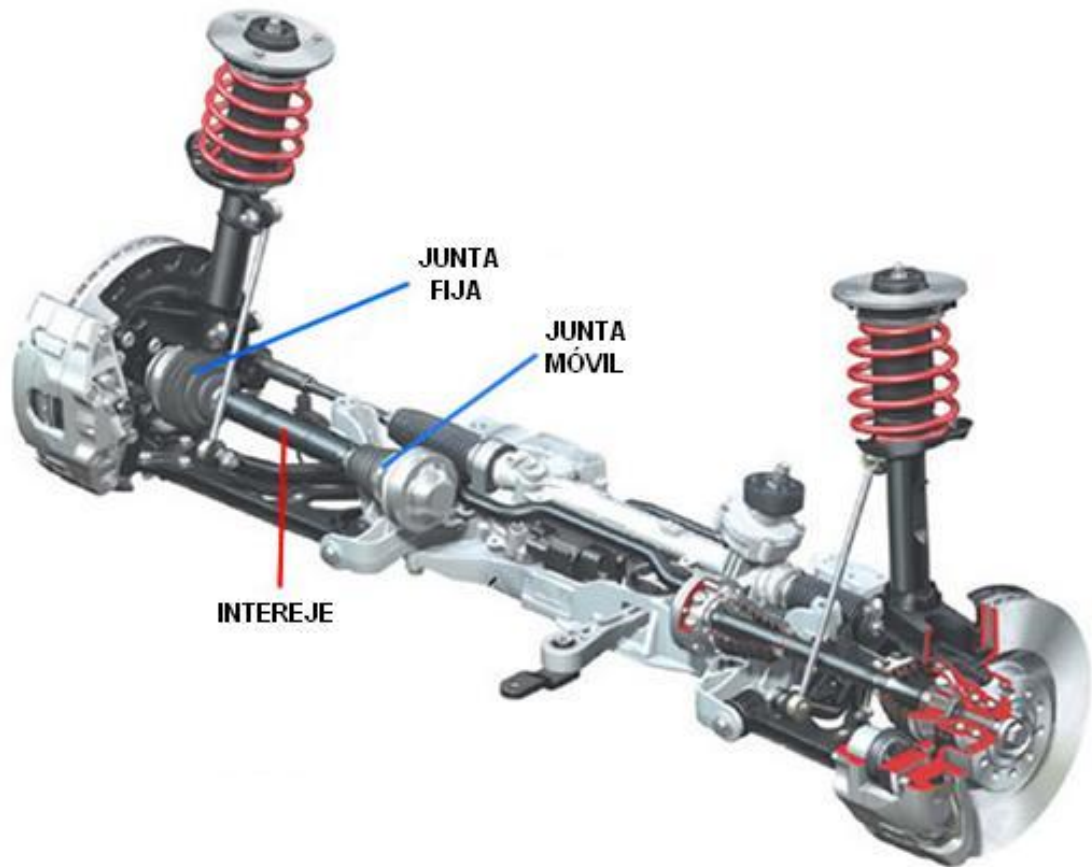


Fuente: Extraído de los Almanagues DANA CORPORTATION.

La mayoría de los automóviles poseen dos ejes de transmisión homocinética que van acoplados de la caja de transmisión a cada una de las ruedas delanteras,

Esto depende del tipo de tracción del automotor, y estos hacen que se conserve el mismo movimiento sin importar el ángulo que forme el uno con el otro, generalmente cada eje tiene dos juntas, o sea un total de cuatro juntas o articulaciones por vehículo, (Ver figura 14).

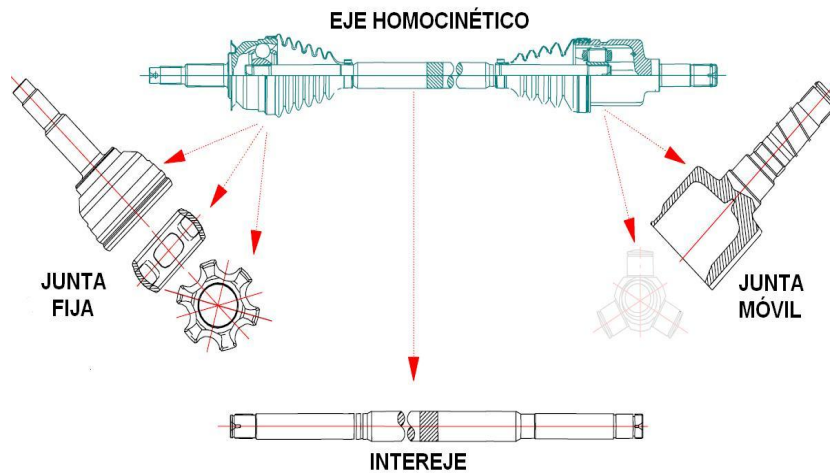
Figura 14. Transmisión Homocinética



Fuente: Extraído de los Almanques DANA CORPORTATION.

El eje homocinético se compone de una junta fija en el lado de la rueda, un intereje encargado de transmitir la potencia entre las articulaciones o juntas, una junta móvil en el lado de la caja de transmisión y unos accesorios principalmente, (Ver figura 15). Solo se hará referencia a la junta fija, por ser el componente mecanizado en la máquina pertinente a los objetivos de este proyecto grado.

Figura 15. Eje de Transmisión homocinético



Fuente: Extraído de página web de GKN DRVELINE EUROPA

2.1.2 Junta Fija. Las juntas fijas (Ver Figura 16) a pesar de ser llamadas fijas tienen tres grados de libertad, aunque la amplitud del movimiento en dos de ellos esté limitada. Su configuración permite un relativo movimiento dentro de ciertos ángulos, con el fin de compensar cambios violentos de inclinación, causados por la dirección y la suspensión.

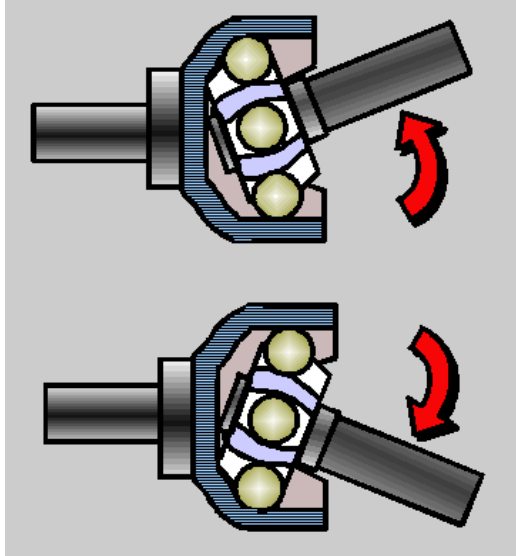
Figura 16. Junta Fija.



Fuente: Extraído de página web de GKN DRVELINE EUROPA

Son utilizadas donde se exigen ángulos de trabajo muy grandes ya que permiten hasta 47 grados de angularidad con velocidad constante, (Ver figura 17).

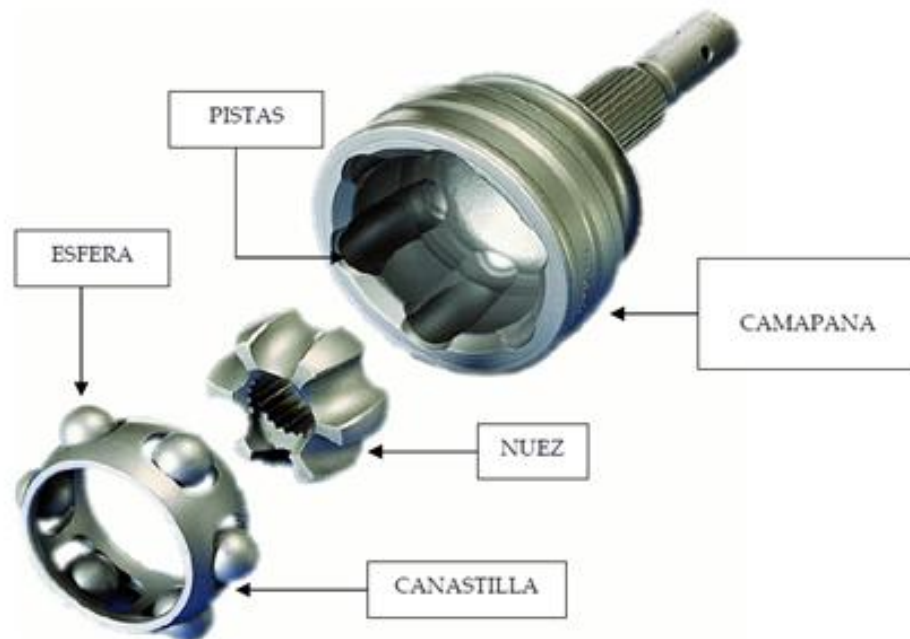
Figura 17. Grados de Libertad Junta Fija.



Fuente: Extraído de página web de GKN DRVELINE EUROPA

La junta fija está constituida por una carcasa o campana, una nuez, una canastilla y unas esferas (Ver figura 18).

Figura 18. Despiece Junta Fija.



Fuente: Extraído de página web de GKN DRVELINE EUROPA

2.1.2.1 Carcasa o Campana. Posee externamente un eje estriado y seis pistas internas (Ver figura 19), conformadas en una sola pieza de acero 1050 forjado, con tratamientos térmicos localizados en las áreas sujetas a mayor esfuerzo y desgaste.

Figura 19. Pistas Internas Junta Fija.



Fuente: Extraído de página web de GKN DRVELINE EUROPA

El mecanizado de las pistas internas es uno de los cuellos de botella de la línea de producción de juntas fijas; este es el punto de partida del proyecto de grado de la rehabilitación mecánica de la fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones modelo XG 610-NC aplicando métodos de reingeniería.

2.1.2.2 Canastilla y Esferas. Cumple con la función de mantener los balines en un mismo plano. Fabricada en acero especial y los balines son provistas por fabricante líder en rodamientos. Este es el componente más delicado del sistema. (Ver figura 20).

Figura 20. Canastilla y Esferas de la Junta.



Fuente: Extraído de página web de GKN DRVELINE EUROPA

2.1.2.3 Nuez. Posee en su interior estrías que sirven para acoplar con el eje de transmisión de fuerza. Externamente tiene 6 pistas que encajan en el centro de la canastilla, permitiendo el movimiento en diferentes ángulos. (Ver figura 21).

Figura 21. Nuez de la Junta.



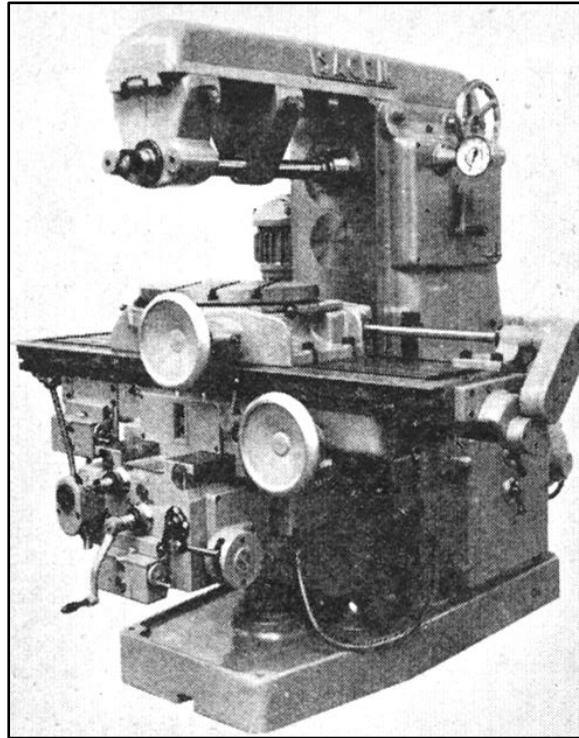
Fuente: Extraído de página web de GKN DRVELINE EUROPA

2.2 GENERALIDADES DE MECANIZADO

2.2.1 Fresadoras. Una fresadora (Ver figura 22) es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa, y sirven fundamentalmente para el labrado de piezas planas. Pero en ella puede realizarse también un gran número de operaciones, entre las que destacan por su gran importancia, el tallado de engranajes o dentado, el tallado de roscas de gran peso, el mecanizado de ranuras, etc.

En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas, en esta sección solo se profundiza los fundamentos teóricos correspondientes que describen el principio de la máquina fresadora, objeto de estudio del presente proyecto. Para más información sobre las generalidades del mecanizado, consultar el ANEXO A.

Figura 22. Máquina Fresadora.



Fuente: Extraído de Práctica del Fresado, Antonio Bachs Pujol.

2.2.2 Tipos de Fresadora. Las fresadoras pueden clasificarse según varios aspectos, como la orientación del eje de giro (tradicionales y especiales), el número de ejes de operación (refiriéndose a los grados de libertad) o la configuración, operación y tecnología. A continuación se indica las categorías más usuales y las correspondientes a la clasificación de la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones Modelo XG 610-NC, para mayor información acerca del clasificación de fresadoras dirigirse al ANEXO A.

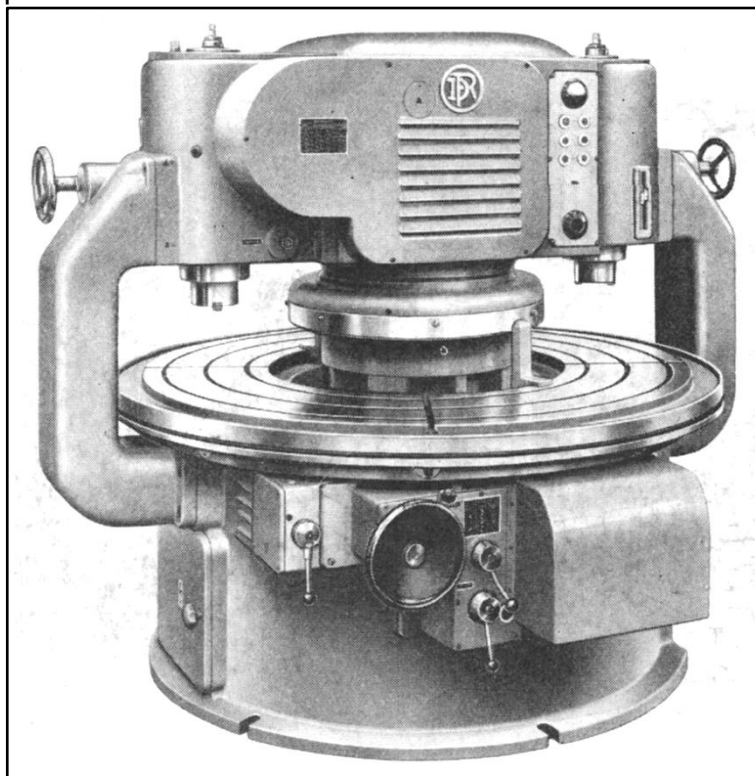
2.2.2.1 Fresadoras según la Orientación de la Herramienta. Dependiendo de la orientación del eje de giro de la herramienta de corte, se distinguen tres tipos de fresadoras básicamente: horizontales, verticales, universales.

Además de las fresadoras convencionales, existen otras fresadoras con características especiales que pueden clasificarse en determinados grupos. Sin

embargo, las formas constructivas de estas máquinas varían notablemente dentro de cada grupo, debido a las necesidades de cada proceso de fabricación.

✓ **Fresadoras Circulares:** Tienen una amplia mesa circular giratoria, por encima de la cual se desplaza el carro portaherramientas, que puede tener uno o varios cabezales verticales, por ejemplo, uno para operaciones de desbaste y otro para operaciones de acabado. Además pueden montarse y desmontarse piezas en una parte de la mesa mientras se mecanizan piezas en el otro lado (Ver figura 23).

Figura 23. Máquina Fresadora Circular.



Fuente: Extraído de Práctica del Fresado, Antonio Bachs Pujol.

2.2.2.2 Fresadoras según el Número de Ejes. Las fresadoras pueden clasificarse en función del número de ejes (número de grados de libertad) que pueden variarse durante la operación de arranque de viruta.

✓ **Fresadora de Dos Ejes:** Puede controlarse el movimiento relativo entre la pieza y la herramienta en los ejes horizontales de un sistema cartesiano. (Ver figura 24)

Figura 24. Fresadora de dos ejes.



Fuente: Extraído de Práctica del Fresado, Antonio Bachs Pujol.

2.2.2.3 Fresadoras según la Configuración, Operación y Tecnología. Las fresadoras se pueden agrupar según el parecido en la configuración, operación y tecnología.

✓ **Fresadoras CNC.** En estas la trayectoria se controla por medio de datos numéricos. Son utilizadas para el fresado de perfiles, fresado de cavidades, fresado de contorno de superficies y operaciones de tallado de matrices, en las que se tienen que controlar simultáneamente dos o más ejes de la mesa de trabajo, casi siempre se requiere operador para cambiar las fresas y montar y desmontar las piezas de trabajo (Ver figura 25).

Figura 25. Máquina Fresadora CNC



Fuente: Extraído de <http://marscnc.com>.

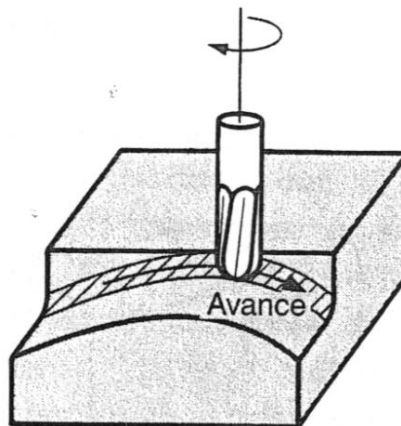
2.2.3 Operaciones de Fresado. El fresado es una operación de maquinado en el cual se utiliza un cortador o herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples dientes o filos cortantes (en algunos casos se usan con un solo filo), que gira a alta velocidad y que avanza lentamente frente a la pieza de trabajo. Dado que la mayoría de las veces hay varios dientes realizando la operación y por ende en contacto con la superficie de la pieza es posible obtener una alta velocidad de remoción de material, pero es evidente que las fuerzas son mayores que en el corte en un solo punto sin embargo la duración de la herramienta es más prolongada debido a su mayor número de dientes puesto que cada uno de ellos dura solo un pequeño periodo de tiempo ejecutando el trabajo.

La máquina herramienta que ejecuta tradicionalmente esta operación se conoce como fresadora, y en esta, se pueden utilizar diferentes tipos de fresas obteniendo a su vez diversas formas de operación, haciendo que este tipo de maquinado sea más versátil y ampliamente usado. Para mayor información en el ANEXO A se encuentran las operaciones de fresado más comunes, aquí solo se mencionarán los correspondientes al tipo de operación que se lleva a cabo para la obtención de las pistas internas de la junta fija, estos son los siguientes:

✓ **Ranurado.** Como su nombre lo indica esta operación genera una ranura en una pieza, sin importar la geometría que genere.

✓ **Contorneado Superficial.** El fresado de contorno de superficies (Ver figura 26) se realiza con una fresa de contorno de bola, en vez de una cuadrada, la cual se hace avanzar hacia adelante y hacia atrás, y hacia un lado y otro del área de trabajo, a lo largo de una trayectoria curvilínea a pequeños intervalos para crear una superficie tridimensional. Para este caso la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones modelo XG 610-NC, en la mecanización de las pistas de las juntas fijas, realizará esta operación de fresado.

Figura 26. Contorneado Superficial.



Fuente: Extraído de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover

2.2.4 Herramienta De Corte (Fresa). Las fresas (Ver figura 27) son herramientas de corte de forma, material y dimensiones muy variadas de acuerdo con el tipo de fresado que se quiera realizar. Una fresa está determinada por su diámetro, su forma, material constituyente, números de labios o dientes que tenga y el sistema de sujeción a la máquina.

Las fresas van provistas en su periferia, o también en su cara frontal, de dientes o de cuchillas. Estas tienen la ventaja sobre los otros tipos de herramientas de corte de que no se calienten tanto y que tampoco pierden los filos de corte tan

rápidamente. Cada filo está cortando nada más una fracción del tiempo que dura su revolución y durante el resto del tiempo se vuelve a enfriar.

En general, los materiales más duros en los filos de corte permiten utilizar mayores velocidades de corte, pero al ser menos tenaces, exigen una velocidad de avance menor. El número de labios o plaquitas de las fresas dependen de su diámetro, de la cantidad de viruta que debe arrancar, de la dureza del material y del tipo de fresa, y los ángulos de filo dependen del tipo de fresado, del material a trabajar y del tipo del trabajo. Entre mayor sea el diámetro de la fresa es más viable el uso de plaquitas intercambiables.

Figura 27. Fresa



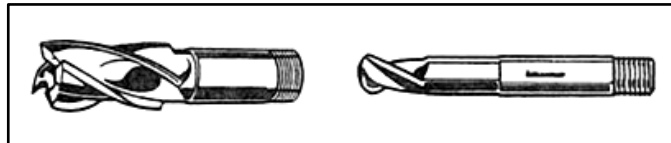
Fuente: Extraído del Catalogo SANDVIK de Fresado.

La clasificación de las fresas está profundamente relacionada con las operaciones de fresado que ya se describieron anteriormente, para mayor documentación sobre los tipos principales de fresas se pueden dirigir al ANEXO A, las fresas que se presentarán a continuación son las adecuadas para realizar el tipo de fresado en la máquina del presente proyecto.

✓ **Fresado Terminal:** Tiene la apariencia de una broca, sin embargo, una observación más minuciosa muestra que está diseñada para el corte primario con sus dientes en la periferia en lugar de en sus extremos, como lo realiza la broca. Están constituidas por un vástago y un extremo cortante, el cual puede ser

cuadrado, con radios y en forma de bola. Las fresadoras terminales (Ver figura 28) pueden utilizarse para fresado frontal, de perfiles, de ranuras, grabado o copiado y contorneado superficial (el de interés).

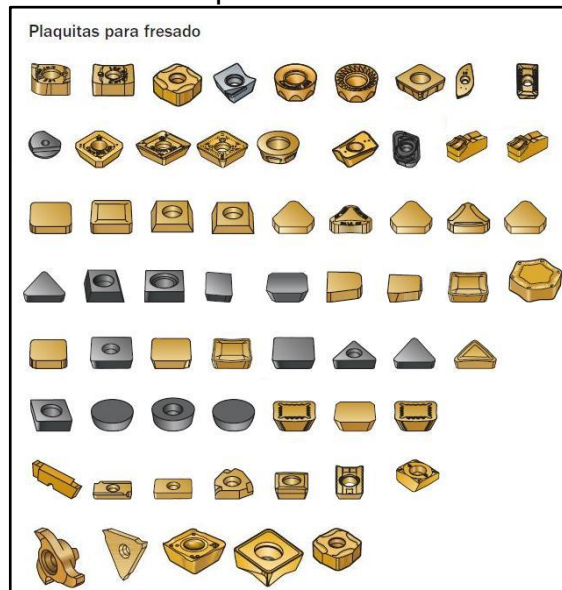
Figura 28. Fresa de Fresado Circular



Fuente: Extraído de Principios de Ingeniería de Manufactura, Chiles, Black, Lissaman, Martin.

2.2.5 Insertos para Fresas. Los insertos para las herramientas de corte se utilizan ampliamente en el maquinado debido a que son económicos y adaptables a diferentes tipos de operaciones de maquinado: el torneado, perforado, roscado, fresado e incluso taladrado. Se encuentran disponibles en una gran variedad de formas y tamaños y se aplican en una extensa variedad de situaciones de corte, en la práctica (Ver figura 29).

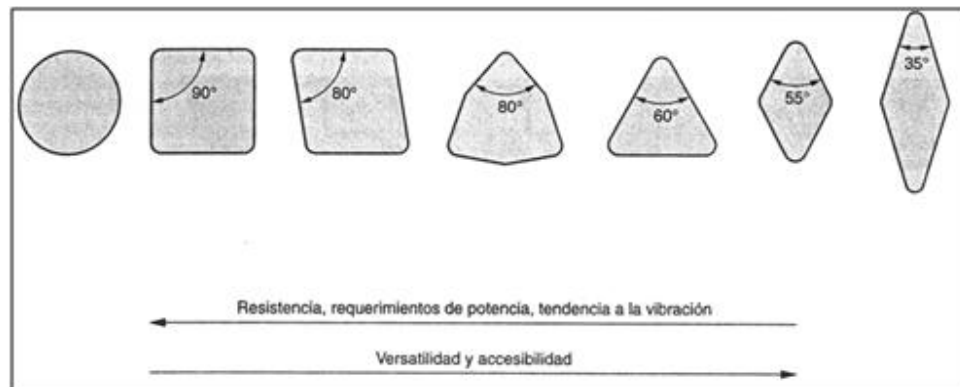
Figura 29. Insertos Intercambiables para Fresado.



Fuente: Extraído del Catalogo SANDVIK de Fresado.

En general, se debe seleccionar la punta con mayor ángulo debido a su resistencia y economía. Los insertos redondos poseen puntas con ángulos mayores y radios de nariz también grandes debido sólo a su forma. Los insertos con puntas con ángulos mayores son inherentemente más resistentes y con menor probabilidad de que se tallen con viruta o se rompan durante el corte, y por ello son usadas por excelencia para la operación de desbaste, debido a que soporta altas profundidades; sin embargo, requieren más potencia y también están más expuestos a vibraciones. La ventaja, desde el punto de vista económico, de los insertos redondos es que pueden ser indexados un gran número de veces para más cortes por inserto. Los insertos cuadrados presentan cuatro bordes de corte, las formas triangulares tienen tres, mientras que la forma de rombo tiene solamente dos. El tener menor número de bordes representa una desventaja en costo. Si se puede utilizar ambos lados del inserto, entonces el número de bordes de corte se duplica (Ver figura 30).

Figura 30. Formas de Insertos Intercambiables.



Fuente: Extraído de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover

Las formas en rombo se utilizan, especialmente con ángulos muy cerrados, debido a su versatilidad y accesibilidad cuando se va a llevar a cabo una gran variedad de operaciones. Estas formas se usan para la operación de acabado debido a su baja potencia requerida que produce menos vibraciones, haciendo que la superficie quede con buen terminado superficial.

2.2.6 Parámetros de corte del Fresado. Los parámetros tecnológicos fundamentales que hay que considerar en el proceso de fresado son los siguientes:

- ✓ Elección del tipo de máquina, accesorios, sistemas de fijación de pieza y herramienta más adecuadas.
- ✓ Elección del tipo de fresado: frontal, tangencial en concordancia (la herramienta gira en el mismo sentido en el que avanza la pieza) o tangencial en oposición (la herramienta gira en sentido contrario al avance de la pieza).
- ✓ Elección de los parámetros de corte: velocidad de corte (V_c), velocidad de giro de la herramienta (n), avance o velocidad de avance (V_f), avance por revolución (f), avance por diente (f_z), profundidad de pasada (p), ancho de corte (A_c).

2.2.6.1 Velocidad de Corte (V_c). Es la velocidad de rotación con que gira una fresa, además denota la velocidad de superficie a la que el filo mecaniza la pieza de trabajo. Este es un valor importante orientado hacia la herramienta, y es la parte de la información de corte que garantiza que la operación se realiza con máxima eficiencia por la herramienta. Se obtiene multiplicando el desarrollo de la circunferencia exterior de la fresa en metros, por el número de revoluciones por minuto (Ver figura 31).

$$V_c = \pi \times d \times n$$

Ecuación 1

Donde; V_c = velocidad de corte (m/min)
 d = diámetro de la pieza o de la herramienta (m)
 n = velocidad de giro (rpm.)

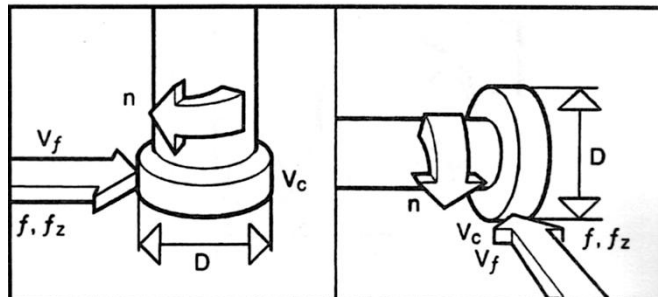
2.2.6.2 Velocidad de Giro de la Herramienta (n). Es el número de revoluciones que la herramienta de fresado en el husillo hace en la unidad de tiempo. Este es un valor orientado hacia la máquina y no dice mucho sobre lo que ocurre en la periferia, donde sucede el corte (Ver figura 31).

$$n = V_c / \pi \times d$$

Ecuación 2

2.2.6.3 Avance o Velocidad de Avance (V_f). Es la velocidad lineal con que se desplaza la mesa de una fresadora, que es el avance de la herramienta contra la pieza de trabajo en distancia por unidad de tiempo. Corrientemente se expresa en milímetros por minuto (Ver figura 31).

Figura 31. Definición de Velocidades



Fuente: Extraído de Principios de Ingeniería de Manufactura, Chiles, Black, Lissaman, Martin.

2.2.6.4 Avance por Revolución (f). Se define como la distancia que la herramienta avanza durante una revolución, normalmente en (mm/rev). Se utiliza en cálculos de avances y para determinar la capacidad de acabado de una fresa cilíndrica (Ver figura 32).

$$f = V_f / n$$

Ecuación 3

Donde; f = avance por revolución (mm/rev)
 f = Avance (mm/min)
 n = velocidad de giro (rpm.)

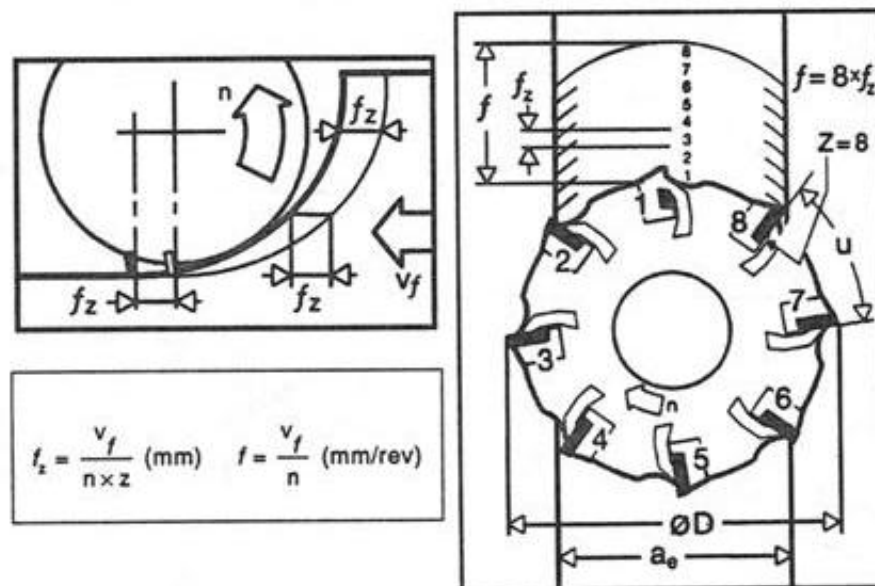
2.2.6.5 Avance por Diente (f_z). Es la distancia lineal que la herramienta avanzó mientras un diente en particular realiza el corte; este es un valor clave en el fresado. Como una fresa es una herramienta de múltiples filos, se necesita un valor para cerciorarse que cada filo machine satisfactoriamente, la capacidad de cada diente fija el límite para la herramienta (Ver figura 32).

$$f_z = f / Z$$

Ecuación 4

Donde; f_z = avance por diente (mm/diente)
 f = avance por revolución (mm/rev)
 Z = numero de dientes de la fresa.

Figura 32. Definición de los Avances.

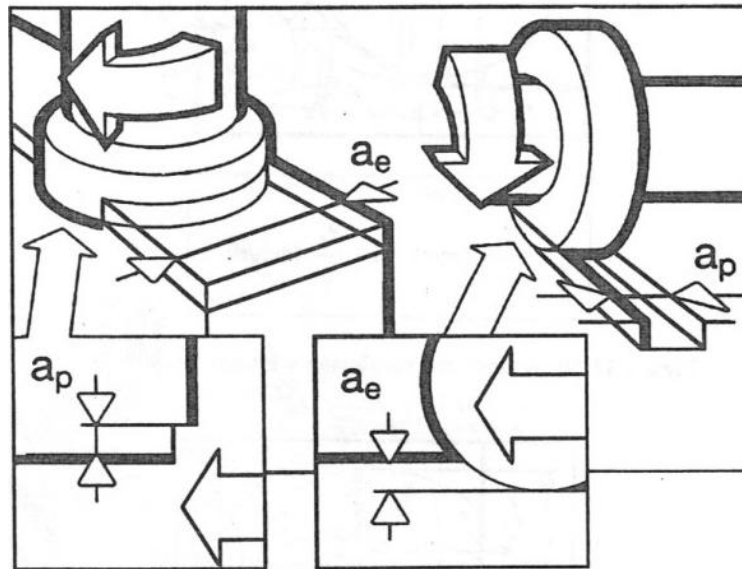


Fuente: Extraído de Principios de Ingeniería de Manufactura, Chiles, Black, Lissaman, Martin.

2.2.6.6 Profundidad de Pasada (p). Es la cantidad de material que la herramienta elimina de la pieza de trabajo, es decir, la distancia que la herramienta elimina esta fija bajo la superficie no mecanizada. Esta es dependiente del tipo de fresado; para fresado frontal (a_p) y para fresado periférico (a_e) (Ver figura 33).

2.2.6.7 Ancho de Corte (A_c). Esta es la cantidad en que la herramienta cubre la superficie de la pieza de trabajo. . Esta es dependiente del tipo de fresado; para fresado frontal (a_e) y para fresado periférico (a_p), (Ver figura 33).

Figura 33. Definición de Profundidad y ancho de Corte.



Fuente: Extraído de Principios de Ingeniería de Manufactura, Chiles, Black, Lissaman, Martin.

2.2.7 Operaciones de Corte. Desde el punto de vista del corte podríamos clasificar las operaciones en:

- ✓ Operaciones de desbaste.
- ✓ Operaciones de acabado.

2.2.7.1 Operación de Desbaste. Se entiende por operación de desbaste aquella en que no se exige, en la superficie mecanizada, ninguna tolerancia de medida ni calidad superficial determinada.

Con este tipo de operación se debe quitar la mayor parte del material sobrante en el momento de conformar una pieza por el procedimiento de arranque de material.

Los parámetros de corte para el desbaste deben ser:

- ✓ Velocidad de corte: moderada.
- ✓ Avance: el mayor que permita trabajar en condiciones de seguridad para la fresa y la máquina.
- ✓ Emplear fresas de pocos dientes pero robustos.

2.2.7.2 Operación de Acabado. Se entiende por operación de acabado aquella en que concurre una de las condiciones siguientes o ambas a la vez:

- ✓ La medida a obtener debe quedar entre dos cotas bien definidas (tolerancia).
- ✓ Ha de conseguirse una calidad superficial determinada, no pudiendo ésta ser más basta que la establecida.

Para cumplir las condiciones citadas será preciso que la sección de la viruta sea reducida. Consecuentemente, la velocidad de corte podría ser mayor que en la operación de desbaste. Los parámetros de corte para el acabado deben ser:

- ✓ Velocidad de corte: alta.
- ✓ Avance: moderado.
- ✓ Emplear fresas más dientes.

2.3 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADAS

Las líneas de producción automatizadas son utilizadas para la producción masiva de partes que requieren de varias operaciones, cada operación se realiza en una estación de trabajo y las estaciones están integradas por un sistema de transporte que comunica a cada estación de trabajo para formar una cadena de producción automatizada, además son sistemas integrados que operan bajo el control de una operadora. Idealmente no hay trabajadores en la línea, excepto para realizar funciones secundarias como el cambio de la herramienta, cargar y descargar al inicio y al final de la línea y actividades de mantenimiento.

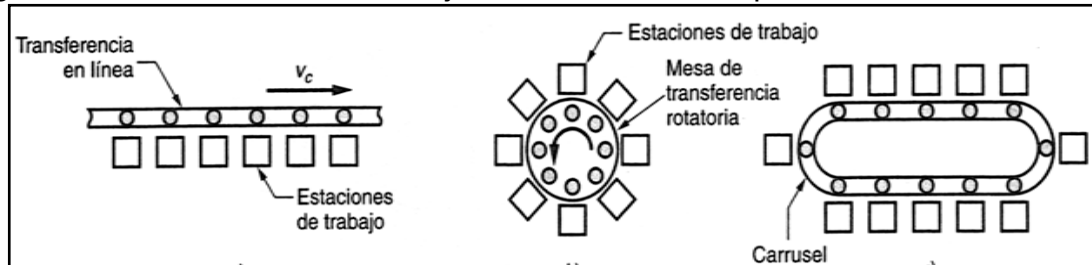
Las líneas de producción automatizadas se dividen en dos categorías básicas: las que realizan operaciones de procesamiento como el maquinado, y las que realizan operaciones de ensamble. Un tipo importante en la categoría de procesamiento es la línea de transferencia, y el cual para este caso es de sumo interés hacer énfasis.

2.3.1 Sistemas de Ensamblaje Automatizados. Los sistemas de ensamble automatizados radican en una o más estaciones de trabajo que realizan operaciones de ensamble, como agregar componentes y/o fijarlos a la unidad de trabajo. Estos sistemas se dividen en celdas de estación única y sistemas de estaciones múltiples.

Las celdas de ensamble única se dispone generalmente alrededor de un robot industrial, programado para efectuar una secuencia de pasos de ensamble sobre el mismo montaje, este sistema se usa en el rango intermedio de producción ya que el robot debe terminar un ensamble antes de comenzar el siguiente. Por otra parte los sistemas de ensamble de estaciones múltiples son convenientes para producción masiva de piezas pequeñas con limitados componentes y con poca

complejidad. De este último Existen diversas configuraciones como son: en línea, rotatorio y de carrusel (Ver figura 34).

Figura 34. Sistemas de Ensamblaje de estaciones Múltiples.



Fuente: Extraído de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover

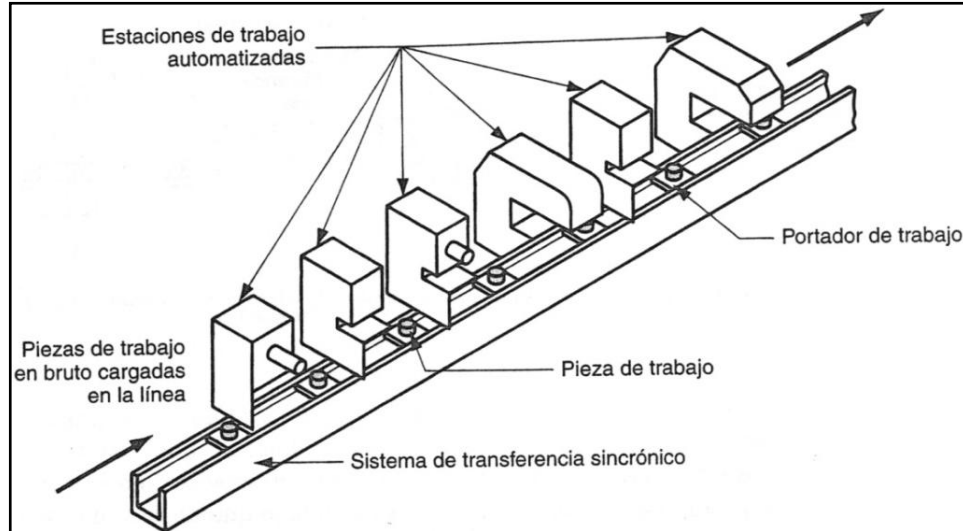
2.3.2 Líneas de Transferencia o sistemas de manufactura Automatizada. Una línea de transferencia es una secuencia de estaciones de trabajo que realizan operaciones de maquinado, con un mecanismo de transferencia automatizado de partes de trabajo entre estaciones. Generalmente la pieza de trabajo empieza su proceso en la línea de transferencia como un fundido o forjas metálicas. Son utilizadas para altos volúmenes de piezas puesto que la velocidad de producción es alta y los costos unitarios son bajos por dividir el trabajo en diferentes estaciones y al mismo tiempo.

Existen tres tipos de configuración de sistemas de manufactura automatizados, los cuales son: en línea, en línea dividida en segmentos y rotacional (la de interés).

2.3.2.1 Configuración de Sistemas de Manufactura Automatizados En Línea.

Como su nombre lo indica es un arreglo en línea recta y es apta Para trabajar objetos grandes, como motores y todos sus componentes, transmisiones, etc. Estas piezas requieren una gran cantidad de operaciones, es por eso que una cadena de producción con muchas estaciones es necesaria, lo cual es una ventaja para esta configuración, además la pieza terminada sale al otro extremo de su ingreso a la línea (Ver figura 35).

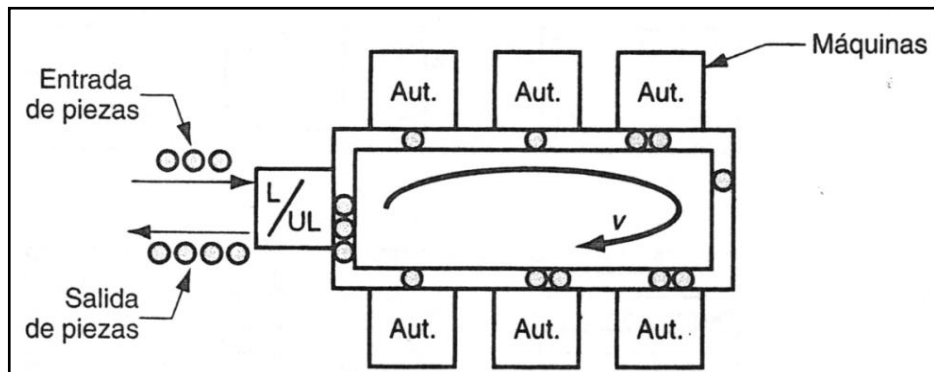
Figura 35. Sistemas de Manufactura Automatizados en línea.



Fuente: Extraído de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover.

2.3.2.2 Configuración de Sistemas de Manufactura Automatizados en Línea Dividida en Segmentos. Consiste en dos o más secciones de configuraciones en línea para realizar la transferencia, Generalmente son perpendiculares los segmentos (en forma de L, U, cuadrada, etc.) lo cual hace que la longitud disponible sea menor que la longitud de la configuración en la línea. Otra ventaja es que la pieza terminada vuelve a su lugar de origen la mayoría de las veces (Ver figura 36).

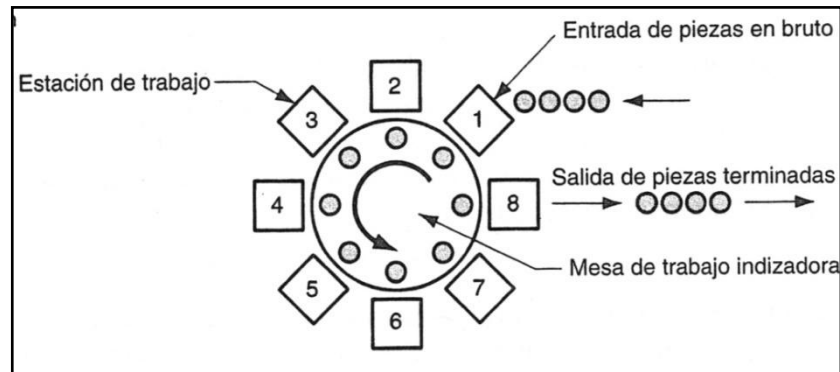
Figura 36. Sistemas de Manufactura Automatizados en línea dividida en Segmentos.



Fuente: Extraído de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover.

2.3.2.3 Configuración de Sistemas de Manufactura Automatizados Rotacional. Las estaciones de trabajo están dispuestas sobre una mesa en forma circular, en esta las piezas que se van a procesar se colocan sobre la mesa, luego esta gira, haciendo que la pieza se coloque en la primera estación, al cabo de las operaciones de las estaciones la mesa vuelve a girar, haciendo que la pieza llegue a la segunda estación y así sucesivamente pasa de una a otra estación hasta que llega a la ultima donde es retirada la pieza terminada, en esta configuración la mayoría de las veces el producto final vuelve al punto de iniciación. Estos sistemas se limitan comúnmente a piezas más pequeñas y a pocos sitios de trabajo, y el sistema rotatorio implica generalmente menos costos de equipo y a su vez se requiere menos espacio para su ubicación (Ver figura 37), este tipo de configuración es el utilizado en la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones Modelo XG 610-NC.

Figura 37. Sistemas de Manufactura Automatizados Rotacional.



Fuente: Extraído de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover.

2.4 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento se define como un conjunto de actividades necesarias y técnicas establecidas cuyos fines son preservar los activos de la empresa y mantenerlos en condiciones tales que en forma segura y económica estén siempre en capacidad de realizar las funciones para las que fueron creadas o las que la empresa les

haya designado; además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones (activos).

El mantenimiento es un negocio y como tal el estar siempre cerca de sus usuarios ayuda al éxito y al crecimiento del mismo, por ende la función del mantenimiento debe manejarse como un ente separado y autónomo, con sus propios objetivos e indicadores de gestión. Por medio de estos reducen al mínimo el tiempo muerto de la planta, mejoran la calidad, incrementan la productividad y entregan oportunamente los pedidos a los clientes.

La responsabilidad fundamental del Mantenimiento es contribuir al cumplimiento de los objetivos propios como los de la empresa o entidad la cual forma parte. Para ello, los objetivos del Mantenimiento deben establecerse dentro de la estructura de los objetivos generales de la empresa, estos son:

- ✓ Garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones.
- ✓ Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- ✓ Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- ✓ Maximizar la productividad y eficiencia.

En la actualidad, el mantenimiento como una función, implica un proceso lógico desde el momento en que se detecta una necesidad hasta su satisfacción. Pero la nueva teoría plantea una filosofía que va mucho más allá. La nueva perspectiva señala que el departamento de mantenimiento debe trabajar en forma continua para eliminar, en lo posible, las necesidades de este. En otras palabras significa reenfocar el mantenimiento de una labor de corregir daños a prevenir y evitar cualquier posibilidad de fallo. Esto implica obviamente un mejoramiento continuo en todo el proceso, aprovechando eficientemente los mejores recursos ya sean internos o externos, como, tener en cuenta las recomendaciones de fabricantes

como las obtenidas por experiencia propia debido al historial de fallos de la máquina, entre otras. Como se puede observar, esta es la filosofía que hoy prevalece en el mercado mundial con mayor efectividad y confiabilidad, y por ende se utilizó en la realización del plan de mantenimiento de la máquina del presente proyecto de grado. Por ello solo se describirá el mantenimiento preventivo o mejor conocido como MP.

2.4.1 Mantenimiento Preventivo. El mantenimiento preventivo se define como una serie de tareas que se ejecutan periódicamente para extender la vida útil de los equipos o detectar en forma oportuna el desgaste acelerado presentado por uno de ellos. Tal desgaste es la causa directa de posibles daños y paradas no programadas, las cuales pueden ser evitadas con una adecuada planeación de tareas de mantenimiento, de ajustes o reparaciones.

El MP no es solo una forma de determinar cuando algo va a fallar para poder reemplazarlo a tiempo, va más allá e involucra funciones tales como analizar y aprender de las fallas para corregir los procedimientos y sistemas para adecuarse a las condiciones de cada máquina y utilizar los recursos necesarios para cada tarea.

El funcionamiento del mantenimiento preventivo es complejo desde el punto de vista de la multiplicidad de tareas que involucra, pero sencillo si se ve la facilidad con que se pueden desarrollar cada una de ellas con un plan organizado. El MP se compone de las siguientes funciones:

- ✓ La creación y alimentación de una base de datos que permita llevar organizadamente información de tareas, paradas, daños, equipos utilizados para realizar la tarea, partes de repuesto y equipos de trabajo involucrados.
- ✓ Ejecución de actividades relacionadas con la prevención de eventos y tendencias, como inspecciones, mediciones de diversos parámetros, revisiones de

calidad y análisis de muestras. Estas actividades recolectadas y almacenadas adecuadamente permitirá desarrollar y estudiar las tendencias de operación y desgaste de los elementos.

- ✓ Adelantar reparaciones menores o de muy poco tiempo de duración, que se puedan llevar a cabo durante las actividades generales de mantenimiento preventivo, siendo estas fundamentales para apoyar la productividad de la empresa debido a que no es necesario detener los equipos para realizarlas y además no se necesita incluir personal extra ya que se pueden sumar en las responsabilidades diarias del personal de la empresa.

- ✓ Elaboración de reportes del estado de los elementos que requieran atención y que debido a su condición pueden ocasionar paradas potenciales.

- ✓ Planear, programar y adelantar tareas de mantenimiento solicitadas como consecuencia de las inspecciones y el plan de trabajo del período.

- ✓ Analizar el proceso de mantenimiento continuamente con el fin de mejorarlo teniendo en cuenta las fallas presentadas, su frecuencia y su severidad.

- ✓ Dar entrenamiento continuo al personal de mantenimiento en todas las áreas, ya sea en nuevas técnicas de inspección, el manejo de información, utilización de nuevas herramientas, entre otras.

- ✓ La evaluación continúa de los indicadores de gestión del departamento de mantenimiento.

Si se lleva a cabalidad una buena gestión para el cumplimiento de las funciones anteriormente mencionadas, la organización obtendrá diversos beneficios pero todos se centran en dos áreas generales, menores costos y mayor satisfacción de los usuarios:

✓ Menores Costos: Son debidos a la posibilidad de una mayor planeación, evitando operaciones de emergencia con altos costos de mano de obra y equipo. Por otro lado el hecho que los equipos se inspeccionen en forma periódica permite tomar decisiones en forma oportuna, las cuales llevan a la realización de las actividades necesarias sin alterar mayormente la operación.

✓ Mayor Satisfacción de los Usuarios: Gracias a las inspecciones y al seguimiento de la maquinaria, se reduce en gran medida la detección de los problemas, fallas inesperadas o parada obligatoria por parte de los operadores y usuarios directos. Todo esto mejora el clima organizacional ya que se logra un nivel de trabajo continuo y fluido de todos.

2.4.2 Implantación del Mantenimiento Preventivo. Los pasos de implantación del mantenimiento preventivo para el presente proyecto de grado se centraliza solo a la elaboración del plan de MP para la Fresadora de tres estaciones Ex-Cell-O XG 610 NC haciendo caso omiso a las otras máquinas existentes en la empresa. Por ende solo se realizara la lista de partes que requieran de actividades de mantenimiento con sus frecuencias y normas determinadas para su cumplimiento, ya que la base de datos (formatos) que se debe crear para llevar a ejecución un plan de mantenimiento serán tomadas de las que maneja la Empresa DANA TRANSEJES COLOMBIA, pues en la actualidad ellos tienen un programa definido. Para la elaboración del plan se debe tener en cuenta los siguientes ítems:

2.4.2.1 ¿Que debe inspeccionarse? Este ítem se refiere a determinar que sistemas, subsistemas, partes de la máquina necesitan atención. En este estudio es donde se consigue compaginar la teoría y la práctica del mantenimiento preventivo. Para establecer que se debe inspeccionar se analiza e integra lo siguiente:

- ✓ Sugerencias de los fabricantes.
- ✓ Listas de recomendaciones suministrados por los mecánicos que ajustan regularmente los equipos; ellos pueden localizar una parte susceptible de desgaste o desajustes debido a factores locales, no determinados por el fabricante.
- ✓ Los registros históricos, manuales de servicio emitidos para la máquina y la experiencia del personal de mantenimiento.

2.4.2.2 Determinación de los tipos de inspección. Hay diversos tipos de inspección pero solo se tomarán tres tipos de inspección, estos son los requerimientos de lubricación, de mantenimiento mecánico y de mantenimiento eléctrico, a continuación se explicara más detalladamente en qué consiste cada uno de ellos.

✓ **Lubricación:** Para lograr un mantenimiento preventivo efectivo se deben seguir las recomendaciones realizadas por el fabricante de la máquina en relación con su lubricación pero adicionalmente se debe tener en cuenta las buenas prácticas en esta área, en seguida se ilustra los principales lineamientos para efectuar una correcta práctica de lubricación:

- Seleccionar el lubricante adecuado según su aplicación.
- Utilizar los elementos necesarios para descargar, almacenar el lubricante siguiendo los procedimientos necesarios para evitar daño de los empaques, contaminar el producto o producir derrames.
- Almacenar los lubricantes con la identificación respectiva.
- Tener procedimientos claros y concisos de las diversas tareas que se ejecutan en las áreas relacionadas con lubricantes y la lubricación.

- Reconocimiento previo de los puntos de lubricación para seleccionar los mejores lubricantes y su frecuencia de aplicación.
- Aplicar los lubricantes de acuerdo a las recomendaciones hechas por los fabricantes de las máquinas, mediante los implementos correctos y siguiendo en todo momento las reglas de seguridad estipuladas.
- Mantener las frecuencias de relubricación y cambio de aceite en tanto no se compruebe indiscutiblemente que una nueva frecuencia es mejor.
- Llevar registros escritos de las tareas de lubricación adelantadas en la máquina, con los comentarios que puedan ser relevantes.
- Controlar los parámetros de operación del lubricante.
- Realizar la limpieza periódica de los sistemas de lubricación y ajustar los diversos componentes para asegurar su buen funcionamiento.
- Mantener la máquina limpia para evitar contaminación del lubricante y permitir la detección oportuna de fugas u otros problemas.
- Identificar el lubricante usado por la máquina y los principales datos de manufactura, características de trabajo y observaciones pertinentes.
- Comunicar de forma inmediata alguna anomalía descubierta relacionada con el lubricante.

✓ **Mantenimiento Mecánico:** En su contenido figuran varios aspectos fundamentales de esta materia, tales como el mantenimiento de transmisiones, sistemas de apoyo, sistema de indexación, sistemas de operación y los trabajos específicos de mantenimiento tales como equilibrado y alineación. El mantenimiento mecánico comprende diversos aspectos, ya que generalmente los sistemas tienen componentes y mecanismos susceptibles a falla, que demandan

un seguimiento minucioso en condiciones de operación. Las tareas de mantenimiento mecánico incluyen actividades como:

- Inspección, verificación y evaluación.
- Ajuste y calibración.
- Montaje y desmontaje.
- limpieza.
- Sujeción.

✓ **Mantenimiento Eléctrico:** Son todas las actividades destinadas a mantener los elementos eléctricos en buenas condiciones de operación, donde se inspecciona o verifica voltajes, amperajes, puntos calientes, baja de tensión. En forma general, el equipo eléctrico y sus redes son de fácil mantenimiento, debido a que son muy pocas las partes de movimiento (excepto motores), y por otro lado el equipo eléctrico utiliza diseños bajo normas y reglamentos.

El mantenimiento en esta área se da a instalaciones de transmisión o conducción, equipo de protección, control, medición, comunicación, motores y transformadores.

2.4.2.3 Frecuencia de inspección. Una vez determinadas las inspecciones, es necesario determinar con qué frecuencia es necesario realizarlas. La primera fuente es el fabricante de la máquina, en su manual o en las instrucciones de uso y cuidado del equipo, incluye una descripción completa de las tareas que gracias a su experiencia y conocimiento, ha determinado que se deben hacer y sus frecuencias óptimas para realizarlas. Otra forma es basarse en la experiencia propia, esto es posible cuando el sistema ya tiene buen tiempo en operación y el departamento de mantenimiento tiene la suficiente información para elegir las frecuencias correctas. Hay otros consejos o parámetros para determinar la frecuencia, los cuales son: Económicos y Vida útil.

✓ **Económicos:** La decisión de la frecuencia de inspección probablemente tiene la mayor incidencia en los costos y ahorros de un plan de Mantenimiento Preventivo. Demasiada inspección es un gasto innecesario y la falta de inspección aumenta las paradas de emergencia y el reemplazo prematuros de repuestos y piezas., por ello se puede seguir estos consejos:

- Es conveniente fijar una frecuencia diaria para tareas de muy bajo coste, como las inspecciones visuales o las lecturas de parámetros.
- La frecuencia mensual es aconsejable para tareas que supongan montajes o desmontajes complejos, y no esté justificado hacer a diario.
- La frecuencia anual se reserva para tareas que necesitan que la planta esté parada, y que no se justifica realizarlas con frecuencia mensual.

✓ **Vida útil:** En este factor lo básico es la durabilidad, confiabilidad y probabilidad de falla de la máquina según los requerimientos de la empresa, en esta encontramos diversos parámetros para la buena elección de la periodicidad de las actividades de mantenimiento:

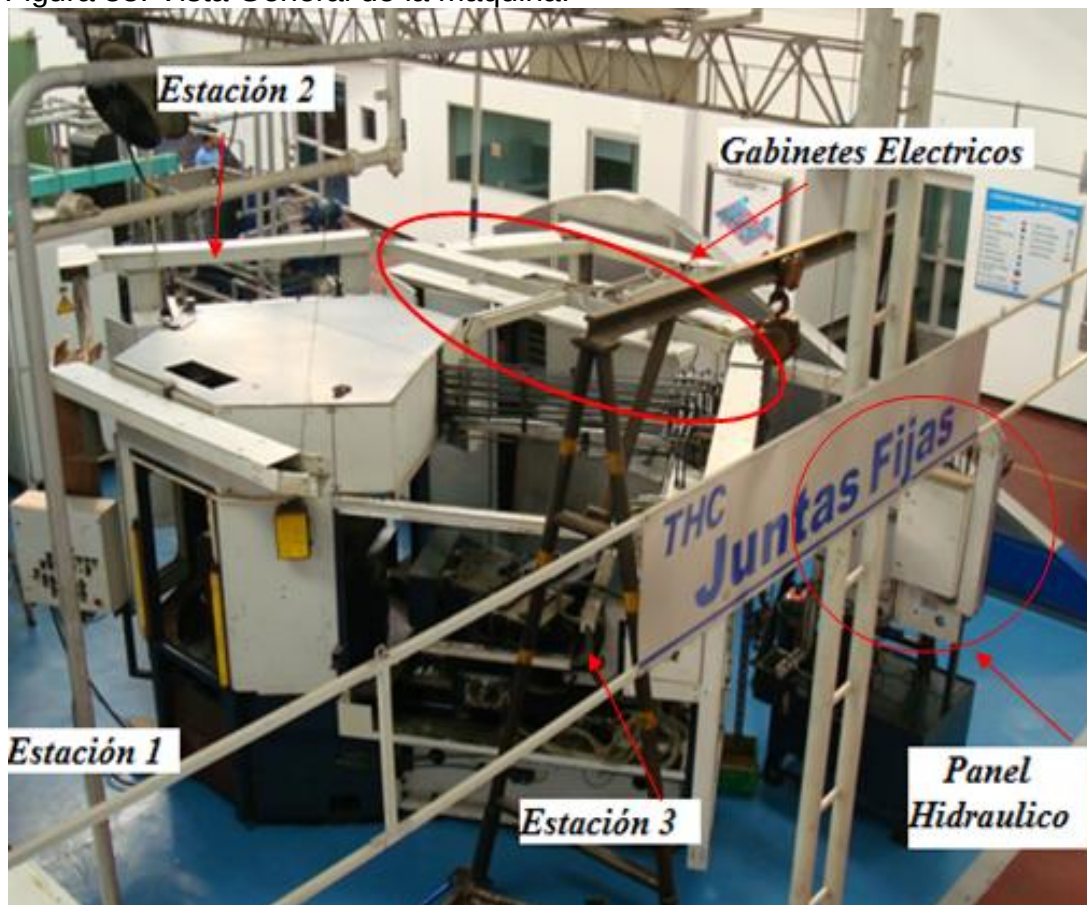
- La máquina con un alto potencial de riesgo de accidentes requieren frecuencias elevadas de inspección.
- Muchos fabricantes sugieren ciclos de frecuencia basados en días de ocho horas de trabajo; otras se basan en el uso (kilometraje). A veces se usan los dos fundamentos poniendo en práctica la que se cumpla primero.
- Si la máquina está sujeta a vibraciones, sonidos, sobrecargas o abusos, este debe someterse a revisiones frecuentes del estado o condición de funcionamiento.
- Dependiendo de la exposición al mugre, fricción, fatigas, esfuerzos o corrosión, y de el tiempo de vida esperado.

➤ Si las tolerancias dadas por el fabricante son muy precisas, es necesario acortar los ciclos de inspección. También se evalúa que tanto afectará el mal ajuste o desalineamiento en la calidad del producto.

3. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA FRESADORA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES

Este capítulo describe el funcionamiento general de la máquina (Ver figura 38), desde el punto de vista práctico, se hará alusión a los movimientos básicos de la máquina para facilitar al lector el entendimiento del proyecto.

Figura 38. Vista General de la máquina.



Fuente: Los autores.

3.1 DATOS GENERALES DE LA MÁQUINA

Compañía.	Ex–Cell-O (XLO)
Origen.	Alemania
Año.	1988
Modelo.	XG 610 –NC
Referencia.	106.585.6.000
Standard Number.	400 240 B
Peso Total Teórico.	1986 Kgf
Capacidad.	48 KW.
Corriente.	3 ~ (Trifásica)
Frecuencia.	60 Hz
Línea de Voltaje.	440 V
Corriente de Carga.	100 A
Voltaje de Control.	115 VAC 24 VDC V

3.2. ANTECEDENTES DE LA MÁQUINA

Esta máquina herramienta llega a la planta Transejes Bucaramanga hacia el año 2004 proveniente de Estados Unidos; Inicialmente tuvo que ser ensamblada parte de sus guardas y protecciones bajo algunas instrucciones de los técnicos de Dana USA. Adicionalmente, se le realizó una restauración a la máquina, es decir, pintura, remoción de óxidos, arreglo de canaletas; mejorando notoriamente su aspecto, pero no quedó ninguna evidencia de pruebas de funcionamiento.

En 2009 se realizó un primer diagnostico mecánico de la máquina, en esa oportunidad se logró inventariar de manera satisfactoria la mayor parte de los elementos hidráulicos, mecánicos y neumáticos; y a su vez realizar un análisis de presupuestos para la intervención de la misma.

Dicho estudio mostró que la restauración de la Fresadora requería de una importante suma de dinero y de personal adecuado con disposición de tiempo que por el momento no se contaba en la empresa; es por esta razón que el departamento de Automatización, bajo el mando del Ingeniero Sergio Álvarez Coronel, se apodera del proyecto y asume la responsabilidad.

En el año 2010 los problemas constantes que se estaban presentando en las líneas de producción de juntas fijas y ejes homocinéticos hicieron que las prioridades en los proyectos del departamento de Automatización cambiaran y que la intervención de la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones fuera casi inmediata.

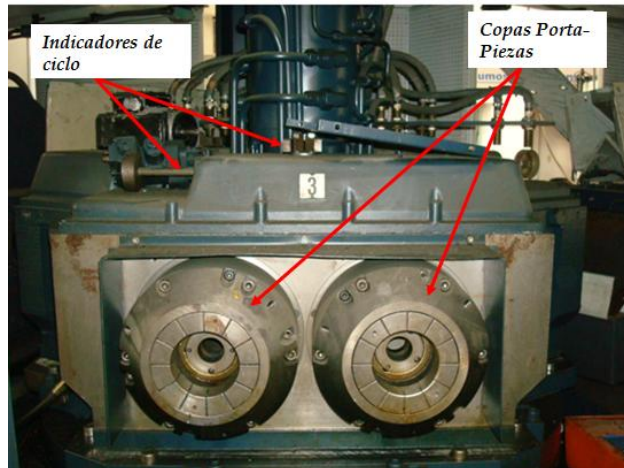
Es así como en Septiembre del año 2010 se toma la decisión de intervenir la máquina con el fin de en un lapso de máximo 8 meses estuviera en la línea de producción y así poder contrarrestar los graves problemas (cuello de botella) que estaba presentando.

3.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL

En primera instancia se dará una inducción al funcionamiento general de la máquina facilitando el entendimiento global de todos los sistemas. Para dar paso a la explicación del funcionamiento se debe hacer la diferencia entre módulo de trabajo y estación de trabajo.

3.3.1 Módulo de Trabajo. Elementos hidro-mecánicos encargados de la manipulación de la pieza, permite su anclaje y la indexación de las copas para el mecanizado de cada una de las pistas. (Ver figura 39).

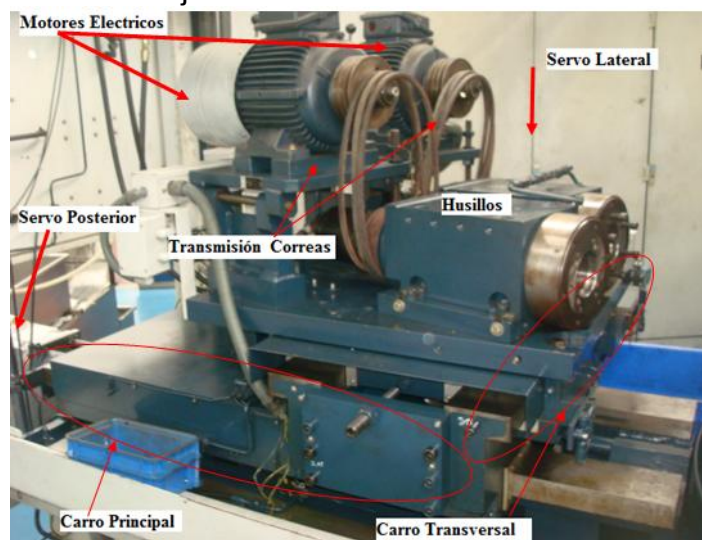
Figura 39. Módulo de trabajo número tres – Fresadora XLO XG 610NC



Fuente: Los Autores.

3.3.2 Estación de Trabajo. Es aquella donde se encuentran los husillos porta-herramientas, (Ver figura 40), tienen la capacidad de acercarse hacia la pieza y realizar la operación con alta exactitud. (Estación 1: Aquella donde se encuentra el operario, Estación 2: Desbaste, Estación 3: Acabado). Cada una de las estaciones de trabajo consta de una bancada fija, un carro principal y un carro transversal, entre otros elementos.

Figura 40. Estación de Trabajo número tres – Fresadora XLO XG 610 NC

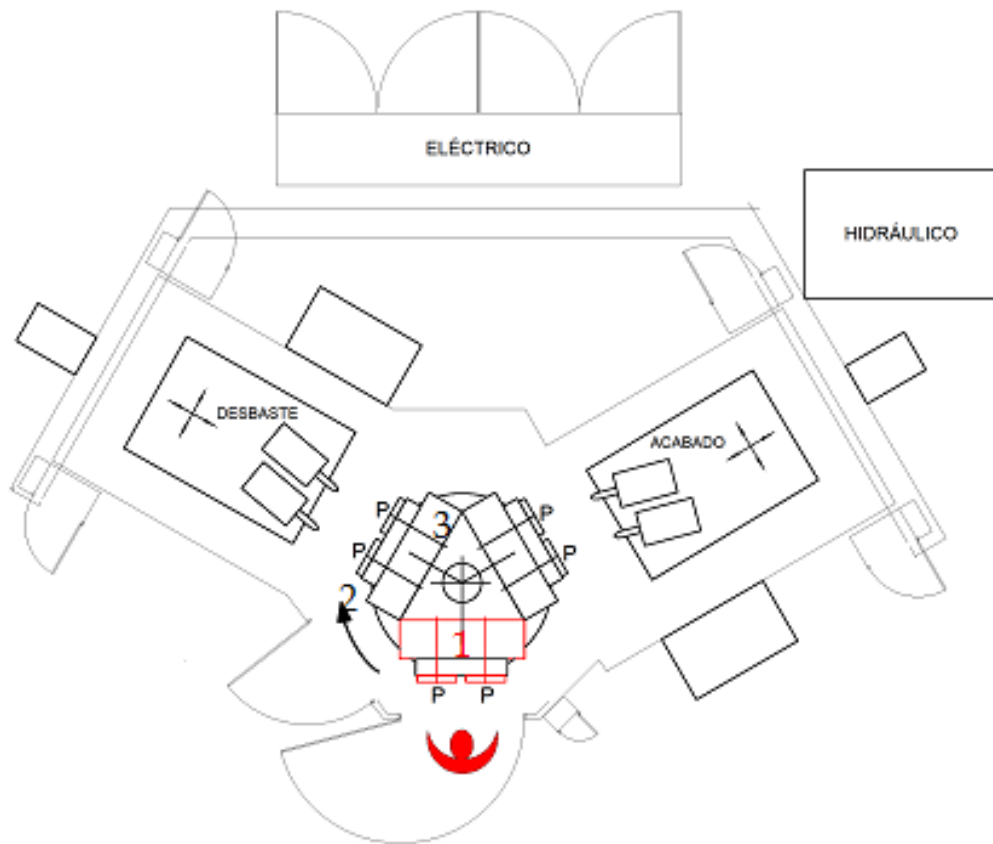


Fuente: Los Autores.

3.3.3 Secuencia de indexación de la mesa.

i. El proceso general de fresado interno de Juntas Fijas comienza en la estación número uno, en donde el módulo de trabajo uno se encuentra enfrenteado a ella, en ese momento el operario retira las juntas ya mecanizadas y pone las nuevas sin mecanizar; para este primer proceso la mesa deberá estar anclada por medio de dos cilindros de sujeción; el módulo dos y el módulo tres están enfrenteados a las estaciones dos y tres respectivamente (Ver figura 41).

Figura 41. Módulo de Trabajo uno enfrenteado en la estación uno.

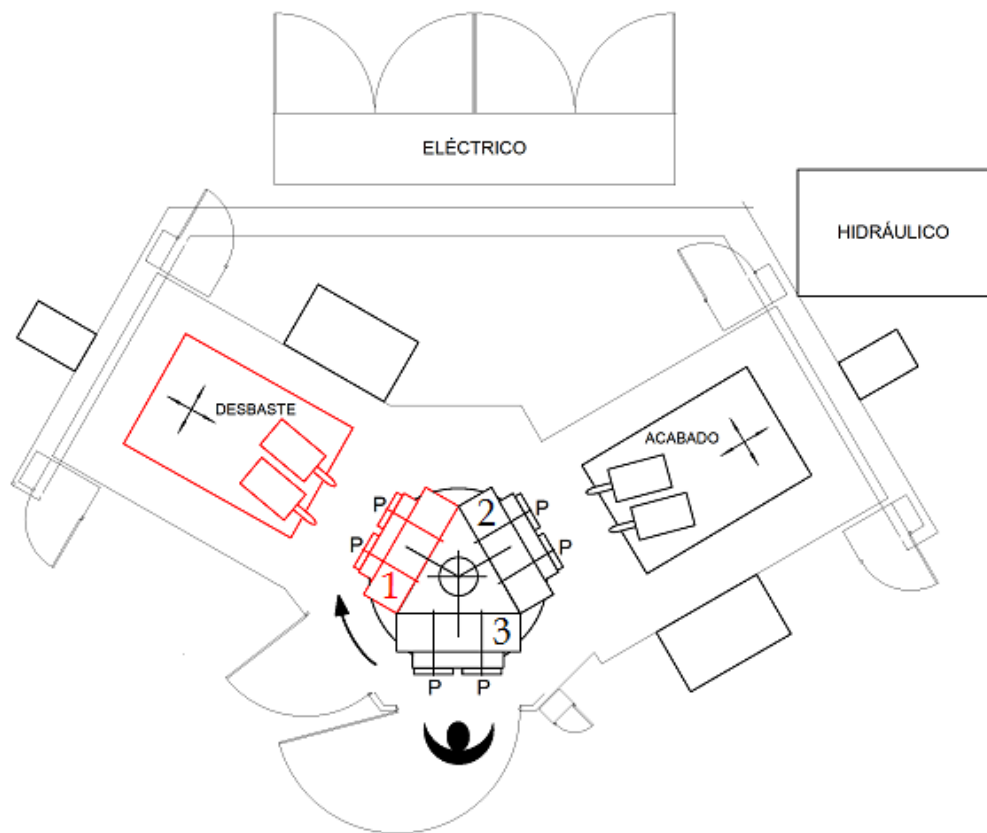


Fuente: Los Autores.

ii. Tan pronto terminan las actividades del operario (descrito anteriormente), de la estación dos y de la estación tres, se da la orden para que se accionen los cilindros de sujeción liberando la mesa para poder moverse.

- iii. Se da la orden a un motor hidráulico acoplado a la mesa y ésta gira y se posiciona de la siguiente manera; El módulo uno queda enfrente en la estación dos, el módulo dos queda enfrente en la estación tres y el modulo tres queda enfrente a la estación uno (operario).
- iv. Tan pronto como la mesa llega a esta posición los cilindros de sujeción se retraen anclando la mesa en la posición exacta (120°).
- v. El módulo uno queda enfrente en la estación dos, allí se comienza el primer fresado de las pistas donde encajan las esferas de la junta. (Fresado de desbaste). (Ver figura 42).

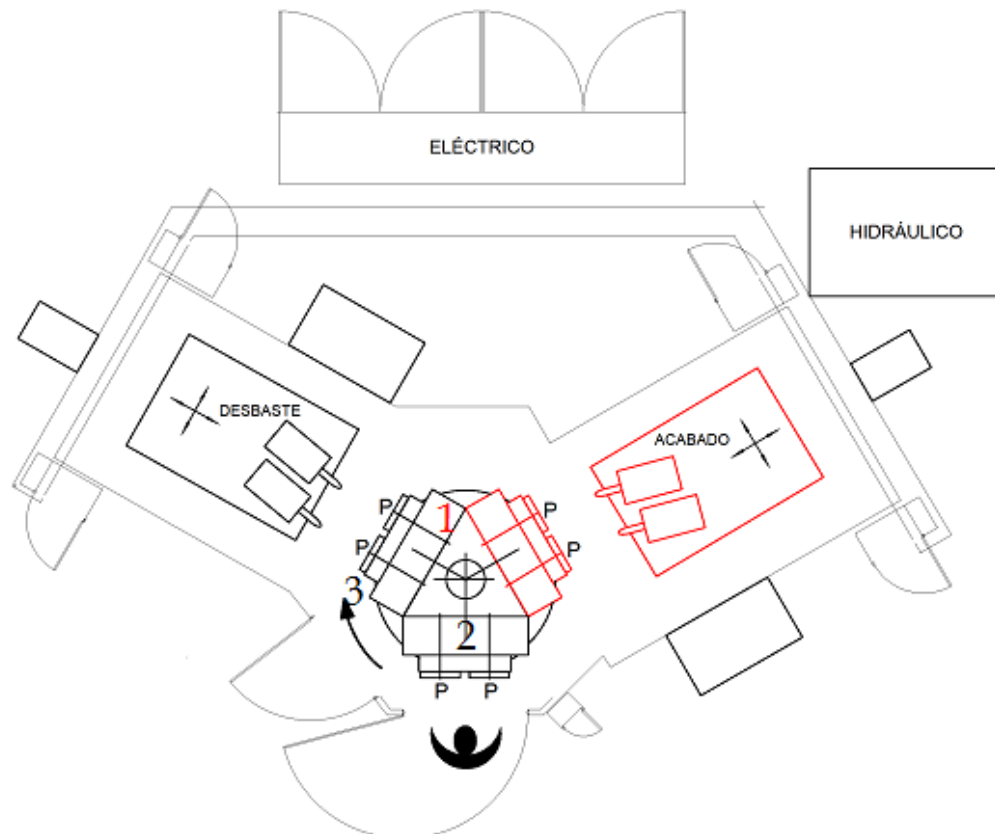
Figura 42. Módulo de trabajo uno enfrente a la estación dos.



Fuente: Los autores.

- vi. Terminado el fresado de desbaste los cilindros de sujeción se accionan nuevamente liberando la mesa para su siguiente indexación.
- vii. La mesa gira nuevamente, gracias al motor hidráulico, y posiciona el módulo uno en la estación tres (120° más). - El modulo dos en la estación uno y el modulo tres en la estación dos.
- viii. Se retraen nuevamente los cilindros de sujeción, anclando la mesa.
- ix. El modulo uno es enfrentado hacia la estación tres, allí se genera el proceso de fresado final (Fresado de acabado), (Ver figura 43).

Figura 43. Módulo de trabajo uno enfrentado a la estación 3



Fuente: Los Autores.

x. Terminado este proceso se vuelven a accionar los cilindros de sujeción liberando la mesa; permitiendo el giro.

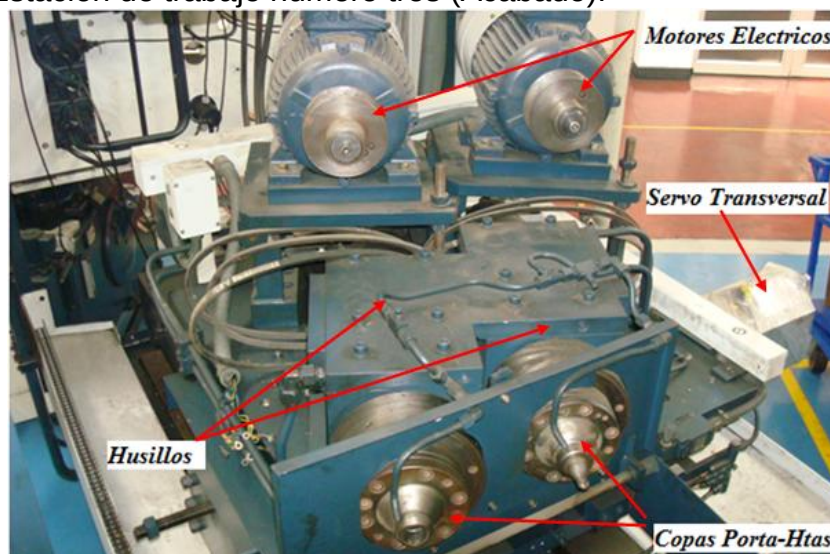
xi. Nuevamente el módulo uno se posiciona en la estación 1, y comienza nuevamente el proceso.

3.3.4 Secuencia de las estaciones de trabajo. A pesar de que el mecanizado de desbaste se realiza en la estación dos y el mecanizado de acabado en la estación número tres, las dos estaciones se componen primordialmente de los mismos elementos y realizan básicamente las mismas secuencias.

Tan pronto como el módulo queda enfrentado a la estación de trabajo, ésta entra en acción y lo hace de la siguiente manera:

i. Los motores eléctricos, que se encuentran ubicados en la parte superior y que van acoplados por medio de una transmisión por correas a los husillos, siempre permanecen encendidos permitiendo el giro de las copas porta herramientas. (Ver figura 44).

Figura 44. Estación de trabajo número tres (Acabado).



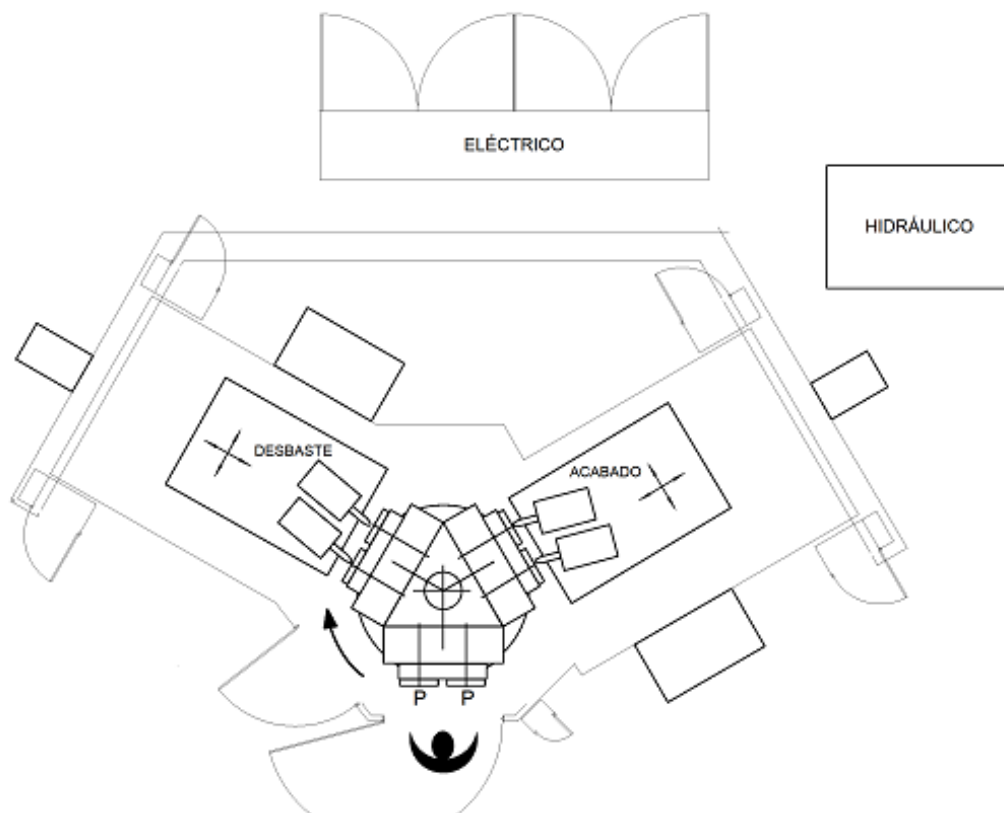
Fuente: Los Autores.

ii. El servomotor ubicado en la parte posterior de la estación se encarga del movimiento del carro principal hacia adelante y hacia atrás por medio de un tornillo a bolas.

El servomotor ubicado en la lateral derecha de la estación de trabajo es el encargado del movimiento del carro transversal, igualmente por medio de un tornillo a bolas.

iii. Cuando se da la orden de anclaje de la mesa de indexación, se envía una señal por medio de un presostato para que entren en funcionamiento los servomotores que accionan los carros principales y transversales hasta encontrar el centro cero, punto en que las herramientas y las piezas están concéntricas. (Ver figura 45).

Figura 45. Centro-Cero de los husillos y módulos.

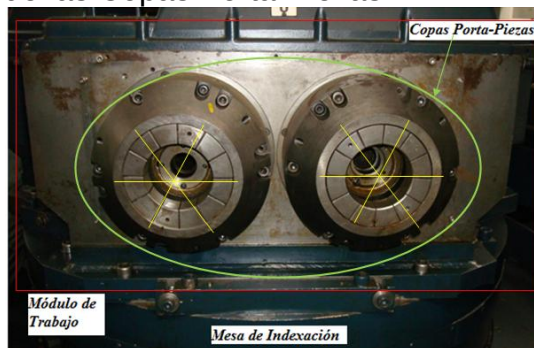


Fuente: Los Autores.

iv. Una vez encontrado el centro cero, el control automático debe entrar en operación, los servomotores tendrán la secuencia de movimientos exacta para realizar cada una de las pistas.

v. Tan pronto se mecanice la primera de las pistas, la herramienta de corte vuelve a tomar el centro cero y las copas porta piezas giran 60° para el mecanizado de la siguiente pista. Este proceso se repite 6 veces antes que la mesa se active para una nueva indexación. (Ver figura 46).

Figura 46. Posiciones de las Copas Porta-Piezas



Fuente: Los Autores.

Aclaraciones:

a. Cada uno de los módulos realiza los procesos simultáneamente con los otros dos módulos.

b. Cada una de las estaciones está posicionada cada 120° ; es decir la mesa deberá girar dicho ángulo hasta posicionar cada modulo hasta la siguiente estación.

c. Cada uno de los módulos posee un mecanismo de indexación interno que posiciona cada una de las 6 pistas para ser mecanizada.

d. La mesa consta con un rodamiento de rodillos cónicos con un alto ajuste que permite soportar tanto las cargas axiales como las radiales.

4. CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE LA MÁQUINA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES

4.1 SISTEMAS OLEO-NEUMÁTICOS

Los movimientos de la máquina dependientes de la parte hidráulica alcanzan un 70%. Estos están distribuidos en un circuito hidráulico principal y varios circuitos adicionales dependientes de éste; la distribución de las válvulas y demás componentes están repartidos a lo largo de la máquina para facilitar su funcionamiento.

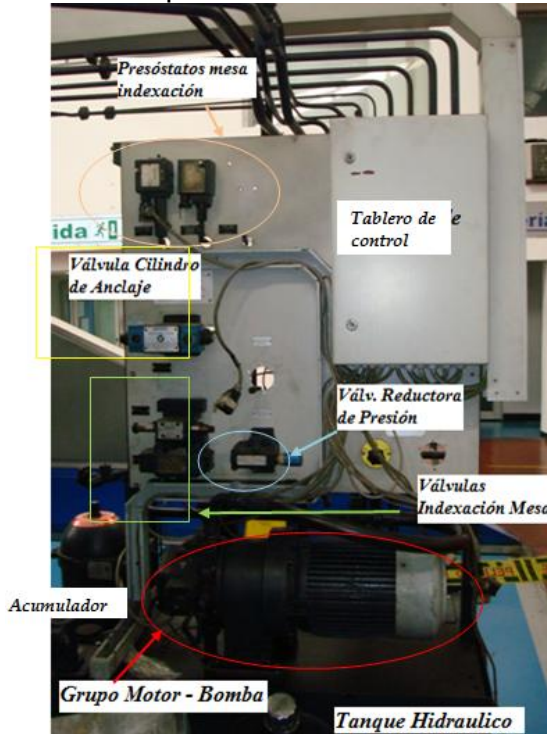
Así, se puede distinguir entre el panel hidráulico principal, que contiene los elementos encargados del funcionamiento de la mesa de indexación, el panel hidráulico de la estación número dos, donde están ubicados los elementos para anclaje y desanclaje de las herramientas de los husillos de ésta estación y por supuesto el panel principal de la estación número tres, donde están dispuestos los elementos para los movimientos de indexación de cada uno de los módulos de trabajo así como también los de anclaje y desanclaje de las herramientas de la estación tres.

A continuación se hará el inventario de la máquina tal cual y como se encontró originalmente, cabe resaltar que muchos de los componentes que se muestran estaban en mal estado o simplemente la máquina no contaba con ellos.

Se realizó un seguimiento exhaustivo de cada una de las líneas en búsqueda de estos elementos en mal estado y para determinar los elementos que se podrían montar en lugar de los faltantes.

4.1.1 Panel oleo-hidráulico principal. En este panel (Ver figura 47) se encuentran los componentes principales encargados de los movimientos relacionados con la mesa de Indexación. Se cuenta con los siguientes componentes:

Figura 47. Panel Hidráulico Principal.



Fuente: Los Autores.

4.1.1.1 Tanque Hidráulico. Tanque con capacidad de 250 litros, montado sobre una estructura metálica de 10 centímetros de altura y con cauchos para amortiguar la vibración. El tanque además está equipado con:

- Una mirilla para el control de nivel de aceite.
- Un sensor eléctrico que indica cuando el tanque esta con el nivel correcto.
- Una tapa roscada para el llenado de aceite.
- Una tapa de 35 centímetros de diámetro para labores de mantenimiento.
- Válvula de drenaje.

4.1.1.2 Bomba Hidráulica. Bomba hidráulica marca Rexroth 1PV2V4- 2X/50-RAO1M160 es una bomba de paletas dobles de desplazamiento variable de la serie 2X de Rexroth.

4.1.1.3 Acumulador. Sistema de Acumulación marca Hydac serie Accuset SB y de Referencia SB210-10A/112-1, se compone de un acumulador de vejiga SB, un bloque de seguridad y aislamiento y el set para la fijación del acumulador. (Ver figura 48).

Figura 48. Acumulador Hidráulico.

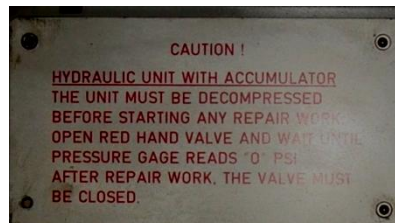


Fuente: Los Autores.

El acumulador debe tener una carga de 10 Litros (GroBe), y trabajar en un sistema con presión de servicio de 50 Bar (Betriebsdruck), cargado con Nitrógeno a 25 Bar (Stickstoff p1).

Adicionalmente la máquina en el panel principal trae una placa que advierte la precaución que hay que tener normalmente con los sistemas hidráulicos con acumulador. (Ver Figura 49).

Figura 49. Advertencia del Acumulador.

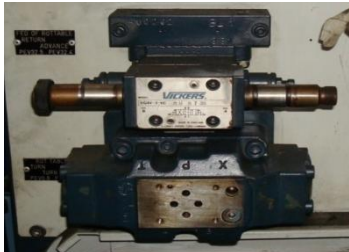


Fuente: Los Autores.

4.1.1.4 Válvulas de Indexación de la mesa.

- ✓ Válvula direccional 4/3 (Ref.: DG5V 7 2C T MU B720), encargada del giro de la mesa.
- ✓ Válvula piloto (Faltante)
- ✓ Válvula direccional (Ref.: DG4V 3 6C MU B 730), encargada de la alimentación del giro de la mesa. (Faltan las 2 bobinas), (Ver figura 50).

Figura 50. Válvulas de Indexación de la Mesa.



Fuente: Los Autores

4.1.1.5 Válvulas reductoras de Presión.

- ✓ Válvula Reductora de Presión (Ref.: DGMX5 PPBK108 Vickers). Presión reducida del anclaje de la mesa de indexación.
- ✓ Válvula reductora de Presión de la unidad de carga (Ref.: XDG2V 6BK 10). (Deshabilitada), (Ver figura 51).

Figura 51. Válvula reductora de Presión.



Fuente: Los Autores.

4.1.1.6 Válvula de anclaje de la mesa. Válvula direccional 4/3 Vickers (Ref.: DG4S4 012 N UB 60) encargada del anclaje o desanclaje de la mesa. Cuenta con la reductora de presión en el mismo manifold, (Ver figura 52).

Figura 52. Válvula de anclaje de la Mesa de Indexación.



Fuente: Los Autores.

4.1.1.7 Presóstatos Hidráulicos. Los presostatos son referencia: ACW7 Form M12G1 Square d.

- ✓ Anclaje de la mesa giratoria
- ✓ Posicionamiento de la mesa giratoria. (Faltante)
- ✓ Desanclaje de la mesa giratoria, (Ver figura 53).

Figura 53. Presostatos – Mesa de indexación.



Fuente: Los Autores.

4.1.1.8 Otros componentes.

- ✓ 2 Manómetros (Faltantes)

- ✓ Recipiente de lubricación Willy Vogel (Ref.: MFE5/BW7), (Ver figura 54)
- ✓ Filtro hidráulico con separador (Ref.: Pi 4215-13-NBR Purolator), (Ver figura 54).

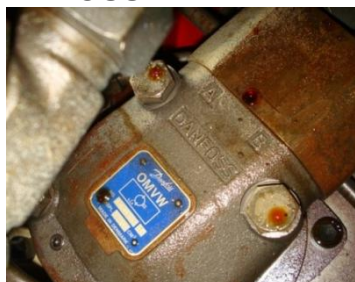
Figura 54. Acumulador-Filtro-Recipiente Lubricación



Fuente: Los Autores.

Se continuó realizando el seguimiento de las líneas del panel hidráulico principal y se encontró una válvula de desaceleración (Ref.: FMR 20 P1.3-1010 RexRoth), (Ver figura 57), 2 válvulas reguladoras (Ref.: F10 P3-30/5 Q SO 130), Un conjunto de válvulas de alivio -Dual relief valve-, (Ver figura 56) (Ref.: DSZZ010 100 28195 Heinzl Bauer) y por supuesto el motor hidráulico (Ref.: OMVW 630 N°: 151B0268 Danfoss), (Ver figura 55).

Figura 55. Motor Hidráulico DANFOSS

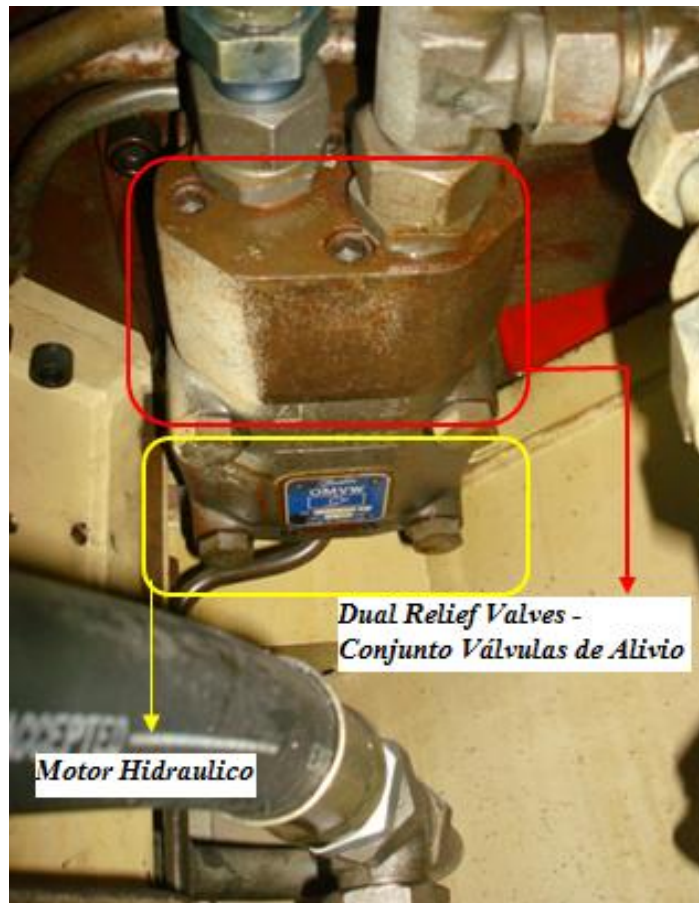


Fuente: Los Autores.

Asociado a este panel hidráulico se pueden plantear dos subsistemas adicionales que son: el sistema de posicionamiento y el sistema de anclaje de la mesa

4.1.1.9 Sistema de posicionamiento de la mesa de indexación. La inercia que posee tanto la mesa como sus elementos constitutivos hacen que al hacerla girar tienda a permanecer en un movimiento relativo que posiblemente traería un posicionamiento incorrecto cada 120°. Es por esto que existen una válvula de desaceleración (Ver figura 57), un conjunto de válvulas de alivio – Dual Relief Valve -(Ver figura 56) y un mecanismo barras y resorte que proporcionan el correcto posicionamiento de la misma (Ver figura 58).

Figura 56. Conjunto Válvula de Alivio.



Fuente: Los Autores.

Figura 57. Válvula Desaceleración.



Fuente: Los Autores.

Figura 58. Mecanismo de barras del sistema de posicionamiento.



Fuente: Los Autores.

4.1.1.10 Sistema de Anclaje de la mesa de indexación. El sistema de anclaje de la mesa funciona básicamente con dos cilindros hidráulicos (Ver figura 59) de carrera corta, los cilindros se accionan y liberan la mesa permitiendo el giro de la misma, tan pronto la mesa se ha posicionado en el lugar adecuado los cilindros se

retraen anclando la mesa de indexación hacia la mesa fija de la máquina. La mesa de indexación consta de tres topes-levas, (Ver figura 60), cada 120°, que encajan perfectamente en los cilindros de anclaje cada vez que llegan a ese lugar.

Este sistema no está presente a simple vista, para lograr entenderlo y poder explicarlo se mostrará una foto de la mesa de indexación desmontada.

Figura 59. Cilindros de Anclaje de la Mesa de Indexación



Fuente: Los Autores

Figura 60. Topes – Leva.

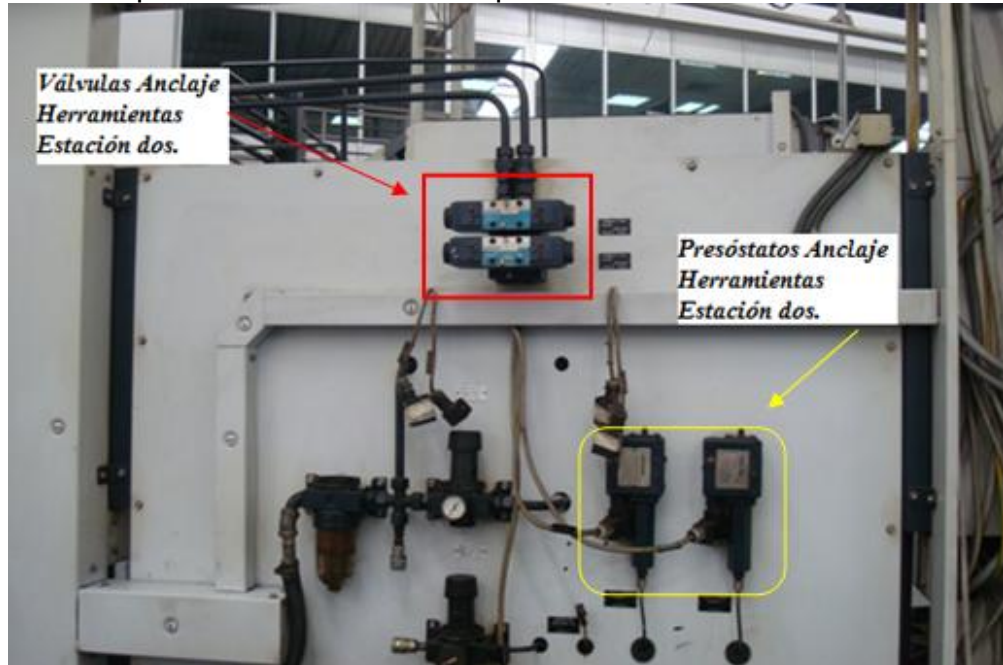


Fuente: Los Autores.

4.1.2 Panel Neumático e hidráulico de la estación número dos. En este panel (Ver figura 61) además de encontrar las válvulas encargadas del anclaje de la herramienta en la estación 2, se encuentran también los componentes neumáticos (Ver figura 62).

A su vez se explica el circuito adjunto al panel hidráulico de la estación dos, que se encuentra ubicado en la parte lateral, en donde se puede ver el subsistema de lubricación de la mesa y de limpieza de partes.

Figura 61. Componentes Hidráulicos del panel de la estación número dos.



Fuente: Los Autores.

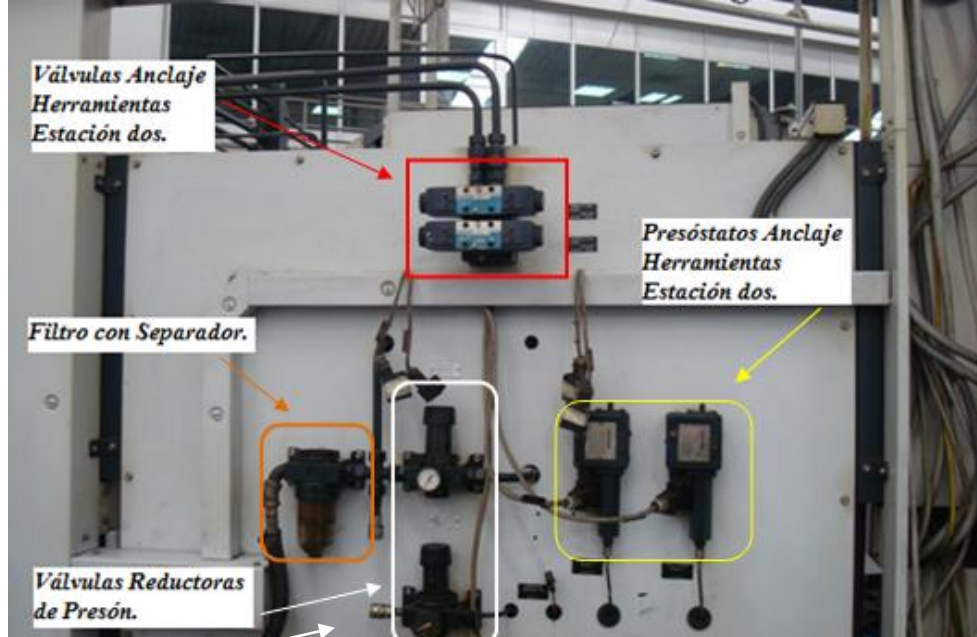
4.1.2.1 Válvulas Oleo hidráulicas Direccionales.

- ✓ Válvula direccional Anclaje y desanclaje de la herramienta del husillo 1 (Ref.: DG4V 32 N MU B660 Vickers).
- ✓ Válvula direccional Anclaje y desanclaje de la herramienta del husillo 2 (Ref.: DG4V 32 N MU B660 Vickers).

4.1.2.2 Presóstatos hidráulicos.

- ✓ Presóstatos de anclaje de la herramienta del husillo uno de la estación tres. (Ref.: ACW7 Form M12G1 Square d.)

Figura 62. Componentes Neumáticos del panel de la estación número dos.



Fuente: Los Autores.

4.1.2.3 Filtro neumático con separador. Este elemento posee un separador que proporciona mejor filtrado. La alimentación de aire de la línea está entre los 70 y 84 psi. Referencia Filtro: F13-400-A3TD Norgren.

4.1.2.4 Válvulas Neumáticas Reductoras de Presión. Este panel presenta dos válvulas reductoras de presión para dos líneas independientes de la máquina, una de ellas recorre las mangueras hacia el árbol distribuidor y para la limpieza de la herramienta y la otra para generar el vacío en el lubricador para la lubricación interna de la mesa, permitiendo el giro.

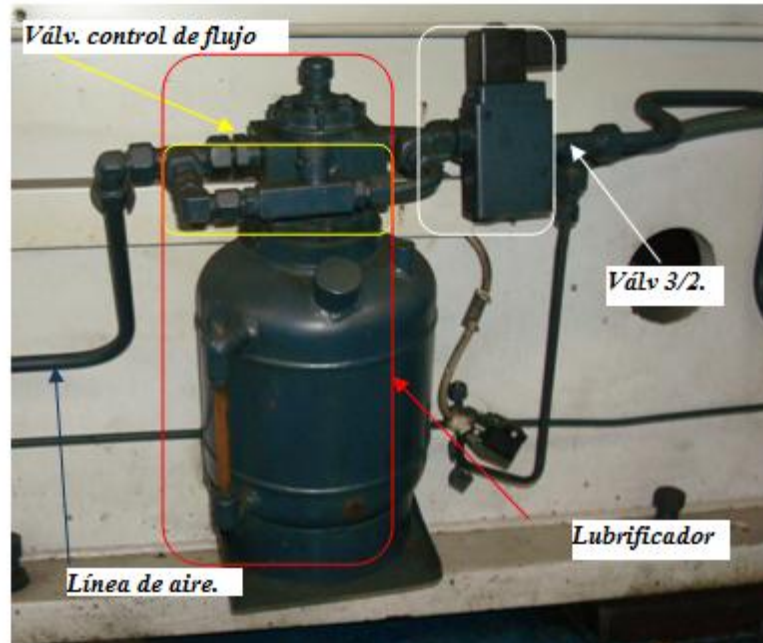
✓ Válvula Reductora de Presión (Ref.: R13-400-RNMD Norgren)

✓ Válvula Reductora de Presión (Ref.: R13-200-RNMD Norgren)

4.1.2.5 Sistema Lubricación. Este sistema (Ver figura 63) consta de un recipiente lubricador que genera una neblina de aceite-aire que facilita el giro de

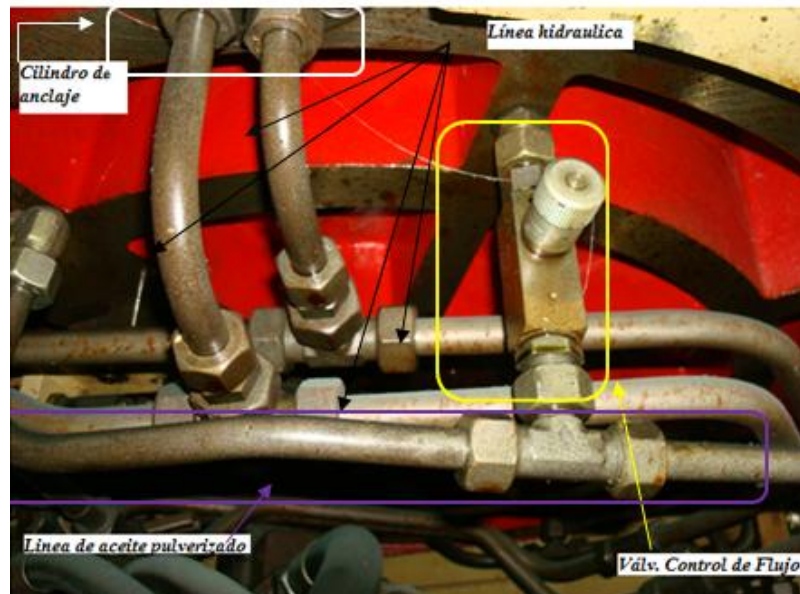
la mesa (Ver figura 64), disminuyendo el coeficiente de fricción de sus partes móviles e inmóviles.

Figura 63. Sistema de Lubricación



Fuente: Los Autores.

Figura 64. Inyección de aceite pulverizado.



Fuente: Los Autores.

- ✓ Lubricador (Ref.: L13-400-OPVD Norgren)
- ✓ Válvula 3/2 (8020850 0201 115V, 60Hz Herion)
- ✓ Válvula de Control de flujo (Ref.: 9F600B Parker)
- ✓ Válvula de Control de flujo (Ref.: 9F600B Parker)
- ✓ Válvula de control (Ref.: Serie 785 Festo)

4.1.2.6 Sistema de Limpieza de la Herramienta. Para la limpieza de la herramienta de cada una de las estaciones (estación 2 y 3) se deriva un circuito adicional de la línea neumática principal (Ver figura 65).

Figura 65. Sopletes de la Herramienta.

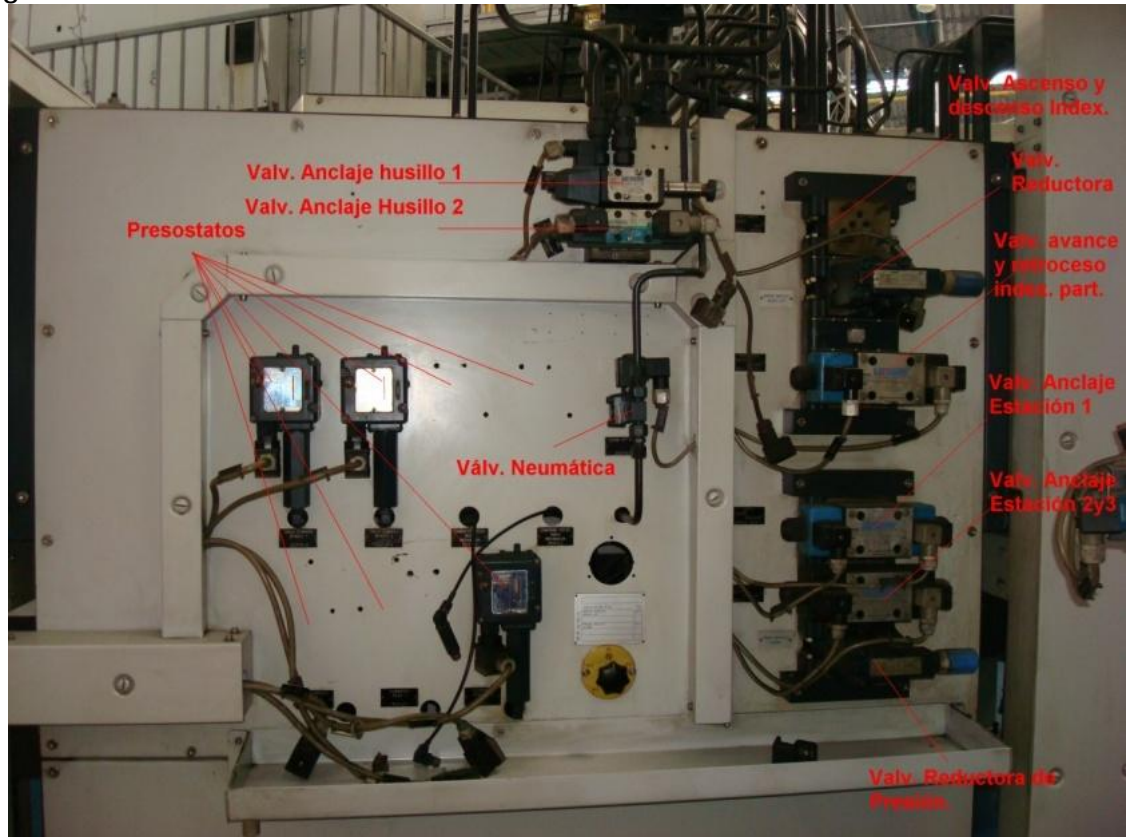


Fuente: Los Autores.

4.1.3 Panel Hidráulico de la Estación Número Tres. En este panel (Ver figura 66) se encuentran los elementos encargados de los movimientos de los husillos de

la estación tres y adicionalmente los componentes de mando del giro de las copas porta-piezas de cada uno de los módulos de trabajo.

Figura 66. Panel Hidráulico de la Estación número tres.



Fuente: Los Autores.

4.1.3.1 Presóstatos hidráulicos. Este panel cuenta con siete presóstatos hidráulicos, todos de la misma referencia: ACW7 Form M12G1 Square-d.

- ✓ Anclaje de la Hta del husillo uno de la estación tres.
- ✓ Anclaje de la Hta del husillo dos de la estación tres.
- ✓ Transferencia de presión Mecanismo de Indexación. (Faltante)
- ✓ Disminución de presión Mecanismo de Indexación. (Faltante)

- ✓ Desanclaje de las piezas-juntas en la estación uno.
- ✓ Anclaje de las piezas-juntas en la estación uno. (Faltante)
- ✓ Anclaje de las piezas-juntas en las estaciones dos y tres.

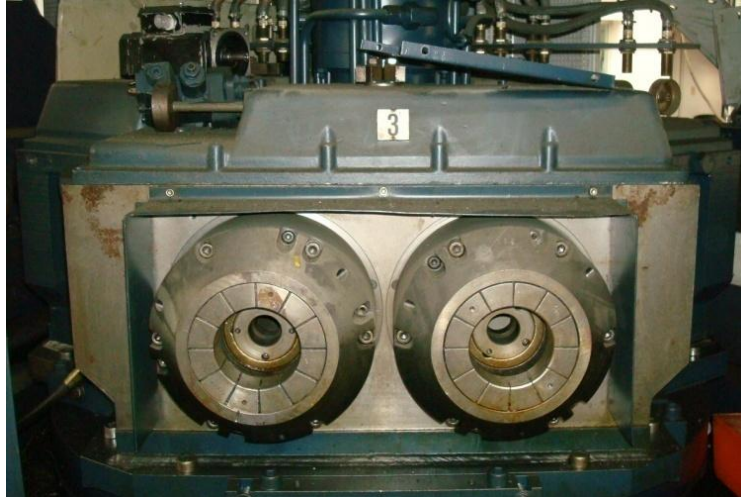
4.1.3.2 Válvulas Hidráulicas Direccionales. El panel número tres cuenta con dos válvulas hidráulicas direccionales referentes al anclaje de las herramientas en los husillos caracterizadas de la siguiente manera:

- ✓ Válvula direccional anclaje husillo 1 (Ref.: DG4V 3 2N MU B7 30 Vickers).
- ✓ Válvula direccional anclaje husillo 2 (Ref.: DG4V 3S 2N MU B5 60 Vickers).

4.1.3.3 Árbol Distribuidor y Módulos de Trabajo. En este panel hidráulico se encuentra el control de cada uno de los módulos de trabajo (Ver figura 67).

- ✓ Válvula de ascenso y descenso del componente de indexación (Ref.: DG4V 5 2N MU EK 620) (Faltante)
- ✓ Válvula Reductora de Presión (Ref.: XCG2V 6BK 10)
- ✓ Válvula direccional avance y retroceso de componente de Indexación (Ref.: DG4V 5 2N MU EK 620)
- ✓ Válvula anclaje y desanclaje de las juntas en la estación 1 (Ref.: DG4V5 2N MU EK 620 Vickers)
- ✓ Válvula anclaje y desanclaje de las juntas en las estaciones 2 y 3. (Ref.: DG4V5 2N MU EK 620 Vickers)
- ✓ Válvula Reductora de presión (Ref.: XCG2V 6BK 10)

Figura 67. Módulo de Trabajo Número Tres.



Fuente: Los Autores.

Adicionalmente cabe destacar el funcionamiento del árbol distribuidor (Ver figura 68), en teoría el árbol distribuidor deberá ser capaz de dirigir el fluido para cada uno de los módulos en la posición que lo requiera.

Figura 68. Árbol Distribuidor.



Fuente: Los Autores.

4.2. DISPOSITIVOS DE SUJECCIÓN

4.2.1 Copas Porta-Piezas. Cada uno de los módulos de trabajo (Ver figura 67) está interconectado por medio de un árbol distribuidor (Ver figura 68) que proporciona la dirección del fluido para la estación de trabajo en la que se encuentren.

Figura 69. Árbol Distribuidor Conectado.



Fuente: Los Autores.

El sistema completo de sujeción e indexación de los módulos porta-piezas tiene la capacidad de realizar movimientos, de sujeción, indexación y distribución.

Las primeras aproximaciones hacia el mecanismo muestran que el fluido debe entrar por la parte superior del árbol distribuidor y a medida que va girando la mesa, las cavidades se van posicionando hacia el módulo que requiera fluido para su procesamiento.

4.2.2 Copas Porta-Herramientas. Los Husillos (Ver figura 70) tienen un sistema hidráulico independiente, que ancla o desancla la herramienta, no permitiendo ningún otro tipo de movimiento. El giro del husillo se hace por medio de una transmisión por correas en V (Ref.: A43) acopladas a un motor eléctrico

Figura 70. Husillos.



Fuente: Los Autores.

Los sistemas de anclaje tanto de la pieza, como de la herramienta, es decir el diseño mecánico de la copa “porta-pieza” (Ver figura 71) y de la copa “Porta-herramienta” (Ver figura 72) son de referencia SG Chuck Clamping System de marca Emuge.

Figura 71. Copa Porta-Piezas.



Fuente: Los Autores.

Figura 72. Copa Porta-Herramienta.



Fuente: Los Autores.

4.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La máquina posee un sistema de refrigeración, (Ver figura 73), para los husillos de la estación número tres, estos husillos al ser operados a grandes velocidades (operación de acabado) y exigir una alta precisión se recalientan fácilmente y es necesaria su refrigeración.

Figura 73. Chiller.

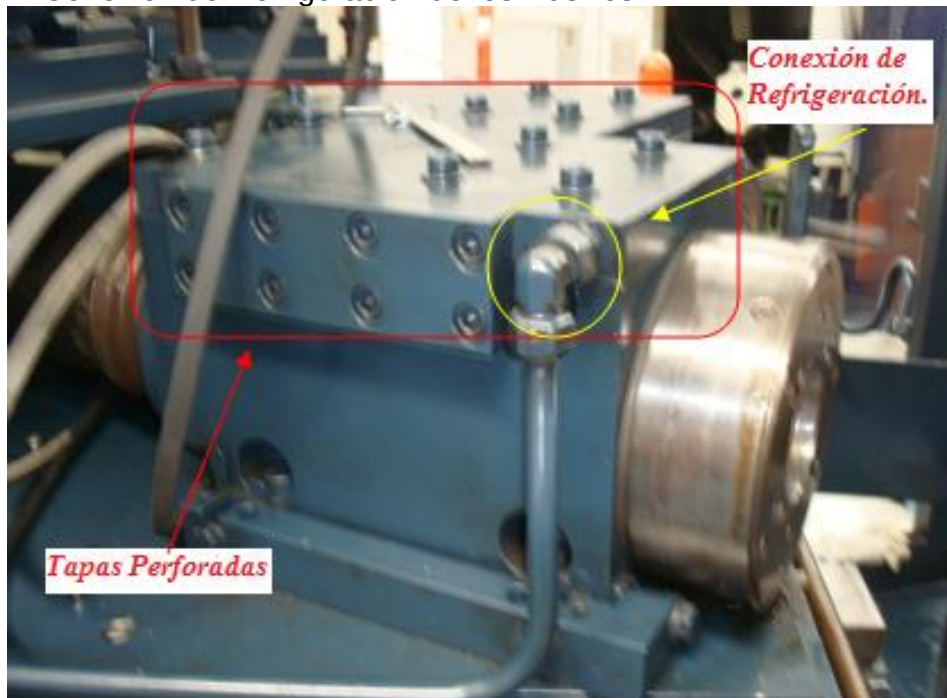


Fuente: Los Autores.

Los husillos están montados sobre el carro transversal y por medio de unas tapas perforadas facilitan el paso del refrigerante por su periferia para lograr la temperatura de trabajo deseada, (Ver figura 74). El sistema de refrigeración cuenta con los siguientes componentes:

- Grupo motor-bomba para el bombeo del aceite de refrigeración a los husillos.
- Intercambiador de calor de carcasa y tubos encargado de la transferencia de calor entre el aceite de refrigeración para los husillos y el refrigerante.
- Compresor.
- Radiador.
- Válvula de expansión.

Figura 74. Conexión de Refrigeración de los Husillos.



Fuente: Los Autores.

4.4. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones dispone de un sistema de lubricación centralizado con 43 puntos de lubricación en componentes críticos de trabajo. El grupo motriz del sistema de lubricación se encuentra ubicado en la lateral derecha del sistema hidráulico principal y es de referencia Willy Vogel type: MFE5 BW7, (Ver figura 75), que cuenta con un recipiente de capacidad 6 lt un grupo motor bomba y un sensor de nivel que envía la señal eléctrica directamente al control.

Figura 75. Grupo Motriz Sistema de Lubricación



Fuente: Los Autores.

5. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO OPERACIONAL

Se logró realizar de manera satisfactoria el desmontaje, montaje y pruebas de funcionamiento de la mayor parte de los elementos hidráulicos, mecánicos, neumáticos y de lubricación de la Fresadora Ex-Cell-O de Tres Estaciones a pesar de las dificultades encontradas en los siguientes aspectos:

- ✓ Falta de información del estado actual de la máquina.
- ✓ Falta de documentación detallada de los diferentes sistemas que componen la maquina.
- ✓ Errores encontrados en el montaje actual de la máquina (Ej. Tubería).
- ✓ Demora en respuesta por parte de algunos proveedores para la obtención rápida de cotizaciones y repuestos.
- ✓ Falta de algunos elementos y componentes de los diferentes sistemas de la máquina lo cual dificulta su identificación y posterior reposición o cotización.

5.1 DIAGNÓSTICO HIDRAULICO

Para el diagnóstico hidráulico se recurrió a desmontar cada uno de los elementos que componen el sistema, se revisó su estado, se documentaron las operaciones realizadas y se entendió el funcionamiento reparando o cambiando los componentes que presentaban fallas.

5.1.1 Tanque Hidráulico.

➤ Operaciones Realizadas:

- Se evacuó el aceite hidráulico que contenía hace seis años y se reemplazó por aceite referencia ISO 68 de Lubrigras.
- Se limpió completamente el tanque y se removió toda la sedimentación presente.
- Se desmontó la mirilla, se cambiaron los o-rings y se apretaron los tornillos.
- Se revisó tanto el funcionamiento de la termocupla como del sensor de nivel.

➤ Problemas encontrados:

- El aceite hidráulico contenido en el tanque tenía un olor fétido. Éste olor fétido indica el mal estado en que se encontraba el aceite y posiblemente con un crecimiento de bacterias en él.
- Tras evacuar el aceite hidráulico se encontró que había sedimentación a lo largo del tanque. (Ver figura 76)
- La mirilla para el nivel de aceite presentaba fugas.

Figura 76. Sedimentación en el Tanque Hidráulico



Fuente: Los Autores.

➤ **Pruebas de funcionamiento:** Una vez armado el tanque, se colmó con aceite hidráulico y se comprobó que había quedado en buen estado, sin fugas, limpió y con los dispositivos funcionando.

5.1.2 Bomba del Hidráulico Principal.

➤ **Operaciones Realizadas:**

- Se desmontó la bomba del hidráulico.
- Se desarmó completamente la bomba para determinar el estado actual de sus partes.
- Se realizó el mantenimiento a la bomba y las pruebas de banco necesarias para verificar que levantara una presión cercana a los 700 psi. (Ver figura 77).

Figura 77. Etiqueta: Presión de Bomba.

INDICATOR FOR		PSI
1	PUMP PRESSURE	700
2	PRESS. REDUCT LOAD UNIT	420
3	PRESS. REDUCT INDEX TABLE CLAMP	280
4		
5		

Fuente: Los Autores.

➤ **Problemas encontrados:**

- El estator de la bomba se encontraba rayado y deteriorado, tal vez por haber trabajado con deficiencias en la succión (cavitación). (Ver figura 78).
- Deterioro de los sellos de la bomba.

- Desgaste del eje por excesiva tolerancia en las placas de aspiración y descarga.

Figura 78. Estado de la Bomba Hidráulica.



Fuente: Los Autores.

➤ **Pruebas de funcionamiento:** Una vez montada la bomba en el banco hidráulico principal, se realizaron pruebas de caudal manuales. Con un recipiente de 20 litros se tomaron los tiempos de llenado y se calculó el caudal a las diferentes presiones que iba marcando el manómetro, (ver tabla 1).

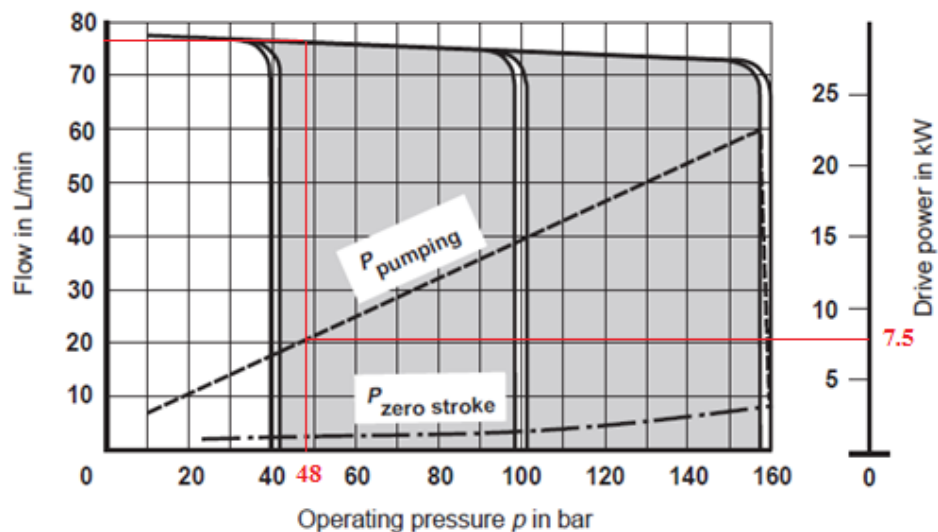
Tabla 1. Pruebas de Caudal

Pruebas de Caudal		
		
$Q [lt/s] = \frac{V [lt]}{t [min]}$		
$V = 20 \text{ lt Constante}$	<i>Prueba 1</i>	<i>Prueba 2</i>
Presiones (Psi)	Caudal (lt/min)	Caudal (lt/min)
100	45	76
250	44	75,1
500	42	75
750	41	74

La primera prueba arroja un valor de caudal de alrededor de 43 lt/min, se trata del caudal impuesto a la bomba tan pronto se armó.

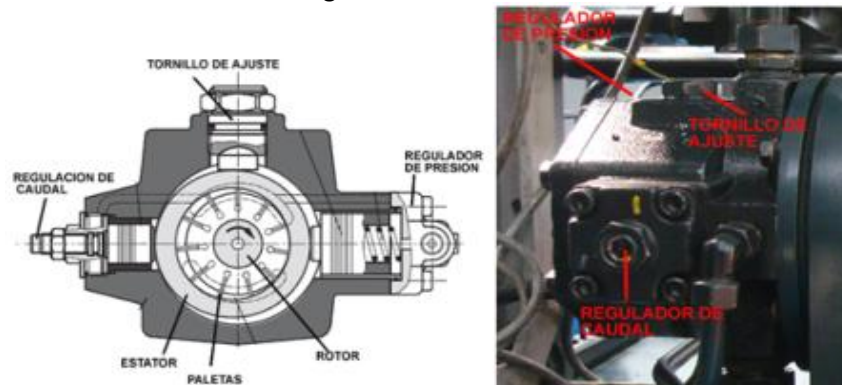
Analizando la curva de la bomba del fabricante Rexroth (Ver figura 79) se observó que para una presión de 700 psi (presión de trabajo de la bomba, según la etiqueta de la máquina) el caudal de la bomba puede llegar a los 77lt/min aproximadamente, por lo tanto la decisión tomada fue manipular el tornillo regulador de caudal (Ver figura 80) e intentar llegar a este valor.

Figura 79. Curvas de operación teóricas de la Bomba Hidráulica.



Fuente: Catálogo Bombas Hidráulicas Rexroth.

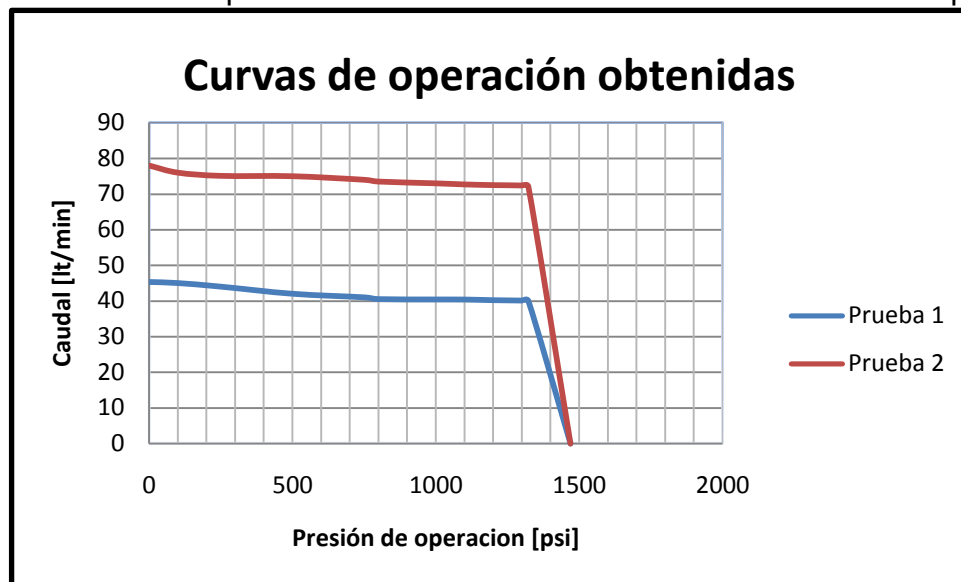
Figura 80. Bomba Hidráulica – Regulaciones.



Fuente: Catálogo Bombas Hidráulicas Rexroth – Los Autores.

➤ **Resultados de la Prueba:** Los resultados fueron satisfactorios, se encontró que la bomba a una presión de 700 psi, lograba enviar un caudal de 74,5 lt/min aproximadamente, un valor un poco por debajo al que teóricamente debería haber llegado (77lt/min), (ver figura 81). Esta deficiencia se explica por el hecho de que la bomba trabajó en condiciones que no fueron las más adecuadas y que a pesar de haber sido reparada aún continúa teniendo problemas.

Figura 81. Curvas de operación de la bomba hidráulica- Obtenidas tras la prueba.



Fuente: Los Autores.

5.1.3 Acumulador Hidráulico.

➤ Operaciones Realizadas:

- Se desmontó el acumulador del panel hidráulico principal con todas sus válvulas.
- Se verificó la precarga del acumulador.
- Se le cambiaron los sellos a la válvula direccional de descarga del acumulador.

- Se envió el acumulador a Hidromecánica Medellín para recargar el Nitrógeno.

➤ **Problemas Encontrados:**

- El acumulador se encuentra en excelente estado, no presenta fugas ni tampoco desajustes. (Ver figura 82).
- El acumulador se encontraba descargado, es decir no tenía gas Nitrógeno.
- Deterioro de los sellos de las válvulas.

Figura 82. Acumulador Hidráulico



Fuente: Los Autores.

➤ **Pruebas de funcionamiento:** Una vez desmontado el bloque de válvulas del acumulador se llevó a la zona de trabajo y se verificó su funcionamiento con aire comprimido. (Ver figura 83).

Figura 83. Prueba del bloque de válvulas del Acumulador.



Fuente: Los Autores.

5.1.4 Válvulas Hidráulicas Direccionales.

➤ Operaciones Realizadas:

- Se desmontaron todas las válvulas que se encuentran ubicadas en el panel del hidráulico principal y gran parte de las válvulas de las estaciones 2 y 3.
- Se desarmaron cada una de las válvulas para verificar estado actual de sellos, émbolos, bobinas y tornillos de ajuste.
- Se cambiaron los sellos a todas las válvulas.
- Se armaron y montaron nuevamente las válvulas en la máquina.
- Se identificaron las válvulas faltantes para el normal funcionamiento de la máquina.
- Se solicitaron las válvulas y bobinas faltantes a Evcol (Eaton Vickers Colombia) y a Hidromecánica.
- Se probaron manualmente los accionamientos de las válvulas.

➤ **Problemas Encontrados:**

- Deterioro de los sellos de las válvulas.
- En términos generales las válvulas a las cuales se les hizo mantenimiento se encuentran en buen estado.
- Faltan varias válvulas direccionales y algunas bobinas:
 - Válvula Piloto para la válvula direccional DG5V-72C-TM-U-B7-20, encargada del giro de la mesa.
 - Válvula direccional para el anclaje y desanclaje de la herramienta del husillo dos estación 3. Cuatro vías dos posiciones accionada por solenoide con enclavamiento.
 - Válvula direccional para el anclaje de la pieza de los módulos que quedan enfrentados en las estaciones dos y tres. Cuatro vías dos posiciones cetop 5.
 - Dos bobinas de la válvula de anclaje de la herramienta del husillo uno - estación tres cetop 5.
- Los manifolds donde estaban montadas muchas válvulas tenían las placas divisorias invertidas e inevitablemente están funcionando mal.

Figura 84. Placas en los manifolds mal montadas



Fuente: Los Autores.

➤ **Pruebas de funcionamiento:** Una vez corregidos cada uno de los problemas en las válvulas direccionales fueron probando una a una, tanto manualmente como eléctricamente. No sólo se revisó que las válvulas funcionaran sino también que cada una de ellas cumpliera su función (descrita por la plaquita o por analogía con la fresadora XG-620-NC). (Ver Figura 85)

Figura 85. Montaje de válvulas en manifold.



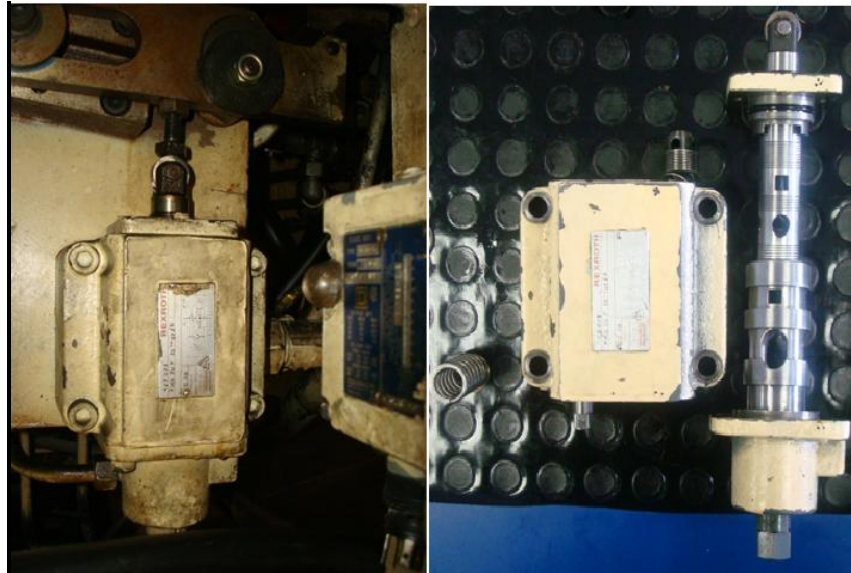
Fuente: Los Autores.

5.1.5 Válvula Hidráulica Desaceleradora.

➤ **Operaciones Realizadas:**

- Se desmontó la válvula desaceleradora y el bloque de soporte de la misma.
- Se desarmó completamente en búsqueda de fugas. (Ver figura 86).
- Se comprobó el funcionamiento de las dos regulaciones de caudal y de la válvula anti-retorno inmersas en ella.
- Se cambiaron los o-rings en mal estado.
- Se adecuó una válvula reguladora de caudal en serie a la válvula desaceleradora para facilitar el acceso a ella.

Figura 86. Válvula desaceleradora.



Fuente: Los Autores.

➤ **Problemas Encontrados:**

- La válvula en su eje central se encontraba un poco rayada, tal vez por un mal desmontaje anterior.
- Los o-rings de montaje de la válvula estaban completamente rotos.
- Las regulaciones de caudal que posee ésta válvula son de muy difícil acceso.

➤ **Pruebas de Funcionamiento:** Cuando se realizaron las pruebas de secuencia de la máquina y del motor hidráulico (Ver sección 5.1.8) la mesa de indexación no desaceleraba, es decir a simple impresión la válvula desaceleradora no estaba funcionando, por tal razón, ésta válvula fue erróneamente catalogada como el talón de Aquiles del funcionamiento de la máquina.

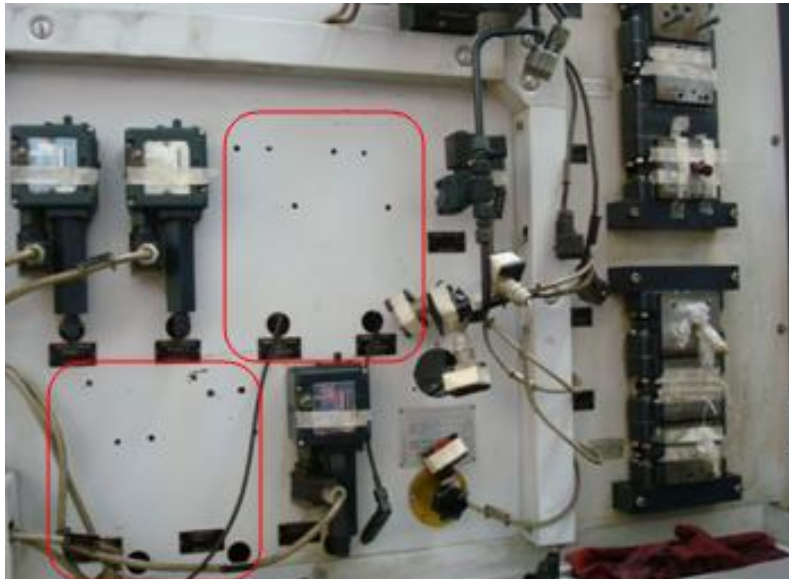
Se desmontó esta válvula varias veces, en búsqueda de algún mal funcionamiento en ella, se cambió por una de similares características y se comportaba de la misma manera. Esto llevó a concluir que la no desaceleración de la mesa de indexación radicaba en otro componente diferente a esta válvula.

5.1.6 Presostatos – Switches de Presión.

➤ Operaciones Realizadas:

- Se identificaron los presóstatos faltantes para el normal funcionamiento de algunos actuadores hidráulicos.(Ver Figura 87)
- Se solicitó cotización de estos elementos a Schneider Electric.
- Se revisaron cada uno de los presostatos que tenía la máquina.
- Se repararon dos presóstatos que tenían mal alineado el resorte y tenían unas pequeñas fugas.
- Se volvieron a colocar los presostatos en su lugar y se realizaron las conexiones hidráulicas necesarias.
- Se trajeron presóstatos de la misma referencia a los faltantes desde Forcol, donde actualmente tienen gran cantidad de maquinas inutilizadas. (Ver Figura 88).

Figura 87. Presostatos Faltantes.



Fuente: Los Autores.

➤ **Problemas encontrados:**

- Faltaron ocho presostatos de la misma referencia: ACW7 Square d.
- El costo de cada uno de los presostatos de similares características es muy elevado (\$400.000).

Figura 88. Presostatos traídos de Forcol



Fuente: Los Autores.

➤ **Pruebas de funcionamiento:** Tras haber traído los presostatos faltantes desde Forcol y haber reparado los que estaban en malas condiciones, se procedió a probar en cada uno de ellos que el flujo de aceite hidráulico enviara la señal eléctrica.

5.1.7 Conexiones, Tuberías y Racores. La tubería encontrada en los sistemas hidráulicos de la fresadora de tres estaciones son de acero comercial cedula 80, con diámetros externos de 18, 23 y 29 mm.

➤ **Operaciones Realizadas:**

- Se desmontó toda la tubería del sistema hidráulico principal, la del sistema de indexación de la mesa y la que va hacia el árbol distribuidor (Ver figura 89).
- Se revisaron las conexiones de las líneas principales y secundarias del hidráulico.
- Se realizó limpieza con aire a presión.
- Se montaron nuevamente todas las conexiones de tubería y mangueras.

Figura 89. Conexiones de Tubería



Fuente: Los Autores.

➤ **Problemas encontrados:**

- Tubería bastante sucia.
- Se evidencian fugas de aceite en algunas conexiones.
- Tubería mal conectada (Ver figura 90), distribuciones que no llegan a ningún lado.

5.1.8 Motor Hidráulico.

- Se desmontaron las mangueras de entrada y de salida del motor hidráulico.
- Se desmontó y desarmó completamente el motor hidráulico para la revisión de su estado.
- Se solicitó información a Instrucontroles Ltda acerca del motor.
- Se cambiaron los sellos y se revisó el estado de las conexiones.
- Se armó completamente el motor y se montó nuevamente en la máquina.

122

➤ **Pruebas de funcionamiento:** El motor hidráulico fue el elemento crítico del trabajo, se realizaron varias pruebas en búsqueda de fallas.

i. **Prueba número uno:** Los primeros trabajos sobre la máquina consistieron en determinar el sentido de giro de la mesa, (Ver figura 92). Lo que se realizó básicamente fue encender el hidráulico, adecuar una válvula cetop 5 para el pilotaje de la válvula del giro y manipularla manualmente. Ésta prueba se realizó después de haber desmontado los módulos, el árbol distribuidor y la mesa de indexación.

Figura 92. Primer prueba Motor Hidráulico

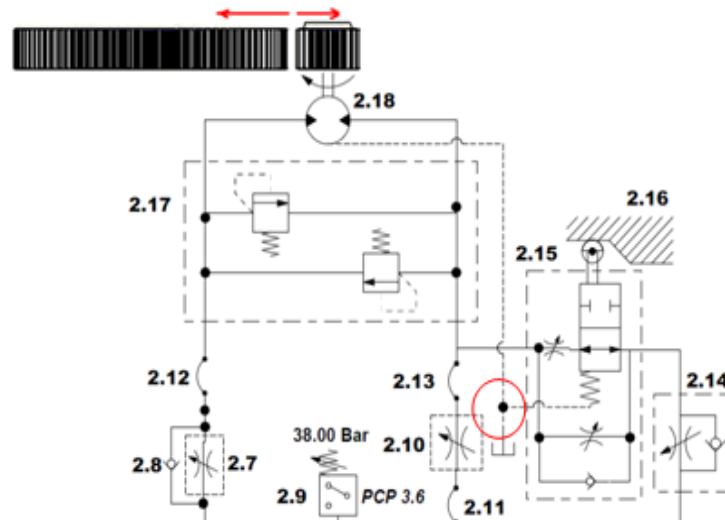


Fuente: Los Autores.

Resultado: El motor hidráulico giraba en ambos sentidos (sin carga), a una mayor velocidad en sentido anti-horario, esto dio paso a tener que revisar cada una de las regulaciones en las líneas de alimentación y descarga del motor.

Observaciones: El drenaje externo del motor hidráulico y de la válvula desaceleradora se unen en una sola línea. El flujo en ésta línea era bastante elevado e inquietó al grupo de trabajo. (Ver Figura 93).

Figura 93. Drenaje compartido por el motor hidráulico y la válvula desaceleradora.



Fuente: Los Autores.

ii. Prueba número dos: Después de desmontar el motor hidráulico de la máquina fue conducido a la zona de automatización y se desarmó completamente. Se cambiaron los sellos que tenía desgastados y se revisó el estado general del motor. (Ver Figura 94.)

Figura 94. Motor Hidráulico Georotor.



Fuente: Los Autores.

Una vez armado se instaló nuevamente en la máquina (montada la mesa de indexación previamente) y se procedió a realizar los movimientos. Se graduó la bomba a la presión de bomba (700 psi) que muestra la laminilla, se habilitó nuevamente la válvula piloto y se hicieron los movimientos manualmente. (Ver Figura 95)

Figura 95. Primeros Movimientos en la mesa de indexación



Fuente: Los Autores.

Resultados: En esta prueba los resultados no fueron satisfactorios, el motor hidráulico lograba mover la mesa, pero cuando el tope-leva accionaba la válvula desaceleradora la mesa no realizaba ningún cambio de velocidad.

Se manipularon las válvulas reguladoras de caudal de la válvula desaceleradora, pensando en que el problema podría estar allí, pero no había respuesta del motor.

iii. Prueba número tres: Tras haber encontrado los problemas en la prueba número dos, se procedió a intervenir nuevamente el motor y en esta ocasión a las válvulas de seguridad entre líneas.

El motor hidráulico se conectó a un lado de la máquina con tubería paralela, para identificar fácilmente alguna fuga que debajo de la mesa no se podría observar. (Ver figura 96).

Figura 96. Prueba tres del motor Hidráulico.



Fuente: Los Autores.

Resultados: Se encendió el hidráulico y se vieron nuevamente los movimientos del motor, se manipularon las válvulas de seguridad entre líneas y no se observó ningún cambio.

iv. Prueba número cuatro: Paralelo a la prueba número tres se realizó la prueba número cuatro en donde la válvula desaceleradora se desarmó nuevamente y se encontró que posiblemente era el resorte el que no estaba permitiendo la desaceleración, así que se cambió por un resorte de mayor longitud y se procedió a montar nuevamente el motor y la válvula desaceleradora para verificar el movimiento.

En esta oportunidad se montaron los módulos de trabajo y el árbol distribuidor en la mesa de indexación para realizar la verificación de inercia.

Figura 97. Desarme de la válvula desaceleradora.



Fuente: Los Autores.

v. Análisis previos prueba número cinco: Tras los inconvenientes que se habían presentado, se revisó nuevamente las líneas de alimentación del motor y la distribución de la tubería para analizar la situación y tomar alguna decisión al respecto.

La presión de alimentación entra por P1 a través de la válvula distribuidora 2.4 controlada por válvula la piloto 2.3, al energizarse el solenoide PEV0.7 se da la

orden de avance a la mesa, saliendo el flujo de aceite por el puerto A de la válvula y pasando sin restricción a través de la válvula antirretorno 2.8 hasta el puerto B del motor hidráulico para comenzar el movimiento, (Ver figura 98).

A la salida del motor hidráulico (puerto A del motor) el fluido se encuentra con una serie de regulaciones de caudal que permiten dar la primera velocidad (rápida) y la segunda velocidad (acercamiento). Estas válvulas se probaron previamente y se rectificó que su funcionamiento estaba dentro de los parámetros normales.

NOTA: La válvula 2.14 de la figura 98 no estaba presente originalmente, ésta válvula se instaló después de solucionados estos problemas para facilitar el acceso a esta regulación.

La válvula desaceleradora se accionaba correctamente tras el paso del tope-leva, pero no había ninguna regulación en la velocidad de la mesa. Analizando toda la situación se verificó si el drenaje del motor hidráulico y de la válvula desaceleradora había cesado, ya que originalmente esta situación nos había generado dudas.

vi. Prueba número cinco: Según la carta del fabricante, el motor hidráulico no debe tener un flujo en la línea de drenaje superior a 1 lt/min y visiblemente ésta línea superaba éste valor.

Figura 99. Drenajes admisibles motor Hidráulico.

Pressure drop bar [psi]	Viscosity mm ² /s [SUS]	Oil flow in drain line l/min [US gal/min]
140 [2030]	20 [100]	1.5 [0.40]
	35 [165]	1.0 [0.26]
210 [3050]	20 [100]	3.0 [0.79]
	35 [165]	2.0 [0.53]

Fuente: Catálogo general Sauer Danfoss

Se desarmó completamente el motor y se encontró que la falla se trataba de un empaque que se había deformado y no permitía el completo asentamiento del plato que conduce el caudal, haciendo que parte de este se perdiera por el puerto de drenaje hacia el tanque; esto se reflejaba en la caída del torque de arranque del motor para vencer la inercia de la mesa y moverla fácilmente (Ver figura 100). Debido a este problema tampoco se podían hacer las regulaciones de caudal, porque antes de pasar por estas válvulas el flujo ya se estaba perdiendo por el drenaje hacia tanque.

Figura 100. Empaque del Motor Hidráulico.



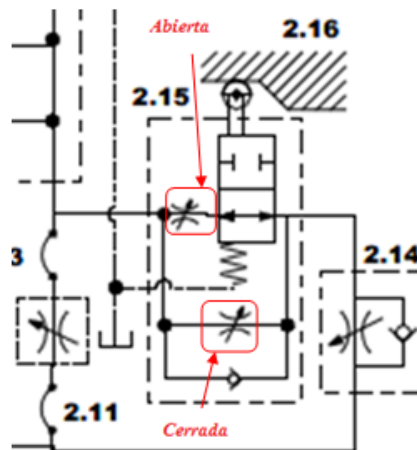
Fuente: Los Autores.

Resultados: Las pruebas realizadas en el banco dieron evidencia de la mejoría del motor porque en el drenaje ya no había pérdidas de aceite, después se verificó el sentido de giro y se montó en la máquina para comprobar su funcionamiento. El resultado fue satisfactorio porque la mesa ya no necesitaba ser impulsada manualmente, también se pudo regular el avance de la mesa a diferentes velocidades y la válvula desaceleradora le permitía frenar un pequeño instante para hacer el cambio de giro.

Adicionalmente se montó una válvula reguladora de caudal en serie la válvula desaceleradora para el control de la primera velocidad, así como estaba montada la de control de segunda velocidad. Esto se hizo con el único fin de tener un acceso más fácil y hacer regulaciones más exactas, ya que las regulaciones internas de la válvula desaceleradora son de difícil acceso.

Por lo tanto se montó la válvula 2.14, se abrió completamente la válvula reguladora de caudal en serie y se cerró la de paralelo propias de la válvula desaceleradora. (Ver Figura 101).

Figura 101. Regulaciones de caudal-Válvula desaceleradora.



Fuente: Los Autores.

➤ Prueba de drenajes en el Motor Hidráulico (Ver tabla 2)

Tabla 2. Cálculos drenaje del Motor Hidráulico.

CÁLCULOS EN EL DRENAJE DEL MOTOR		
	Flujo drenaje erróneo.	
	$Q=V/t$	
	t	30 seg
	D_balde	29 cm
	h_balde	9 cm
	Volumen	5.94 lt
	Caudal	11.88 lt/m
	Flujo drenaje corregido.	
	$Q=V/t$	
	t	90 seg
	D_balde	29 cm
	h_balde	2.5 cm
	Volumen	1.65 lt
	Caudal	1.1 lt/m

5.2 DIAGNÓSTICO NEUMÁTICO

5.2.1 Válvulas Neumáticas.

➤ Operaciones Realizadas:

- Se desmontaron todas las válvulas neumáticas.
- Se desarmaron cada una de las válvulas para verificar estado actual de los racores y tornillos de ajuste.
- Se cambiaron los sellos a todas las válvulas.
- Se armaron y montaron nuevamente las válvulas en la máquina.
- Se identificaron las válvulas faltantes para el normal funcionamiento de la máquina.
- Se solicitaron las válvulas y bobinas faltantes a Instrucontrol y a Festo.

➤ Problemas Encontrados:

- Racores de las válvulas con fugas.
- En términos generales las válvulas se encuentran en buen estado.
- Faltan dos válvulas neumáticas.
 - Válvula direccional a la salida del lubricador en mal estado. Tres vías dos posiciones.
 - Válvula direccional para el soplete de las herramientas. Dos vías dos posiciones.

➤ **Pruebas de Funcionamiento:** Se ajustaron los racores y se verificó que no tuvieran ninguna fuga. Las válvulas direccionales que hacían falta fueron sustituidas por válvulas proporcionadas por personal de mantenimiento que funcionaron perfectamente en la máquina, evitando gastos en este sentido.

Figura 102. Válvula direccional del lubricador.



Fuente: Los Autores.

5.2.2 Lubricador.

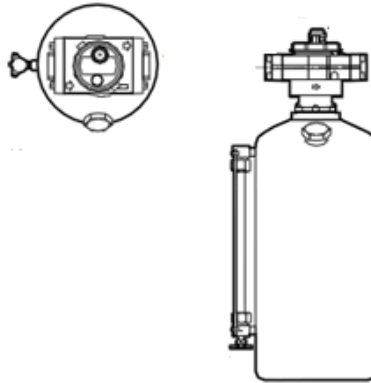
➤ **Operaciones Realizadas:**

- Se removieron los racores y se revisó el nivel de aceite.
- Se verificó que el lubricador estuviera firme en su base.

➤ **Problemas Encontrados:**

- El lubricador se encontraba sin aceite hidráulico.
- Los racores de entrada y salida se encontraban mal ajustados.
- La válvula reguladora de caudal estaba completamente cerrada.

Figura 103. Lubrificador.



Fuente: Catalogo Norgren.

➤ **Pruebas de Funcionamiento:** Tras haber realizado todas las conexiones en el lubricador se procedió a realizar la prueba de lubricación cuando se levantó la mesa. Se habilitó una válvula 2/2 y se hizo la conexión eléctrica.

Figura 104. Prueba del lubricador



Fuente: Los Autores.

Resultados: El lubricador funciona perfectamente, la regulación de caudal suministra la neblina de aceite en forma eficiente. La adecuación de la válvula 2/2 suministrada por mantenimiento funcionó muy bien y se decidió dejarla instalada.

5.3 DIAGNOSTICO MECÁNICO

5.3.1 Módulos de Trabajo.

➤ Operaciones realizadas:

- Se desmontaron los módulos de trabajo.
- Se revisó el estado actual en cada uno de los módulos y se verificó el estado de los componentes internos y secuencias.
- Se llenaron de aceite hidráulico para la lubricación de las partes.
- Se montaron nuevamente en la mesa de indexación.

El desmonte de los módulos de trabajo se hizo con un especial cuidado, dado a su gran tamaño y peso.

➤ **Procedimiento de desmontaje:** La mayoría de las actividades de mantenimiento se podrían realizar con los módulos ensamblados en la mesa de indexación, pero debido a que se buscaba entender el funcionamiento y una restauración total se procedió a hacer lo siguiente:

- Se marcaron los sensores del ciclo de indexación del módulo.
- Se retiraron los sensores indicadores del ciclo de indexación del módulo y armaron por paquetes. (Ver Figura 105).
- Se retiraron las platinas porta-sensores y se guardaron debidamente marcadas.

Figura 105. Sensores indicadores de Ciclo de Indexación.



Fuente: Los Autores.

- Se marcó la tubería que se extiende desde el árbol distribuidor hasta el módulo de trabajo.
- Se retiró la tubería con mucho cuidado evitando que se deformaran (esta tubería tiene dobleces exactos que facilitan el flujo del fluido). (Ver Figura 106).

Figura 106. Tubería de los módulos de trabajo.



Fuente: Los Autores.

- Se retiraron los tornillos de ajuste de los módulos de trabajo y los tornillos de las calas de posicionamiento. (Ver Figura 107).

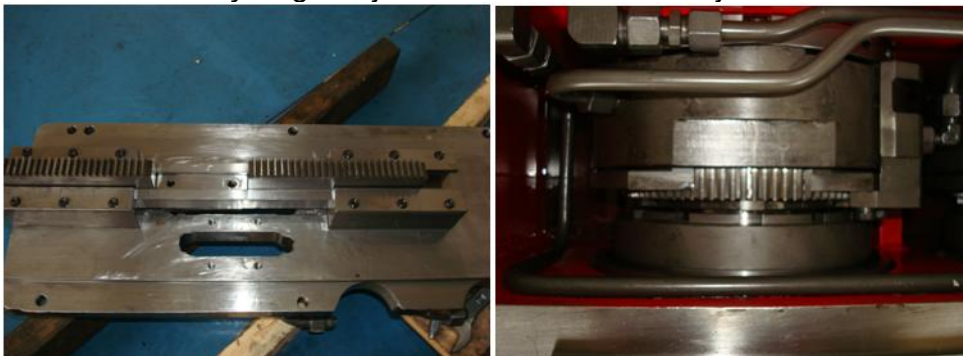
Figura 107. Calas de Posicionamiento



Fuente: Los Autores.

- Con ayuda de un diferencial se levantaron cuidadosamente cada uno de los módulos y fueron llevados a la zona de automatización para su posterior revisión y puesta en funcionamiento.
- Una vez en la zona de automatización se le extrajo los restos de aceite hidráulico de lubricación de partes que había dentro.
- Se verificó el estado de los engranajes y de la cremallera. (Ver Figura 108).

Figura 108. Cremallera y engranajes del módulo de Trabajo.



Fuente: Los Autores.

- Se adecuó el banco hidráulico utilizado para las pruebas del motor hidráulico y se procedió a verificar los movimientos de cada módulo (Ver figura 109).

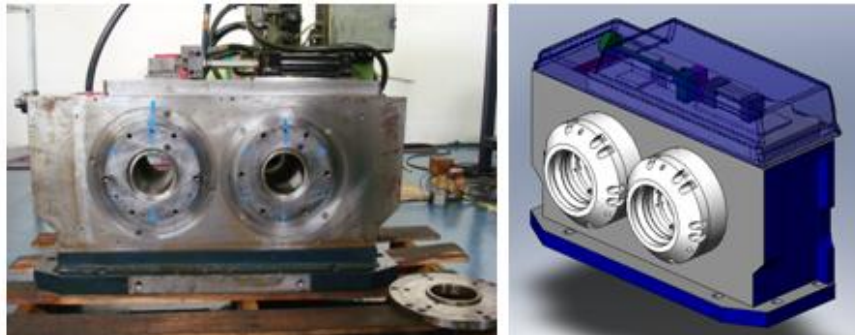
Figura 109. Banco Hidráulico para Pruebas en los módulos de Trabajo.



Fuente: Los Autores.

- Se cuadró en cada módulo la secuencia que debía tener, los cuatro movimientos, teniendo especial cuidado con que no hubiera ninguna variación, ya que el buen funcionamiento de estos elementos determina las holguras máximas en la junta. (ver figura 110).

Figura 110. Secuencia en el módulo de Trabajo.



Fuente: Los Autores.

➤ **Problemas encontrados:**

- Ninguno de los tres módulos lograba hacer la secuencia.
- Los anillos hirth en la parte posterior del módulo no estaban encajados, sino que por el contrario estaban enfrentadas punta a punta.

- El aceite hidráulico dentro de cada uno de los módulos estaba en mal estado.
- Los retenedores de los rodamientos internos estaban en mal estado y los tres módulos estaban presentando fugas. (Ver Figura 111)

Figura 111. Retenedor de los rodamientos de los módulos de trabajo.



Fuente: Los Autores.

5.3.2 Copas Porta-Piezas.

➤ Operaciones realizadas:

- Las copas porta-piezas fueron desmontadas y desarmadas en su totalidad para determinar su funcionamiento.
- Se verificaron el estado de los Q-rings.
- Se solicitó la compra de un kit de Q-rings para cada una de las 6 copas.
- Se verificaron el estado de los O-rings y se cambiaron.
- Se construyeron discos faltantes para los 6 resortes presentes en cada copa.
- Se identificó el funcionamiento del cilindro de simple efecto y se levantaron los planos mecánicos.

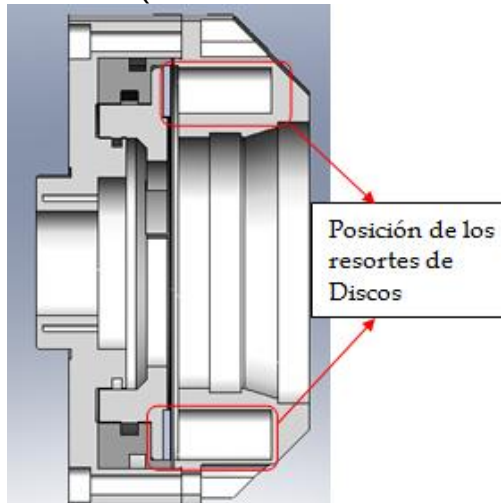
Figura 112. Desarme Copas Porta-Piezas



Fuente: Los Autores.

La copa porta pieza resulta ser un cilindro de simple efecto reposicionado por 6 resortes compuestos cada uno de discos en su periferia.

Figura 113. Copas Porta-Piezas (Posición de los resortes de discos)



Fuente: Los Autores.

➤ **Problemas encontrados:**

- Tanto los Q-rings como los O-Rings estaban en mal estado y fue necesario cambiarlos. (Ver figura 114).

- Se encontró que dos copas tenían incompletos el juego de Q-rings, esto indica que anteriormente habían desarmado las copas y habían retirado estos sellos.
- Discos de los resortes rotos e incompletos. Para determinar la cantidad de discos, una de las copas tenía el juego completo (20 discos por guía – 120 discos por copa)

Figura 114. Q-Rings



Fuente: Los Autores.

5.3.3 Árbol Distribuidor.

➤ Operaciones realizadas:

Figura 115. Racores y punto de referencia del árbol Distribuidor



Fuente: Los Autores

Tras desmontar cada uno de los módulos de trabajo, el paso a seguir fue el del árbol distribuidor, para ello se requirió terminar de desmontar la tubería que llega a este componente. Cada una de los racores de entrada fue debidamente marcado e igualmente fue conducido a la zona de automatización. (Ver figura 115).

Se identificó el punto de referencia de ensamble del árbol distribuidor y se procedió a levantar por medio de un diferencial. (Ver figura 116).

Figura 116. Levantamiento árbol Distribuidor.



Fuente: Los Autores.

Al no tener información alguna del árbol fue necesario desensamblarlo para poder entender de su funcionamiento. (Ver figura 117).

Figura 117. Desarme del árbol distribuidor.



Fuente: Los Autores.

➤ **Procedimiento de desarme:**

- Una vez se llevó a la zona de automatización, el árbol distribuidor se colocó en forma horizontal para facilitar su manipulación.

Figura 118. Árbol distribuidor en posición Horizontal



Fuente: Los Autores.

- Se retiraron los racores del cuerpo y se recogió el aceite sobrante.
- Se retiró la base maciza, éste elemento no tiene otra función sino darle soporte al árbol distribuidor (Ver figura 119).
- Gracias a un extractor universal se retiraron una a una las 3 camisas, teniendo un especial cuidado de no rayarlas, ya que esto traería consecuencias nefastas en cuanto a fugas.

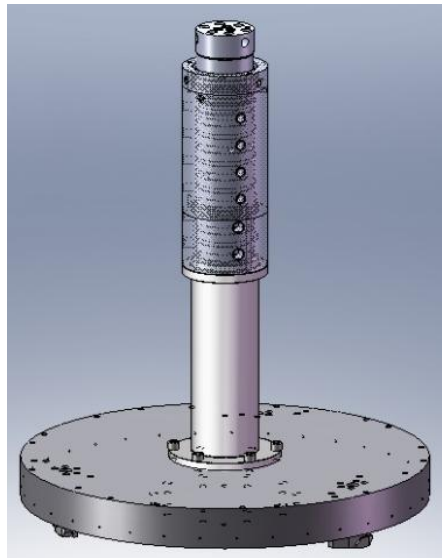
Figura 119. Camisas del árbol distribuidor



Fuente: Los Autores.

- Para la camisa media, el extractor universal no alcanzaba a extraerla en su totalidad, por lo tanto se procedió a poner en posición vertical el árbol y colgarlo desde el diferencial e inevitablemente utilizar un mazo de goma.
- Una vez de retiradas las camisas del estator (parte interna) se procedió a levantar el plano mecánico del árbol para dejar documentado y entender su funcionamiento. (Ver figura 120).

Figura 120. Árbol distribuidor –Solid Works.



Fuente: Los Autores.

➤ Problemas Encontrados:

- Cuando fueron retiradas las camisas del árbol distribuidor fue inevitable que tanto la camisa media como la camisa inferior se rayaran, posiblemente por el método de extracción y por sedimentación acumulada dentro de las cavidades de las camisas. Fue necesario mandar a rectificar dichas camisas y pulir el corazón del árbol, (Ver figura 121).
- Luego de realizados los procedimientos anteriormente mencionados, el contacto con un ambiente bastante húmedo, durante los trayectos hasta el taller

de rectificado, trajo consigo consecuencias sobre las superficies de estos elementos (oxidación), problemas que fueron solucionados inmediatamente mediante la aplicación de un lubricante especial. (Relax, Agente Penetrante aflojador de herrumbre, Wellquem De Colombia), (Ver figura 121).

Figura 121. Problemas encontrados en las camisas del árbol



Fuente: Los Autores

5.3.4 Mesa de Indexación. Para la intervención de la mesa de indexación se tuvo que tener especial cuidado con los elementos adicionales que la componen, como lo son: el rodamiento, el engranaje y los topes-leva.

➤ **Operaciones realizadas:**

- Se desmontó el rodamiento de rodillos cónico.
- Se desmontó la mesa de indexación, (Ver figura 122).
- Se le realizó inspección visual en búsqueda de inconvenientes.
- Se levantaron los planos mecánicos de cada una de sus partes.
- Se realizaron los cálculos de transmisión de potencia por engranajes.

- Se montaron nuevamente todos los elementos y se verificó su funcionamiento.

Figura 122. Desmonte de la Mesa de Indexación.



Fuente: Los Autores.

➤ Problemas Encontrados:

- Al no conocer el funcionamiento ni tener planos mecánicos de la mesa de indexación, la extracción del rodamiento fue algo complicada. Para poder retirarlo se tuvo que acceder a la parte inferior de la mesa y retirar seis tornillos M10 que fijaban la parte central estática de la mesa, para así por medio de golpes extraer el rodamiento fácilmente.
- En cuanto a los demás dispositivos no hubo ningún inconveniente.

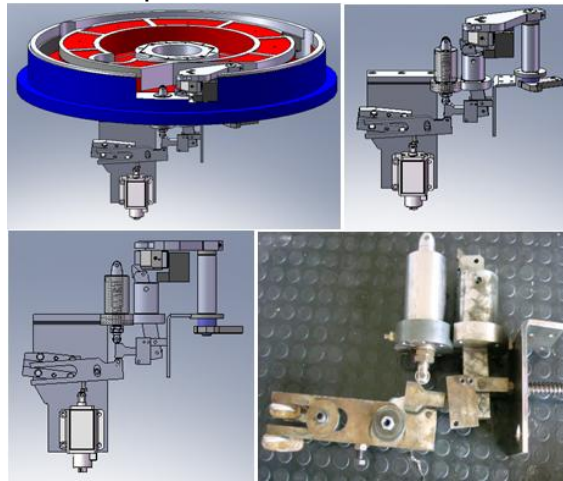
5.3.5 Sistema Control de Posición. El control de posición básicamente lo hacen todos los dispositivos mecánicos que se ubican entre la estación uno y la estación dos (Ver figura 123). Estos dispositivos los compone: (Ver Figura 124).

- ✓ Dispositivo de auto reposición.
- ✓ Dispositivo de accionamiento de la válvula desaceleradora.
- ✓ Pivote de la guaya.

✓ Mecanismo de balancines.

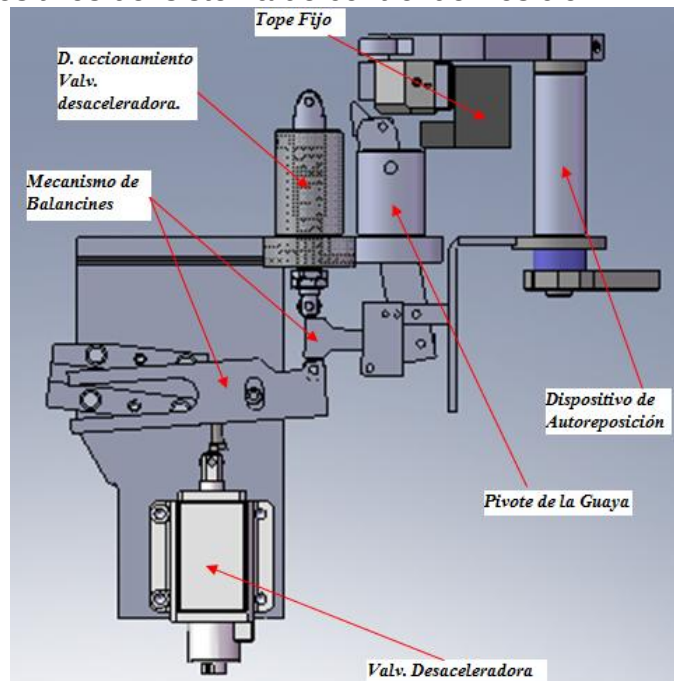
✓ Tope fijo de la mesa.

Figura 123. Sistema control de posición



Fuente: Los Autores

Figura 124. Dispositivos del sistema de control de Posición



Fuente: Los Autores.

➤ **Operaciones Realizadas:**

- Se desmontaron completamente todos los elementos.
- Se realizó una inspección visual del estado de los elementos.
- Se realizaron las reparaciones en los dispositivos con inconvenientes.
- Se levantaron los planos mecánicos de cada uno de estos elementos.
- Se montaron nuevamente en la máquina.
- Cambio de rodamientos.
- Diseño y construcción de bujes para remplazo de rodamientos.

➤ **Problemas Encontrados.**

- Reconstrucción del dispositivo de autoreposición, construcción de chavetas, separadores, eliminación de rebabas y desgaste. (Ver figura 125).

Figura 125. Tope Parte Móvil



Fuente: Los Autores.

- Diseño y construcción del resorte interno del dispositivo de accionamiento de la válvula desaceleradora.
- Eliminación de rebabas del tope fijo.

- Ejes de accionamiento de los finales de carreras pertenecientes a las guayas oxidados.
- Rodamientos Rotos. (Ver figura 126).
- Construcción de pin para accionamiento de guaya

Figura 126. Rodamientos del mecanismo de balancines rotos.



Fuente: Los Autores.

5.3.6 Cilindros de Anclaje de la mesa de indexación.

➤ Operaciones Realizadas:

- Se desmontaron los cilindros de anclaje de la mesa de indexación.
- Se verificaron las conexiones (racores).
- Se levantaron los planos mecánicos de los cilindros de anclaje.
- Se montaron nuevamente y se hicieron pruebas de funcionamiento. (Ver figura127)

➤ Problemas Encontrados.

- Fugas por los racores de entrada y salida al cilindro.

Figura 127. Cilindros de anclaje de la mesa de indexación



Fuente: Los Autores

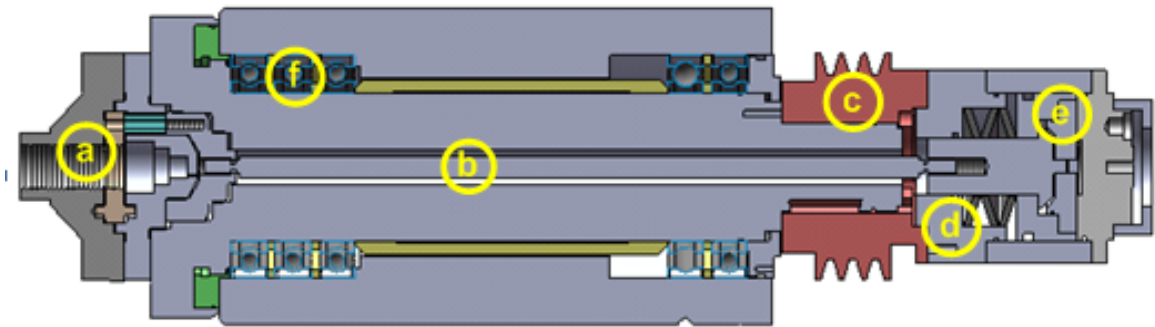
➤ **Procedimiento de Desmontaje.**

- Verificar que la mesa no se encuentra en posición cero.
- Desconectar las mangueras de los cilindros, teniendo cuidado de no confundirlas.
- Recoger todos los residuos de aceite.
- Si se ha desmontado la mesa previamente, retirar los cilindros desde la parte superior.
- Si la mesa no se ha desmontado, los cilindros de anclaje se pueden retirar desde la parte inferior por medio de un extractor universal.

5.3.7 Husillos – Copas Porta-Piezas. Los husillos, (Ver figura 128), son los elementos primordiales del mecanizado de pistas de la fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones, se compone básicamente de los siguientes elementos:

- a. Sistema de Anclaje Emuge.
- b. Barra de accionamiento.
- c. Polea de transmisión.
- d. Cilindros de anclaje.
- e. Junta Rotativa.
- f. Bloque de Rodamientos.

Figura 128. Husillo



Fuente: Los Autores.

➤ **Operaciones Realizadas:**

- Se realizó inspección visual a cada uno de los husillos.
- Se desmontaron los cuatro cilindros de anclaje de la herramienta y se entendió su funcionamiento.

- Se desmontó un husillo completo, se entendió su funcionamiento y se le cambiaron los rodamientos. (Ver figura 129).
- Se verificaron el estado de las juntas rotativas.
- Se levantaron planos mecánicos e hidráulicos de los husillos.
- Se montaron nuevamente y se hicieron pruebas de funcionamiento.

Figura 129. Montaje de los husillos



Fuente: Los Autores

➤ **Problemas Encontrados.**

- Fugas por las juntas rotativas.
- Desgaste en los rodamientos del husillo número dos de la estación tres. (Ver figura 130).
- Correas A43 de la transmisión flexible en mal estado y faltantes.
- Fugas en los cilindros de anclaje de la herramienta.

Figura 130. Rodamientos de los Husillos



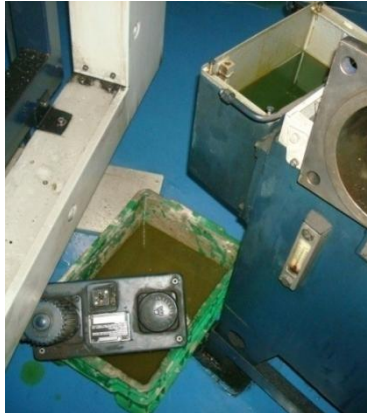
Fuente: Los Autores.

5.4 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

➤ Operaciones Realizadas:

- Se desmontó el grupo motriz del sistema de lubricación. (Ver figura 131).
- Se revisó el estado del grupo motriz, se habilitó el motor eléctrico y se limpió el recipiente.
- Se realizó cambio de aceite de lubricación.
- Se inspeccionaron cada uno de los inyectores de lubricante y se les hizo mantenimiento a los defectuosos.
- Se verificaron las tuberías y los racores.
- Se conectó todo el sistema de lubricación centralizado y se realizaron pruebas de funcionamiento.
- Se adecuó un manómetro para verificar la presión de trabajo del sistema.
- Se levantaron los planos de lubricación de toda la máquina.

Figura 131. Desmontaje del grupo motriz de lubricación.



Fuente: Los Autores.

➤ **Problemas Encontrados:**

- Líneas de inyección de lubricantes abiertas.
- Inyectores en mal estado, taponados y deformados. (Ver figura 132).
- El aceite de lubricación se observaba con espuma, esto dio un indicio que estaba contaminado con agua. Se decidió sustituir el aceite 6lt.

Figura 132. Inyectores de lubricante en mal estado.



Fuente: Los Autores.

➤ **Pruebas de funcionamiento:** Una vez arreglados todos los inyectores y conectado el circuito se procedió a encender el motor y bombear el lubricante a los diferentes puntos del circuito.

Resultados: Los resultados fueron satisfactorios, el sistema funciona muy bien. Cabe resaltar que el grupo-motriz lubrica de forma pulsante, posee una válvula de secuencia la cual permite el paso de fluido de lubricación tan pronto se alcanza una presión predeterminada.

5.5 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

➤ Operaciones Realizadas:

- Se le realizó la inspección visual al sistema de refrigeración.
- Se verificó el funcionamiento del sistema.
- Se vació el tanque hidráulico y se verifico el funcionamiento de la bomba hidráulica.
- Se cambió el compresor, el filtro del refrigerante, que estaba en mal estado. (Ver figuras 133 y 134).
- Se reparó el radiador y la bomba hidráulica.
- Se cambio el control automático del sistema. (Ver figura 135).

Figura 133. Cambio del Compresor del Chiller.



Fuente: Los Autores.

Figura 134. Cambio del Filtro del Chiller.



Fuente: Los Autores.

Figura 135. Cambio del Control del Chiller.



Fuente: Los Autores.

➤ **Problemas Encontrados:**

- Compresor en mal estado.
- Filtro del refrigerante roto.
- Radiador no enciende.
- Control automático obsoleto.

6. VALORACIÓN Y SUSTENTACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Efectuado el profundo análisis de los sistemas y subsistemas de la fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones, se tiene la capacidad de generar conocimiento y entender el funcionamiento general de la máquina bajo todas sus implicaciones.

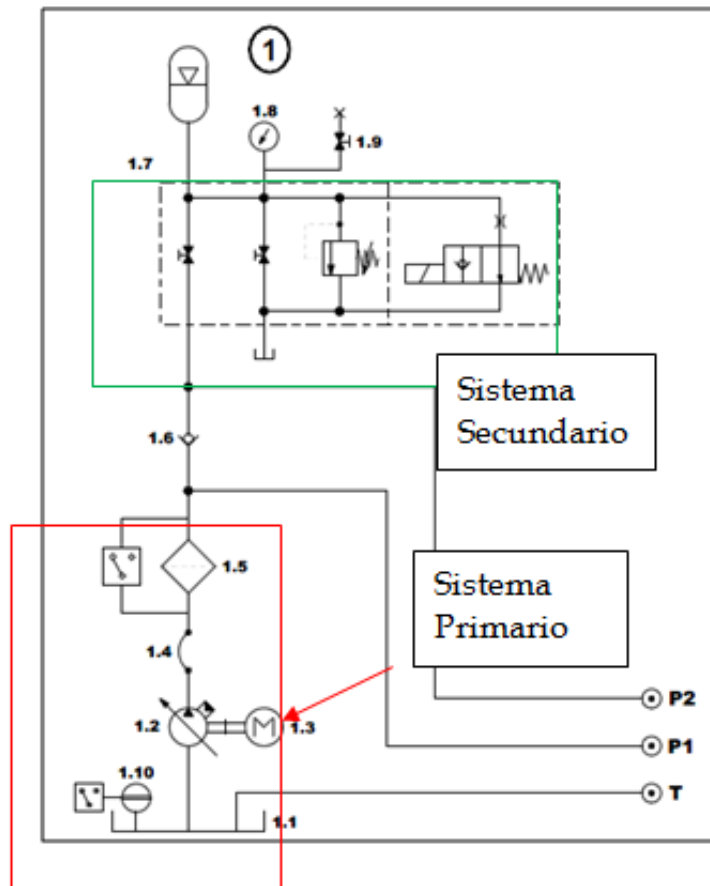
Cada uno de los elementos que componen los sistemas tiene su función específica y su razón de ser, la tarea era identificarla, entenderla y lograr hacerla funcionar en el circuito total.

En este capítulo se sustenta el funcionamiento de los subsistemas integrados en la maquina por medio de los planos hidráulicos realizados; además, se exponen las operaciones efectuadas y los problemas encontrados en ellos. Por otra parte se comprueba si el sistema de indexación de la mesa actual se encuentra en buenas condiciones para su correcto funcionamiento.

6.1 SISTEMA HIDRAULICO PRINCIPAL

El sistema hidráulico principal es el encargado de enviar el fluido hacia el destino de trabajo, en forma tal que sea utilizado en forma satisfactoria. La Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones modelo XG 610-NC además de contar con su subsistema de bombeo primario, adicionalmente posee un grupo de acumulador para las líneas hidráulicas secundarias. Para observar el plano hidráulico del sistema principal y sus componentes, (Ver figura 136)

Figura 136. Sistema Hidráulico Principal



Fuente: Los Autores

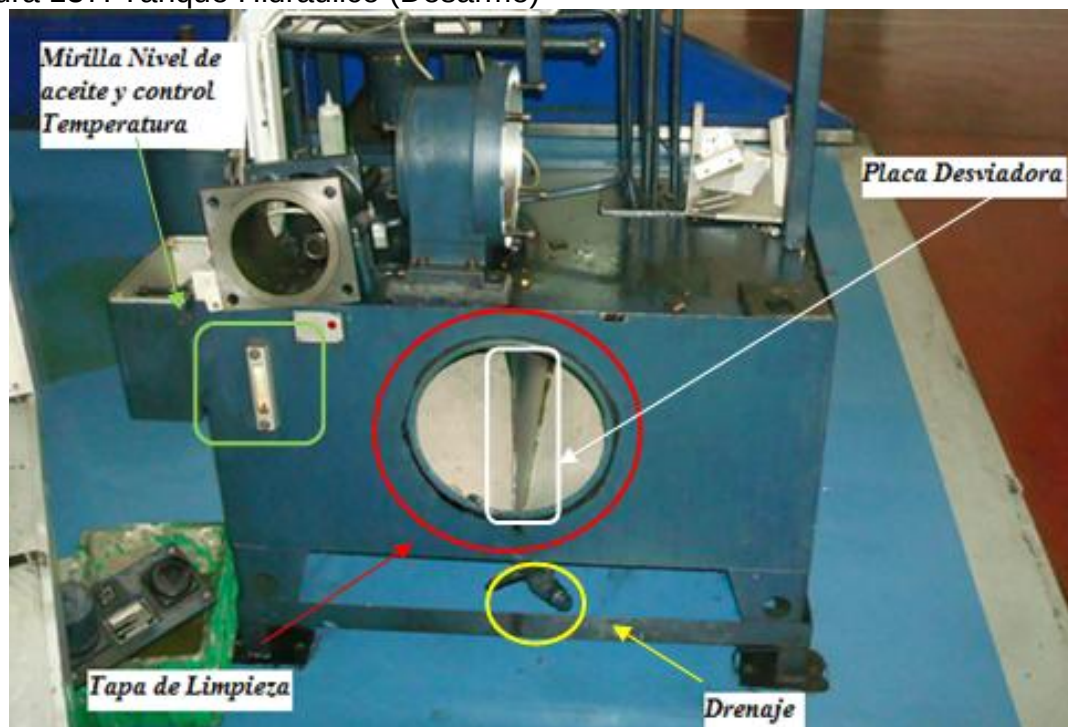
6.1.1 Sistema de Bombeo Primario. Sistema encargado del bombeo general del aceite hidráulico a la máquina, de él depende en un 70% el correcto funcionamiento. Éste sistema, (Ver figura 136), funciona de la siguiente manera:

- El motor eléctrico acciona la bomba hidráulica y ella envía flujo creando 2 líneas P1 y P2.
- P1 es la línea de presión que se genera directamente a la salida de la bomba hidráulica, ésta línea tiene como destino la mesa de indexación.
- P2 se genera tras pasar por el acumulador hidráulico, ésta línea se dirige hacia los demás componentes hidráulicos.

Nota: A medida que se vaya explicando el funcionamiento de cada uno de los subsistemas se hará alusión a cual línea (P1 o P2) se refiere.

6.1.1.1 Tanque Hidráulico. El tanque hidráulico de la máquina cumple con las recomendaciones generales para este tipo de depósitos, así pues, se puede observar las siguientes características:

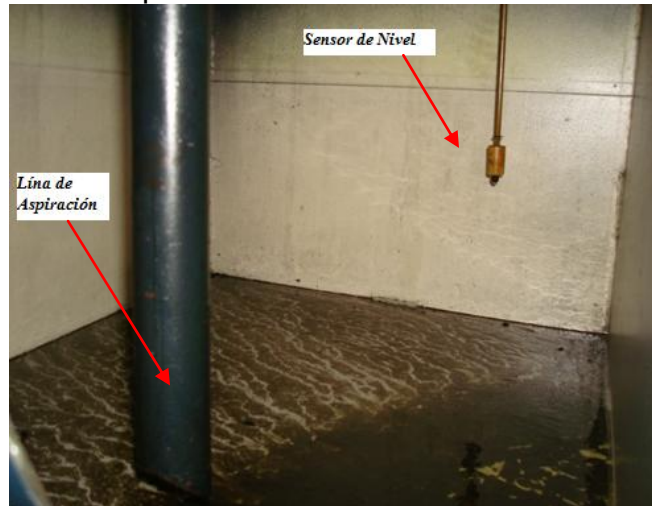
Figura 137. Tanque Hidráulico (Desarme)



Fuente: Los Autores

Éste depósito está diseñado para que el mantenimiento sea realmente fácil, el interior del tanque esta en forma inclinada facilitando su drenaje de forma rápida. Posee tanto una mirilla para observar el nivel de aceite y un sensor que envía una señal eléctrica al control advirtiéndolo nivel bajo. (Ver figura 137).

Figura 138. Interior del Tanque Hidráulico.



Fuente: Los Autores

Igualmente goza de una placa desviadora que se extiende a lo largo del centro del tanque para separar la línea de aspiración a la línea de retorno, impidiendo que se genere turbulencia en el tanque, disipando calor y ayudando a que las partículas anormales se sedimenten en el fondo. (Ver figura 138).

Observando la curva de operación de la bomba (VER ANEXO B) se observa que para un tamaño de 50 de desplazamiento volumétrico de 55.2 cm³ posee un caudal máximo de 78[lpm] aproximadamente. Observando la regla general:

$$\text{Tamaño del Tanque en litros} = \text{Caudal de la bomba (lpm)} \times F_t$$

$$F_t = \text{Factor de Tamaño} = \text{valor entre 2 - 4}$$

$$250 \text{ lt} = 78 \text{ (lpm)} \times F_t$$

$$F_t = 3,6$$

El factor de tamaño resulta ser 3,6, es decir, cumple con la regla general que busca facilitar el enfriamiento y la separación de contaminantes.

✓ **Aceite Hidráulico:** El tanque hidráulico posee una laminilla, (ver figura 139), que recomienda un aceite de calidad HLP 68 para la máquina. Los aceites utilizados en los sistemas hidráulicos de la empresa son adquiridos por Lubrigras,

este proveedor recomendó utilizar el aceite ISO 68, que posee características muy similares y además tiene aditivos antiespumantes, antioxidantes, antidesgaste y protectores contra la herrumbre, para mejorar su desempeño.(ver Anexo C) para mayor información de las características del aceite ISO 68.

Figura 139. Laminilla de Aceite Hidráulico.

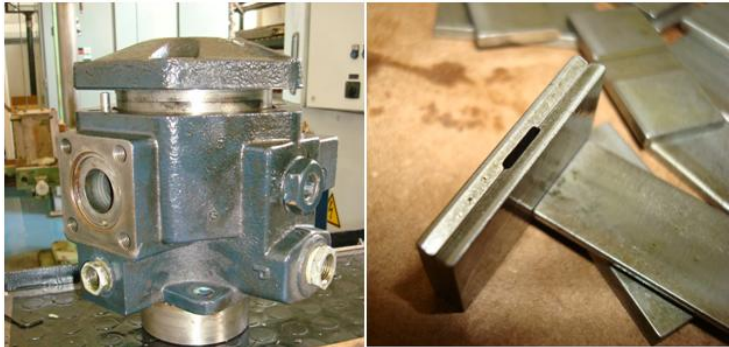


Fuente: Los Autores.

6.1.1.2 Grupo Motor Bomba. La Bomba hidráulica es de marca Rexroth y las especificaciones son las que se muestran en la figura 139. Es una bomba referencia 1PV2V4-2X/50-RAO1M160 de paletas de desplazamiento variable compensada por presión de la serie 2X con sistema de doble paleta, proporcionando a la bomba de un doble sello entre las cámaras de bombeo y por supuesto un balance hidráulico de cada una de las paletas, reduciendo así la carga entre las puntas de ellas.

El tamaño constructivo 50 se refiere a un desplazamiento volumétrico de $55,2\text{cm}^3/\text{rev}$, admite rotación en el sentido de las manecillas del reloj a una velocidad máxima de 1800 rpm y una presión máxima de trabajo de 160 Bar, dependiendo de la operación. El desarme de la bomba hidráulica se puede ver en la figura 140.

Figura 140. Desarme de la Bomba Hidráulica.



Fuente: Los Autores.

La bomba, (Ver figura 141), esta acoplada a un motor Dietz potencia de 10Hp, conexión a 440 voltios, frecuencia 60 Hz y 1740 RPM; proporcionando la potencia necesaria para bombear el flujo a la presión de trabajo de la máquina.

Figura 141. Identificación Bomba Hidráulica.

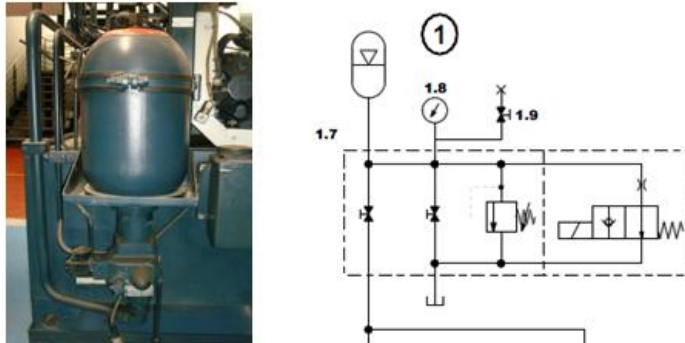
Ordering Code, Preferred Types									
1 PV 2 V4 1/2 R 16 1 *									
Series		= 2X						further details in clear text	
Series 20 to 29								1 = automatic bleed valve	
Size 20 and Size 50 ¹⁾								N = Displacement control without setting screw for displacement control	
(20 to 29, externally interchangeable)								A = Displacement control with setting screw for displacement control	
Series 30 to 39		= 3X						16 = Stall pressure range up to 160 bar optimum range 40 to 160 bar	
Size 32 and Size 80 ¹⁾								Other stall pressure settings Details in clear text	
(30 to 39, externally interchangeable)								Control settings	
Series 40 to 49		= 4X						1 = setting screw	
Size 125								3 = 3, 4) lockable rotary hand knob with scale	
(40 to 49, externally interchangeable)								5 = 3) setting screw and K-plate for start at lowest stall pressure (refer page 16)	
Size / Displacement								7 = 3, 4) lockable rotary handknob with scale and K-plate for start at lowest stall pressure	
Size 20		20,7 cm ³		= 20				²⁾ Controls	
Size 32		34,5 cm ³		= 32				C = Pressure control with mechanical pressure setting	
Size 50		55,2 cm ³		= 50				D = Pressure control with remote hydraulic pressure setting	
Size 80		82,8 cm ³		= 80				W = Pressure control with electrical 2 stage pressure setting	
Size 125		127,6 cm ³		= 125				E = Pressure control with electrical remote pressure setting	
Direction of rotation								Seals	
Clockwise (viewed on shaft end)				= R				M = NBR-seals, suitable for use with mineral oils (HLP) to DIN 51 524 part 2	
Shaft end								V = Viton-seals, suitable for use with phosphate-ester (HFD-R)	
Single pump								Please note the data on fluids published in our data sheet RE 07 075	
Metric, parallel with key									
Combination pumps									
Front pump									
Middle pump									
Rear pump									
Connections									
Standard model									
Size 20, 32, 50: suction and pressure ports: BSP thread									
Size 80: suction port: SAE flange pressure port: BSP thread;									
Size 125: suction and pressure ports: SAE flanges									
Model with mounting for servo orifice on pressure port									
Size 20, 32, 50: suction port: BSP thread									
Size 80: suction port: SAE flange									
Size 125: suction port: SAE flange									

Fuente: Los Autores.

6.1.2 Sistema Secundario. El sistema secundario lo compone básicamente el acumulador hidráulico, encargado de mantener la presión P2 en el circuito de anclaje de la mesa, (Ver figura 136), de los módulos de trabajo y de los husillos porta-herramientas.

La fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones utiliza un sistema acumulador tipo vejiga que proporciona un buen funcionamiento para trabajos intermitentes. El acumulador viene en bloque para colocar a un lado del tanque hidráulico principal para así conseguir una fijación sencilla y segura. (Ver figura 142).

Figura 142. Acumulador Hidráulico.



Fuente: Los Autores.

La carga de gas en acumuladores tipo vejiga no debe ser inferior al 25% la presión máxima de trabajo, esto se comprueba de la laminilla de información puesta en la máquina, (Ver figura 143).

Figura 143. Laminilla Información Acumulador.

Speicher	
Größe:	10 ltr.
Betriebsdruck p:	50 bar
Stickstoff p1:	25 bar
Speicherdr. pmax:	330 bar
Speicher Nr:	945208

$$P_{trabajo} = 50 \text{ Bar}$$

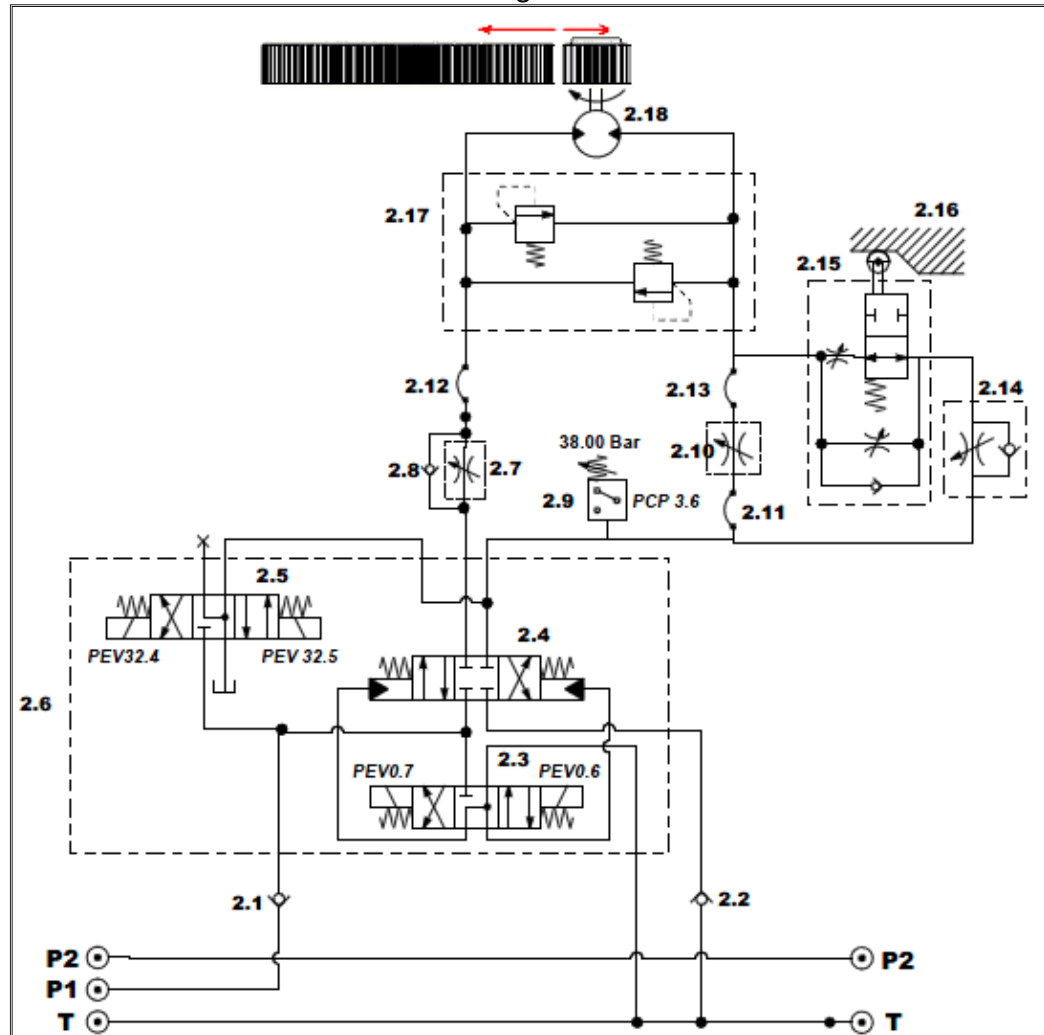
$$P_{carga_{gas}} = 25 \text{ bar}$$

$$P_{carga_{gas}} = 0.5 P_{trabajo}$$

Fuente: Los Autores.

6.2 SISTEMA HIDRO-MECÁNICO DE GIRO DE LA MESA

Figura 144. Sistema Hidro-Mecánico de giro de la Mesa.

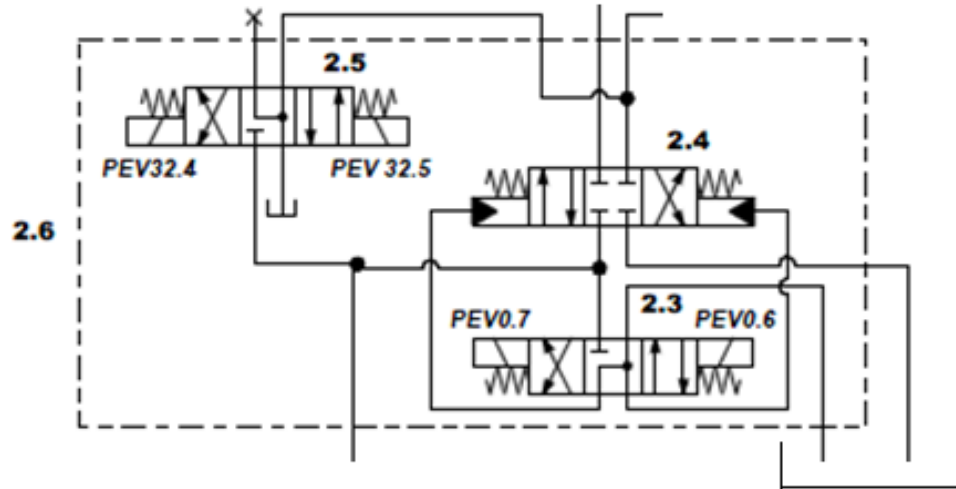


Fuente: Los Autores.

Éste sistema es el encargado de la indexación de la mesa, (Ver figura 144). La indexación se realiza en ambos sentidos de las manecillas del reloj, dependiendo de la activación de la válvula direccional 2.4.

6.2.1 Manifold de Indexación. En este manifold se encuentran las tres válvulas encargadas de la indexación de la mesa principal de la máquina. (Ver figura 145).

Figura 145. Manifold de Indexación.



Fuente: Los Autores.

El elemento principal de control de potencia es el 2.4 de la figura 145, es una válvula direccional 4 vías 3 posiciones con centro cerrado operada hidráulicamente, gracias a ella se puede direccionar el flujo para realizar la indexación horaria o anti-horaria de la mesa principal, es una válvula vickers de referencia DG5V-72C-TM-U-B7-20 montada para pilotaje interno.

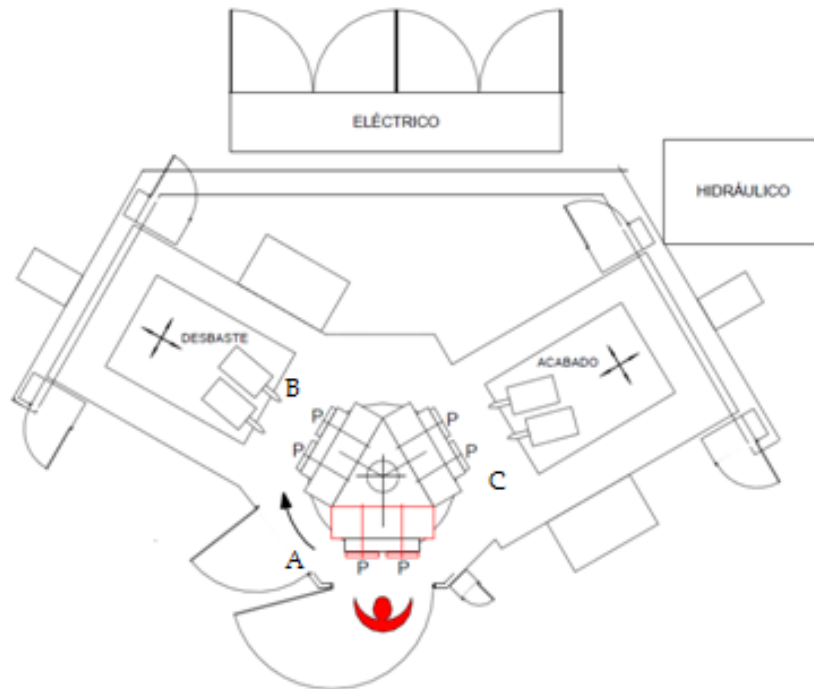
El elemento 2.3 de la figura 145 es una válvula direccional de 4 vías 3 posiciones, operada por solenoide cuya función es el control del pilotaje hidráulico de la válvula 2.4, en pocas palabras las válvulas 2.3 y 2.4 resultan ser una válvula direccional compuesta para manejo de grandes caudales.

El elemento 2.5 de la figura 145, igualmente es una válvula direccional de 4 vías 3 posiciones operada por solenoide, a simple vista el montaje de esta válvula no tendría ningún sentido práctico, pero la indexación de la mesa, al ser una de las operaciones más críticas e importantes de la máquina, hace necesario el montaje en paralelo de ésta (elemento redundante), para contrarrestar la falla en el servicio de la válvula principal.

6.2.2 Indexación de la Mesa.

6.2.2.1 Funcionamiento Mecánico. El ciclo normal de la máquina transcurre girando la mesa en los dos sentidos de indexación. Se entiende por posición A cuando la mesa está en reposo y el módulo de trabajo se encuentra enfrenteado a la estación número uno, posición B cuando éste llega a la estación de trabajo número 2 (desbaste) y posición C cuando se encuentra en acabado (Estación 3). (Ver Figura 146).

Figura 146. Posiciones A, B y C de la Mesa de Indexación.



Fuente: Los Autores.

i. Primer Movimiento: Al accionar el solenoide PEV 0.6 de la figura 145, el motor hidráulico gira horariamente y por la transmisión presente (Engranajes rectos) (Ver figura 147), la mesa se movería en sentido contrario desde la posición A, logrando aproximarse a la posición B a la primera velocidad (velocidad alta). (Ver figura 149).

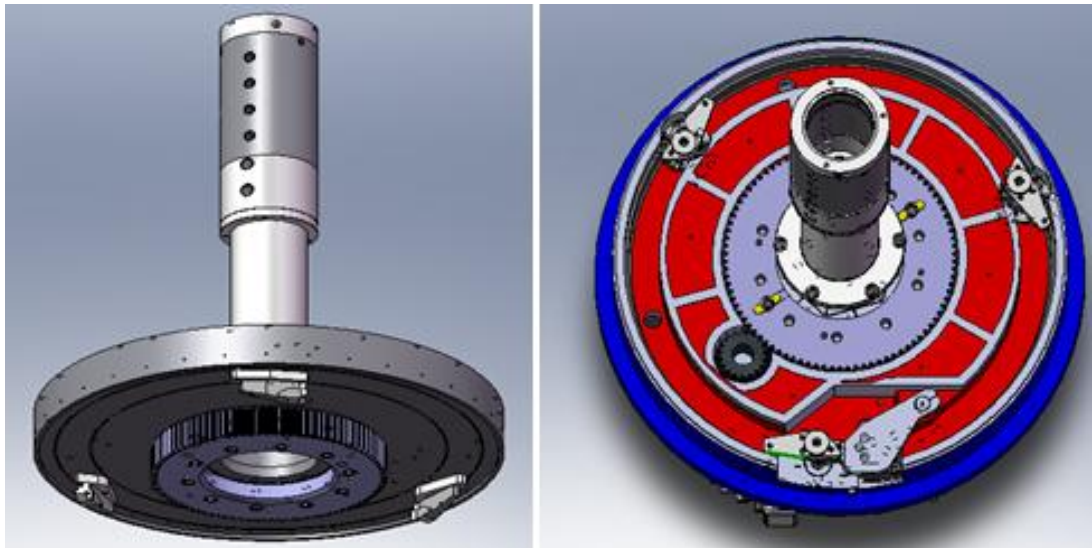
Figura 147. Transmisión Engranajes.



Fuente: Los Autores.

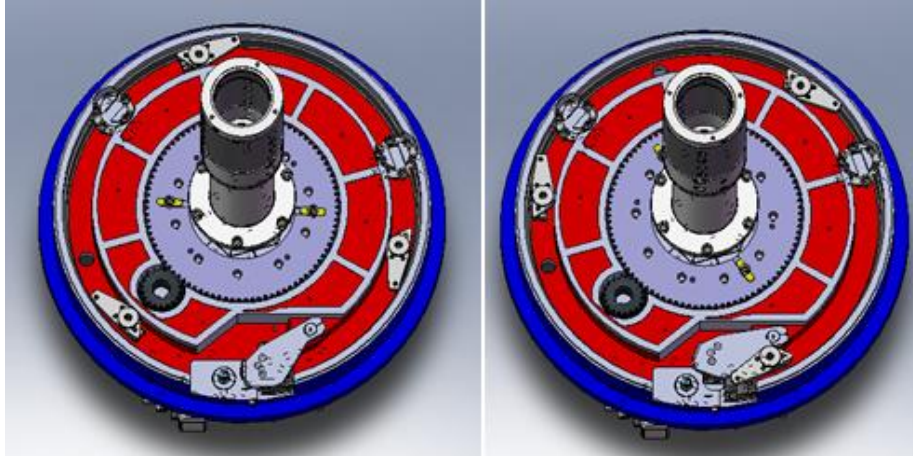
ii. Segundo Movimiento: Cuando la mesa está próxima a la llegada de la posición B una leva-tope acoplada en su parte inferior (Ver figura 148) abre un dispositivo de autoreposición y mueve un mecanismo de barras que a su vez acciona la válvula desaceleradora haciendo desacelerar el conjunto (segunda velocidad).

Figura 148. Vista Inferior Mesa de Indexación.



Fuente: Los Autores.

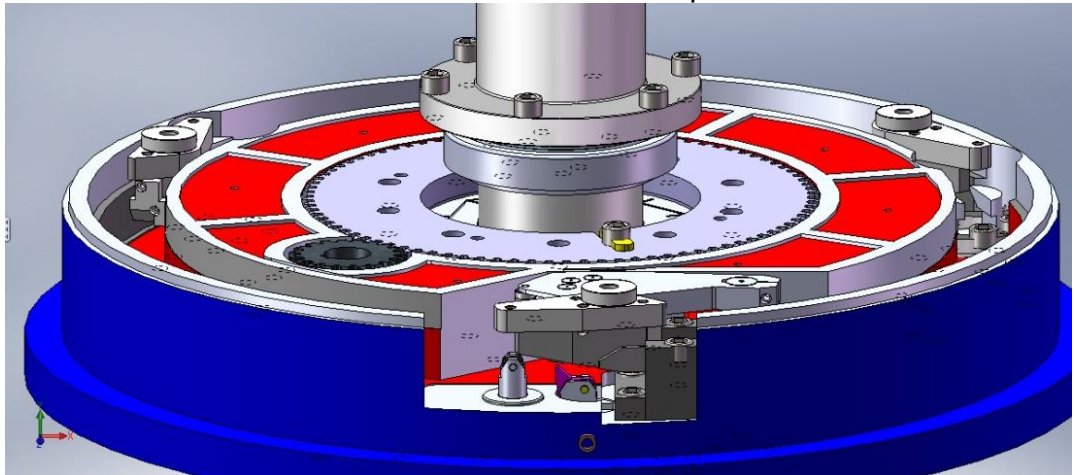
Figura 149. Primera Velocidad.



Fuente: Los Autores.

iii. Tercer Movimiento: Cuando la mesa está próxima a la llegada de la posición B, (Ver figura 150) el tope-leva acoplado en su parte inferior abre un dispositivo de autoreposición y mueve un mecanismo de barras que a su vez acciona la válvula desaceleradora haciendo desacelerar el conjunto (segunda velocidad).

Figura 150. Primera Velocidad – Acercamiento a la posición B



Fuente: Los Autores.

Paralelamente en la segunda velocidad (velocidad lenta) (Ver figura 152) se llega a un punto donde el dispositivo de autoreposición por resorte se restituye (Ver

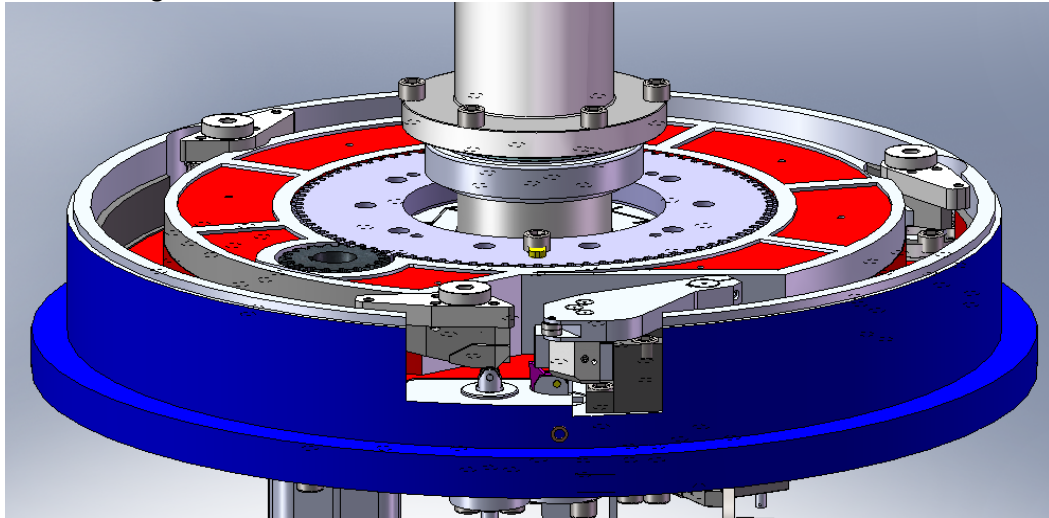
figura 151) y por medio de una guaya, acoplada a este dispositivo, acciona un final de carrera que envía la señal que se desenergice el solenoide PEV 0.6 y se energice el solenoide PEV 0.7 de la figura 145.

Figura 151. Dispositivo de Auto-reposición.



Fuente: Los Autores.

Figura 152. Segunda Velocidad.

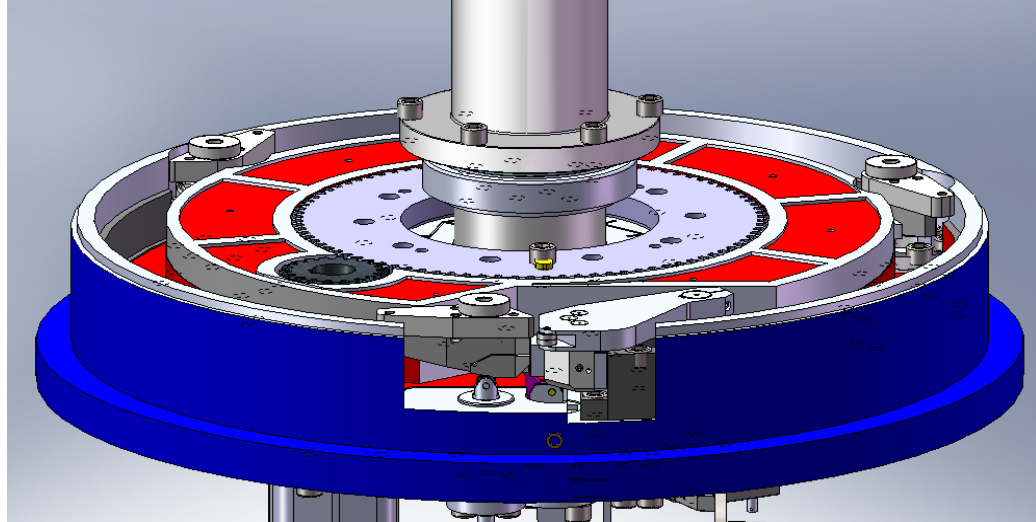


Fuente: Los Autores.

Energizado el solenoide PEV 0.7 de la figura 145 el motor hidráulico invierte el sentido de giro y la mesa se mueve horariamente hasta que encuentra la posición B; punto donde se acciona otra guaya y activa un final de carrera adicional que

indica que la mesa se encuentra en la posición B (posición Cero) lista para su anclaje, (Ver figura 153).

Figura 153. Posición B – Punto cero.



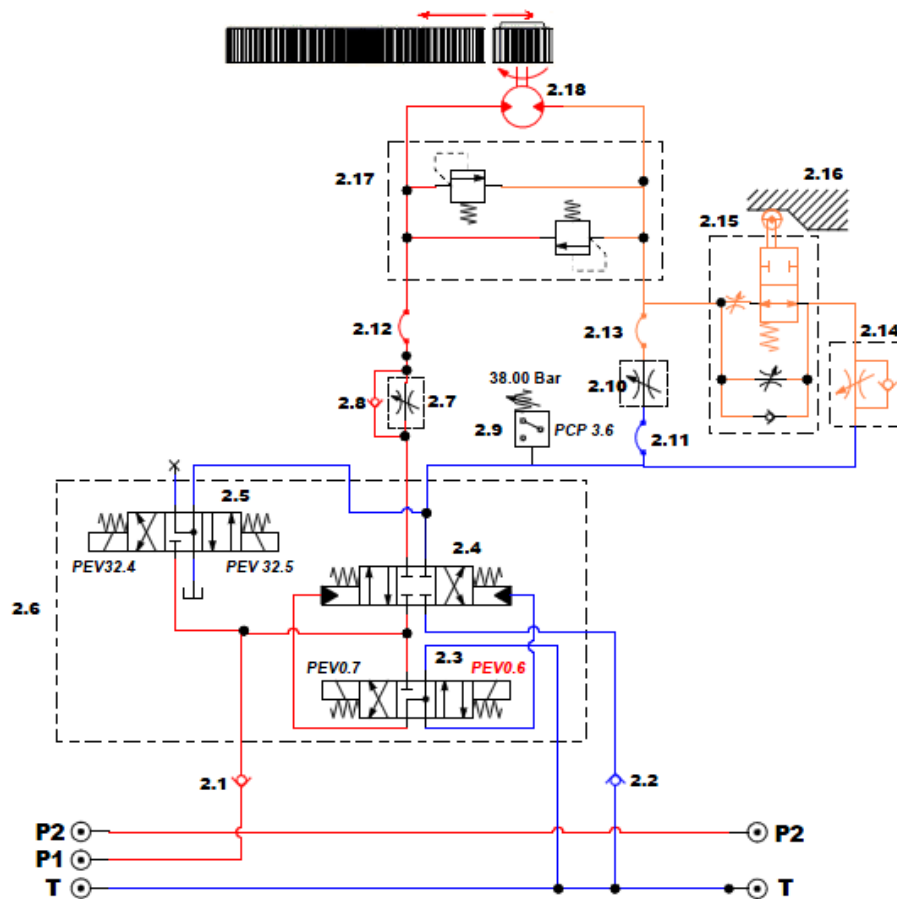
Fuente: Los Autores

6.2.2.2 Funcionamiento Hidráulico.

- **Giro Horario de la Mesa de Indexación:** El giro horario de la mesa de indexación hace referencia cuando la mesa se dirige desde la posición A hacia la posición B, este giro cuenta con dos velocidades diferentes.

Una vez activado el solenoide PEV 0.6 el fluido hidráulico se dirige hacia la válvula antiretorno 2.8 eludiendo a la reguladora de caudal 2,7, llegado a este punto se encuentra con un conjunto “dual relief valve” 2.17, estos de la figura 144, que en este proceso su función es proteger al sistema y manejar las inercias (arrancando genera una restricción grande permitiendo generar un mayor torque y desacelerando funciona como una disipadora de inercia). Una vez llega al puerto B del motor hidráulico induce un movimiento antihorario en él produciendo el giro horario de la mesa. (Ver figura 154).

Figura 154. Giro Horario de la Mesa



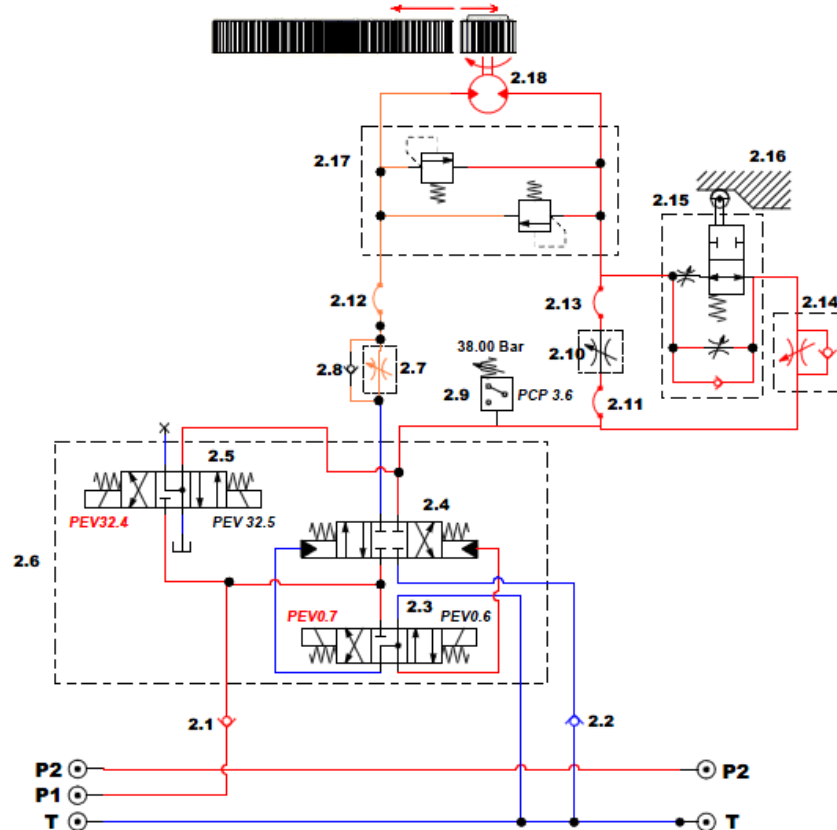
Fuente: Los Autores.

El control de caudal y por ende de velocidad es de regulación posterior, una vez el fluido sale del motor hidráulico se encuentra con el conjunto de válvula desaceleradora. Ésta válvula desaceleradora cuenta con dos regulaciones de caudal diferentes, una en serie para la primera velocidad y la otra en paralelo para la segunda, en este caso tras el difícil acceso a estas dos regulaciones, se habilitaron dos regulaciones adicionales una en serie, válvula 2.14 y otra en paralelo, válvula 2.10, estos de la figura 154.

La válvula reguladora de caudal en serie perteneciente a la válvula desaceleradora se dejó completamente abierta y la que se encuentra en paralelo completamente cerrada, con el fin de realizar el control con las válvulas 2.10 y 2.14.

- **Giro Anti-horario de la Mesa de indexación:**

Figura 155. Giro Anti-Horario de la Mesa.



Fuente: Los Autores.

Tras la restitución del dispositivo de autoreposición el solenoide PEV 0.7 es energizado cambiando así el sentido de giro de la mesa de indexación en búsqueda de la posición B (punto cero). (Ver Figura 155).

El fluido evade las regulaciones de caudal 2.10, 2.14 y la válvula desaceleradora a través de las antiretorno, llegando al motor hidráulico y regulando su flujo posteriormente por medio de la válvula 2.7, todos de la figura 155.

- **Mecanismo de barras:** La válvula desaceleradora, (Ver figura 156), se acciona por medio de un dispositivo de accionamiento y del tope-leva, que posee un perfil especial que a medida que avanza la mesa su regulación es más notoria.

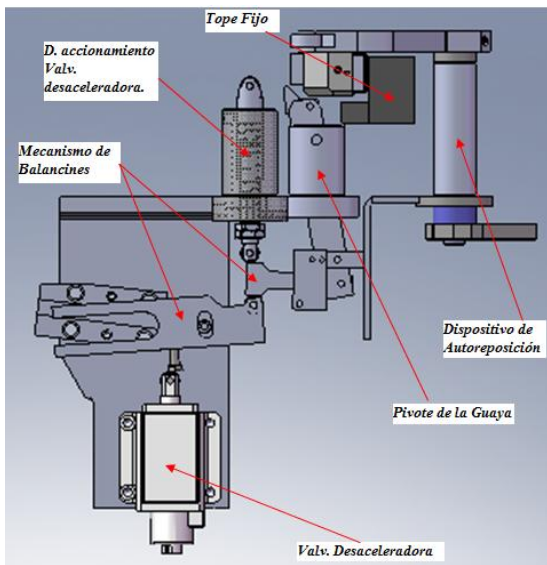
Figura 156. Dispositivo Accionamiento Valv. Desaceleradora – Tope-leva



Fuente: Los Autores

El dispositivo de accionamiento de la válvula desaceleradora es regulable y es independiente del pivote de la guaya de punto cero. En éste punto el dispositivo de accionamiento de la válvula desaceleradora queda completamente accionado y el pivote de la guaya punto cero queda accionando el final de carrera, (Ver figura 157).

Figura 157. Sistema de Control de Posición.



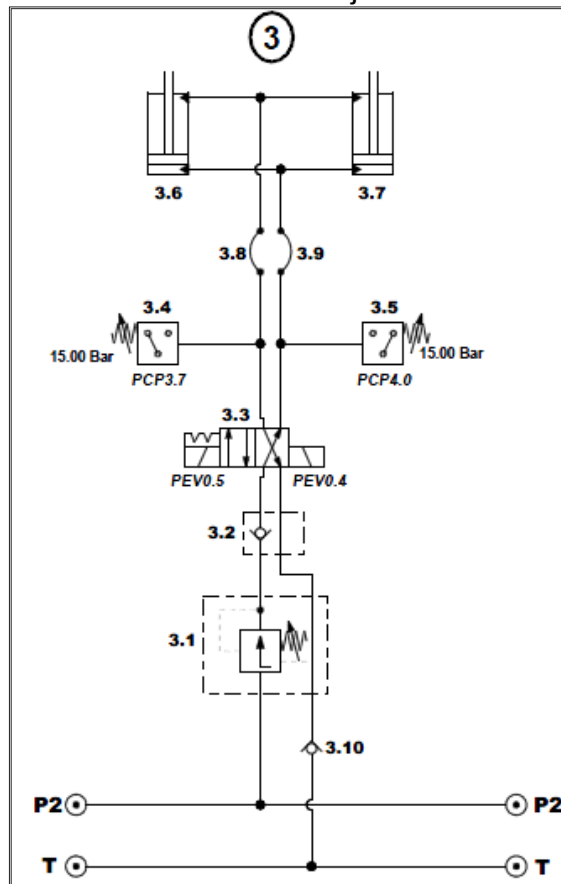
Fuente: Los Autores.

6.3 SISTEMA HIDRO-MECÁNICO DE ANCLAJE DE LA MESA

Luego de que la mesa de indexación se posiciona en el punto cero, gracias al final de carrera se envía la señal para el anclaje de la mesa de indexación. La bancada central de la máquina posee dos cilindros hidráulicos de doble efecto que anclan la mesa por sujeción para evitar movimientos bruscos, vibraciones y asegurar un buen mecanizado mientras entran en operación los husillos de las estaciones dos y tres. (Ver figura 158).

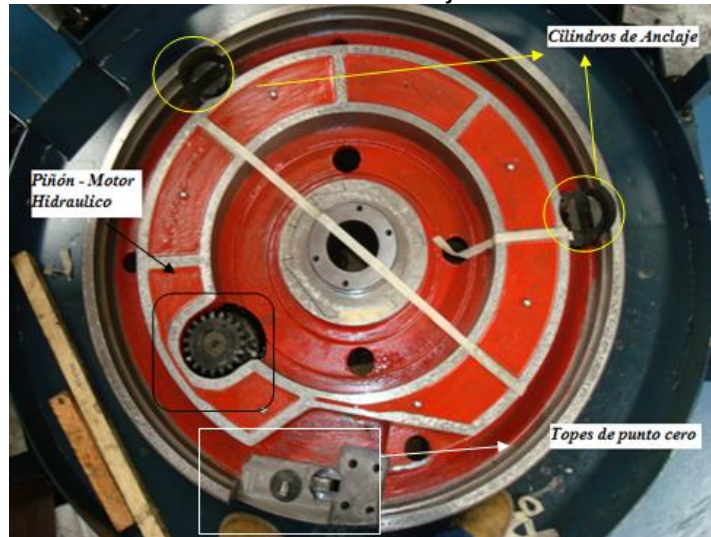
Estos dos cilindros se encuentran ubicados cada 120° en relación con los topes de punto cero de la siguiente manera. (Ver figura 159).

Figura 158. Sistema Hidro-Mecánico de Anclaje de la Mesa



Fuente: Los Autores.

Figura 159. Ubicación de los Cilindros de Anclaje de la Mesa de indexación



Fuente: Los Autores.

El sistema de enganche de los cilindros de anclaje son los dispositivos tope-leve, cuando uno de ellos está próximo a la llegada al punto cero, los otros dos están en posición de los cilindros, para el anclaje, (Ver figura 160).

Figura 160. Cilindros de Anclaje de la Mesa de Indexación.



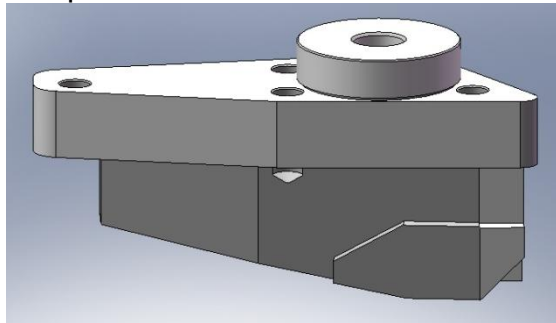
Fuente: Los Autores.

Este sistema cuenta adicionalmente con dos presostatos indicativos del anclaje o desanclaje de la mesa de indexación, una válvula reductora de presión que limita la presión máxima de trabajo de estos dos cilindros, que no tienen

especificaciones comerciales, sino que fueron contruidos para esta aplicación en especial.

6.3.1 Dispositivo Tope-Leva. Como se puede notar este dispositivo especial cuenta con tres funciones fundamentales, (Ver figura 161).

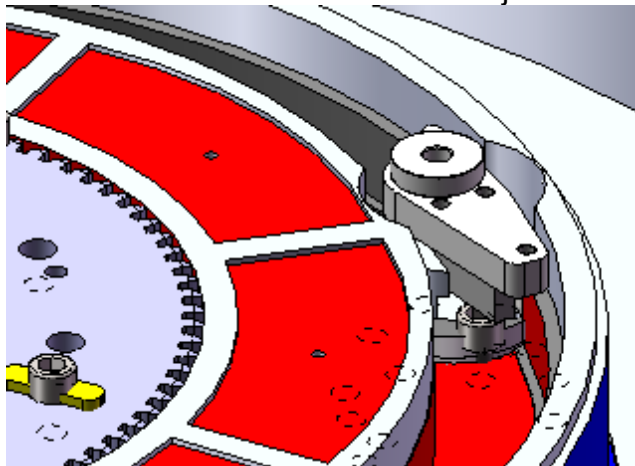
Figura 161. Dispositivo Tope-Leva



Fuente: Los Autores.

6.3.1.1 Anclaje. Una vez el dispositivo se encuentra enfrentado con los cilindros de anclaje de la mesa, éstos se retraen y se enganchan del tope-leva inmovilizando la mesa. (Ver figura 162).

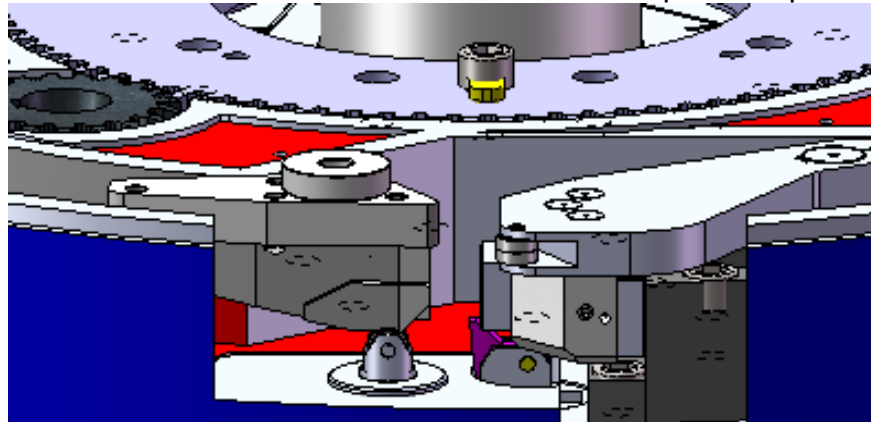
Figura 162. Tope-Leva enfrentado al Cilindro de anclaje.



Fuente: Los Autores.

6.3.1.2 Accionamiento Válvula Desaceleradora. Cada uno de los topes-leva tiene un perfil en su vista inferior con el que a medida que se avanza, el perfil acciona la válvula desaceleradora. (Ver figura 163).

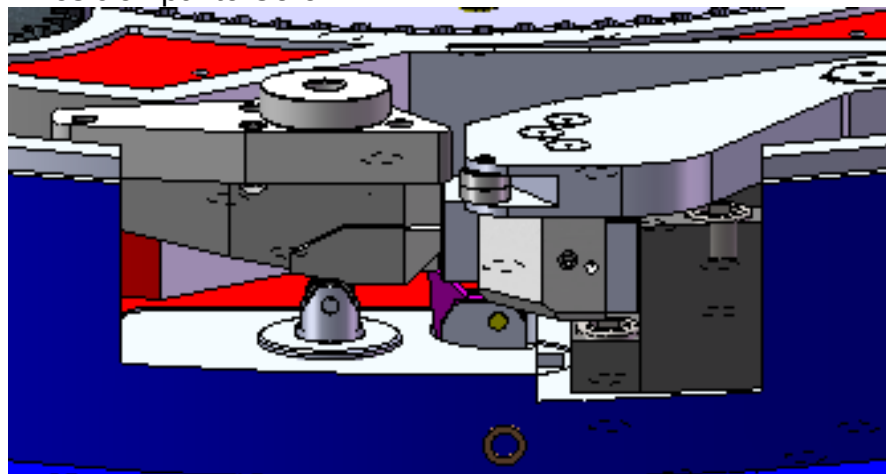
Figura 163. Accionamiento de la Válvula desaceleradora por el Tope-Leva.



Fuente: Los Autores.

6.3.1.3 Llegada Punto Cero. Una vez el motor hidráulico cambia su sentido de giro la leva-tope retrocede y choca con el dispositivo autoreposición accionando la guaya del pivote enviando la señal de posicionamiento en punto cero, listo para el anclaje, (Ver figura 164).

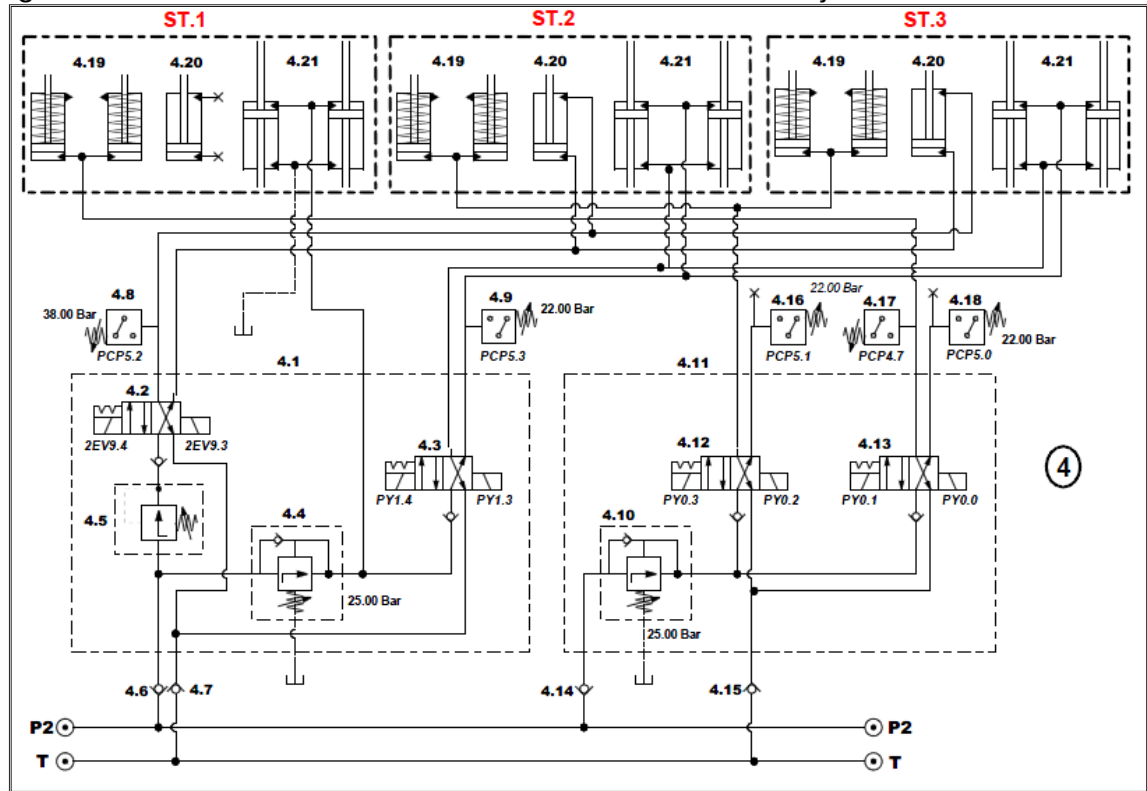
Figura 164. Posición punto Cero



Fuente: Los Autores.

6.4 SISTEMA HIDRO-MECÁNICO DE MÓDULOS DE TRABAJO

Figura 165. Sistema Hidro-Mecánico de Módulos de Trabajo

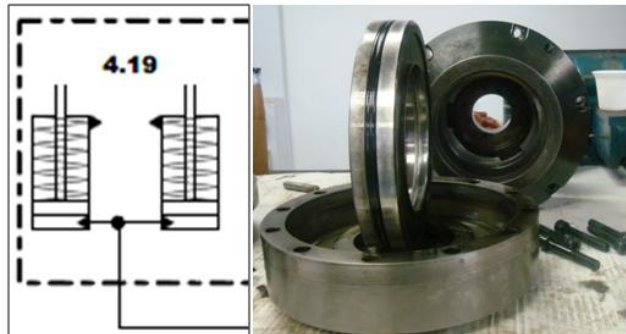


Fuente: Los Autores.

Cada uno de los módulos de trabajo consta de 5 cilindros hidráulicos, dos de sujeción de la pieza, dos de levantamiento de los anillos hirth y uno de indexación de la copa. El levantamiento de los anillos hirth y la indexación de la copa cumple con un ciclo llamado: - Ciclo Copa- (Ver figura 165).

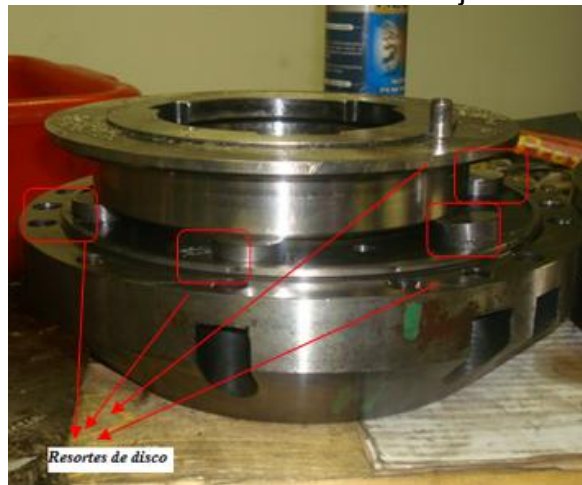
6.4.1 Cilindros de anclaje de la Pieza. Los cilindros simple efecto de sujeción de la pieza, son casi imperceptibles y resultan ser básicamente la misma copa, (Ver figura 166). Dentro de ella, existe un cilindro que se desplaza y es reposicionado por seis resortes de disco (20 discos cada uno). La pieza se suelta cada vez que se extiende el cilindro y cuando se reposiciona se ancla, (Ver figura 167).

Figura 166. Cilindros de Anclaje de la Pieza.



Fuente: Los Autores.

Figura 167. Copas Porta-Piezas = Cilindros de Anclaje de la Pieza.



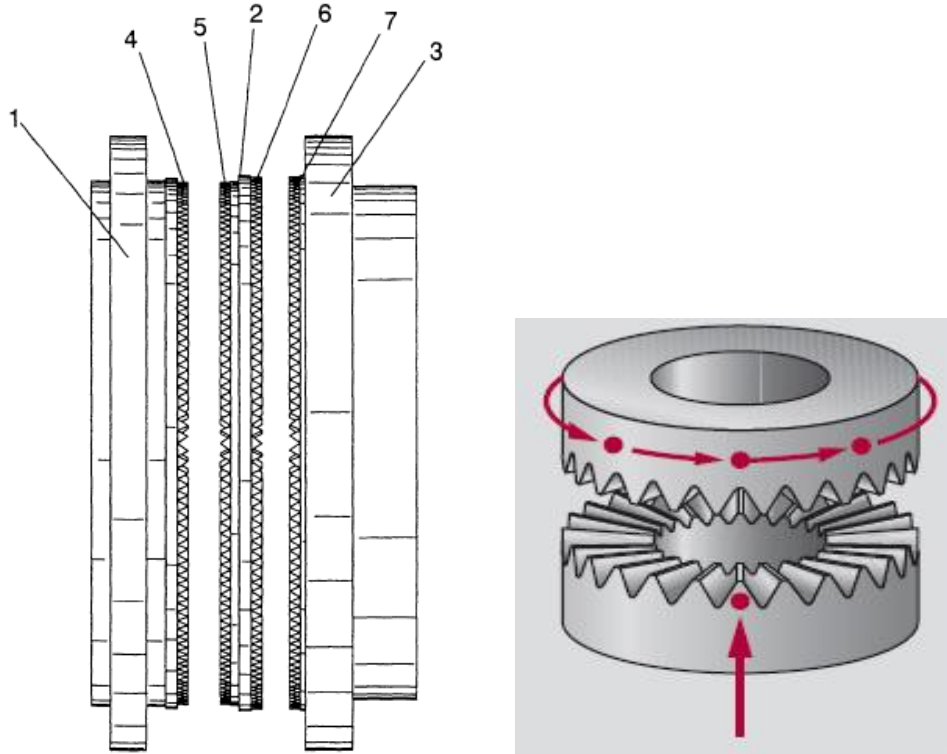
Fuente: Los Autores.

Este tipo de cilindro es accionado por una válvula de 4 vías 2 posiciones, para los módulos de trabajo que quedan enfrentados en la estación 2 y 3 la válvula 4,12 es la encargada de su movimiento y para el modulo enfrentado en la estación 1 la encargada es la válvula 4.1, estas de la figura 165.

6.4.2 Ciclo-Copa. El denominado –Ciclo Copa- consta de 4 movimientos diferentes donde participan los cilindros hidráulicos del levantamiento de los anillos Hirth y el cilindro hidráulico de la indexación.

6.4.2.1 Anillos Hirth.

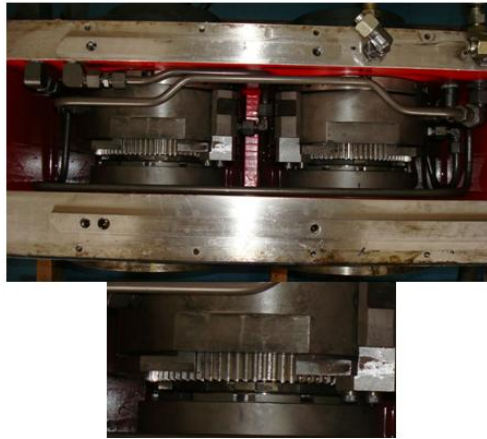
Figura 168. Anillo Hirth



Fuente: Oficina de patentes y marcas de España.

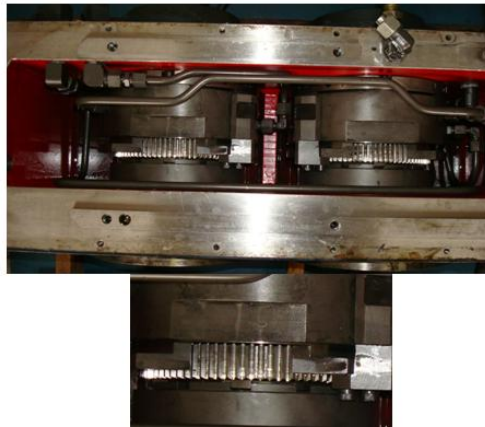
Este tipo de dispositivo en forma genérica (Ver figura 168) está constituido por un cuerpo fijo (1) que dispone de una corona con dentado frontal con un número de dientes N_1 , un segundo cuerpo (3) portador de una segunda corona frontal con un número de dientes N_2 y un tercer cuerpo intermedio (2) formado por dos dentados frontales enfrentados que posee en una de sus caras un número de dientes N_1 y en la opuesta un número de dientes N_2 coincidentes y en relación con los dientes de las coronas de las piezas (1) y (2), caracterizado porque el valor del ángulo mínimo alcanzado en el posicionamiento, que viene dado por la diferencia entre el ángulo entre dientes de la primera corona y el ángulo entre dientes de la segunda corona, es un número decimal exacto, permitiendo que el desplazamiento tenga una gran precisión y repetitividad.

Figura 169. Anillos Hirth del Módulo de Trabajo Bajados (Acoplados) – Engranaje Desacoplado.



Fuente: Los Autores.

Figura 170. Anillos Hirth del Módulo de Trabajo Levantado. – Engranaje Acoplado.



Fuente: Los Autores.

6.4.2.2 Descripción del ciclo.

➤ **Primer Movimiento:** Levantamiento de los anillos Hirth y acoplamiento de las copas.

En este primer movimiento los anillos hirth se levantan (Ver figura 170 y figura 171) y se da paso al acople del engranaje con las copas. En el momento en que el anillo hirth esté levantado se permitirá la indexación de las copas, de lo contrario, no se podrá hacer.

Figura 171. Anillos Hirth Levantados.



Fuente: Los Autores.

➤ **Segundo Movimiento:** Indexación de las copas.

Tras liberarse los anillos hirth las copas están listas para su indexación. En este movimiento el cilindro hidráulico se retrae y por medio de la cremallera permite el giro de las copas. Una carrera del cilindro corresponde a 60° de indexado de la copa, (Ver figura 172).

Figura 172. Movimiento: Indexación de las Copas.



Fuente: Los Autores

➤ **Tercer Movimiento:** Acople de los anillos Hirth.

En este movimiento los anillos hirth traseros se acoplan es decir el mecanismo se retrae y no permite el movimiento (giro) de las copas, (Ver figuras 169 y 173).

Figura 173. Posición: Anillos Hirht Acoplados – Retraídos - Bajados



Fuente: Los Autores.

➤ **Cuarto Movimiento:** Expansión del cilindro hidráulico, (Ver figura 174).

En este movimiento las copas se mantienen inmóviles, lo único que se busca es reposicionar el cilindro para una nueva indexación, se inicia nuevamente con el primer movimiento.

Figura 174. Movimiento: Expansión del Cilindro Hidráulico.



Fuente: Los Autores.

6.4.3 Árbol distribuidor. La función del árbol distribuidor, (Ver figura 175), es básicamente direccionar el fluido a cada una de los módulos de trabajo dependiendo en la estación en que se encuentren, es decir, el fluido que entra a las dos módulos que quedan enfrentados en las estaciones dos y tres no es el

mismo que entra al módulo que queda enfrente a la estación uno, las válvulas que controlan estos movimientos dependen de la estación más no del módulo.

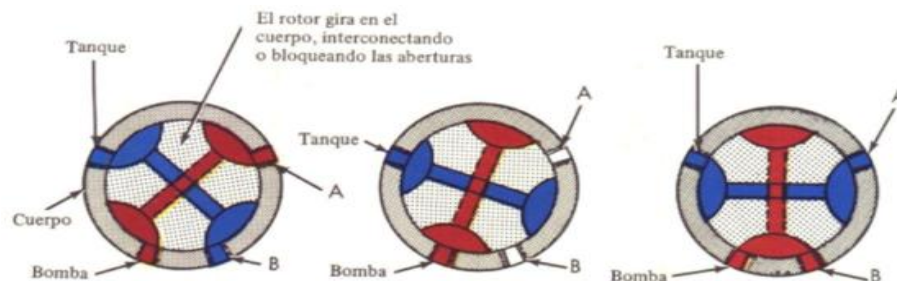
Figura 175. Árbol Distribuidor



Fuente: Los Autores.

El funcionamiento del árbol se basa en el de una válvula direccional rotativa de varias etapas, (Ver figura 176), el fluido entra por la parte superior y a medida que va girando la mesa, las cavidades se van posicionando hacia el módulo que requiera fluido para su procesamiento. (Parte central fija).

Figura 176. Válvula Rotativa.



Fuente: Manual de Oleo-Hidráulica Industrial Vickers

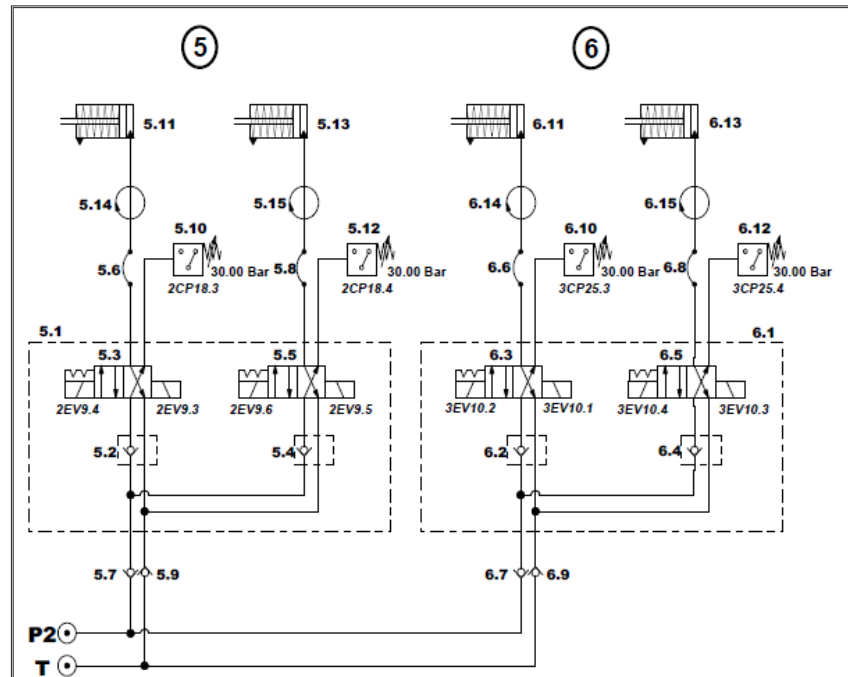
Por ejemplo si el módulo uno está enfrente a la estación uno, dentro del distribuidor tendrá bloqueadas las entradas que permiten al fluido activar el actuador de la indexación de las copas, ya que en esta estación no es necesaria la

indexación, pero sin embargo queda con las entradas de anclaje y desanclaje disponibles; para los módulos dos y tres, enfrentados con las estaciones dos y tres respectivamente, todas las entradas estarán activas, es decir en ellos se podrá realizar tanto el ciclo copa como el anclaje y el desanclaje de la pieza. Del árbol distribuidor no se encontró referencia alguna, ni información técnica que orientara sobre su funcionamiento y por esta razón se procedió a desarmarlo (Ver capítulo 5).

6.5 SISTEMA HIDRO-MECÁNICO DE LOS HUSILLOS PORTA-HERRAMIENTAS

El sistema Hidráulico-Mecánico de los porta-herramientas es idéntico para cada una de las estaciones, consta de un manifold por cada par de husillos con válvulas direccionales de cuatro vías dos posiciones y con válvulas antiretorno para asegurar su anclaje. (Ver figura 177).

Figura 177. Sistema Hidro-Mecánico Porta-Herramientas.



Fuente: Los Autores.

6.5.1 Funcionamiento general. El fluido proveniente de la línea P2 de la figura 177 entra al manifold y es direccionado por la válvula de cuatro vías dos posiciones dependiendo del destino, ya sea el anclaje o el desanclaje de la herramienta.

Los husillos, (Ver figura 178), al estar en un movimiento rotativo constan de una unión rotatoria capaz de transferir el fluido a altas velocidades. Éstas uniones tienen un rodamiento a bolas para soportar al componente giratorio contra el componente estacionario, igualmente poseen unos sellos cerámicos especiales aptos para soportar grandes presiones facilitando su rotación y con alta confiabilidad.

Figura 178. Husillos.



Fuente: Los Autores.

A través de la junta rotativa (Ver figura 179) el fluido ingresa a los cilindros hidráulicos de simple efecto encargados del anclaje de la herramienta, mientras éstos estén extendidos la herramienta quedará libre, una vez se retraigan la herramienta queda anclada gracias a un sistema de anclaje Emuge.

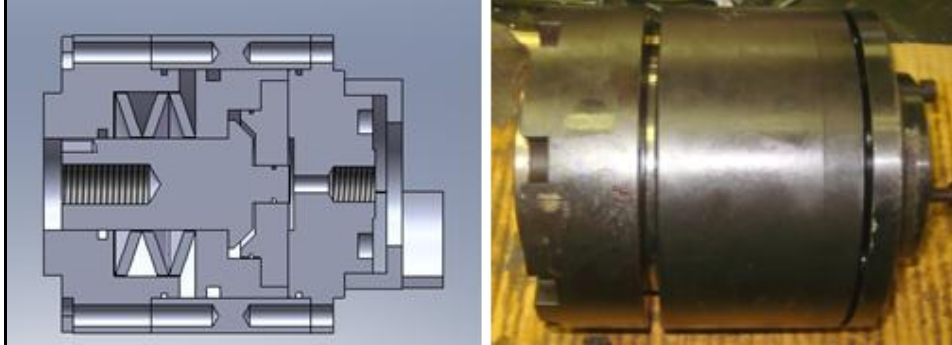
Figura 179. Junta Rotativa.



Fuente: Los Autores.

6.5.2 Cilindros de Anclaje de la Herramienta. Estos cilindros son especialmente mecanizados para esta aplicación, son de simple efecto reposicionados por resortes de discos. El vástago está acoplado a una varilla que acciona el sistema Emuge para la sujeción de la herramienta. (Ver figura 180).

Figura 180. Cilindro de Anclaje Herramienta.



Fuente: Los Autores.

6.5.3 Vástago transmisor. Dada la forma del husillo, el vástago del cilindro hidráulico no es capaz por sí solo de transmitir el movimiento, por ende tiene un terminal roscado donde encaja una barra facilitando el accionamiento del sistema de sujeción Emuge, (Ver figura 181).

Figura 181. Barra de Accionamiento del Sistema de Sujeción EMUGE

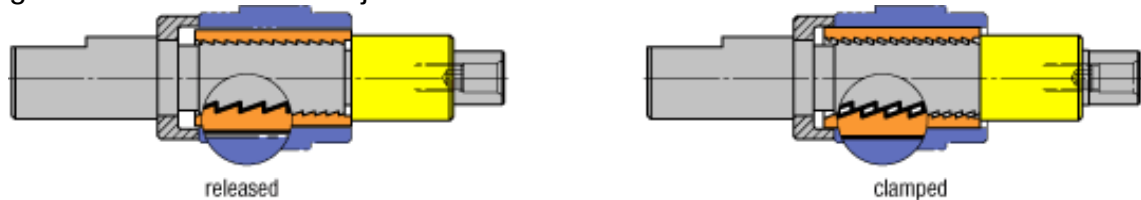


Fuente: Los Autores.

6.5.4 Sistema de Sujeción EMUGE. Este sistema permite la sujeción de la herramienta por medio de unos dispositivos con un roscado especial extrafuerte “casquillo”. Estos casquillos enroscan fácilmente en el cuerpo de la copa porta-

herramienta y mediante la aplicación de una fuerza axial proveniente del vástago transmisor se mueven en dirección de la fuerza liberando la herramienta. (Ver figuras 182 y 183).

Figura 182. Sistema de Sujeción EMUGE



Fuente: Emuge Franklen

Para la sujeción de la herramienta, el vástago se retrae por restitución y genera una fuerza de compresión en los hilos del casquillo ajustando la herramienta. En conclusión la pieza se sujeta de forma muy segura aún si se trabaja con profundidades y velocidades de rotación elevadas.

Figura 183. Casquillo del Sistema EMUGE.



Fuente: Los Autores.

6.5.5 Componentes Mecánicos de los Husillos. Los husillos de cada una de las estaciones son movidos por una transmisión de potencia por correas flexibles a partir de motores eléctricos. (Ver figuras 184, 185 y 186).

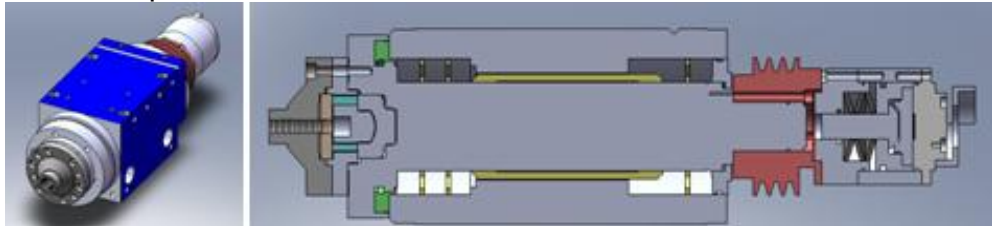
Figura 184. Transmisión por Correas.



Fuente: Los Autores.

Todo el conjunto es soportado en un bloque, que a su vez es montado en dos carros servocontrolados (principal y transversal) para lograr el buen funcionamiento de la estación de trabajo.

Figura 185. Componentes Mecánicos de los Husillos.



Fuente: Los Autores.

Figura 186. Eje de Rotación Husillos



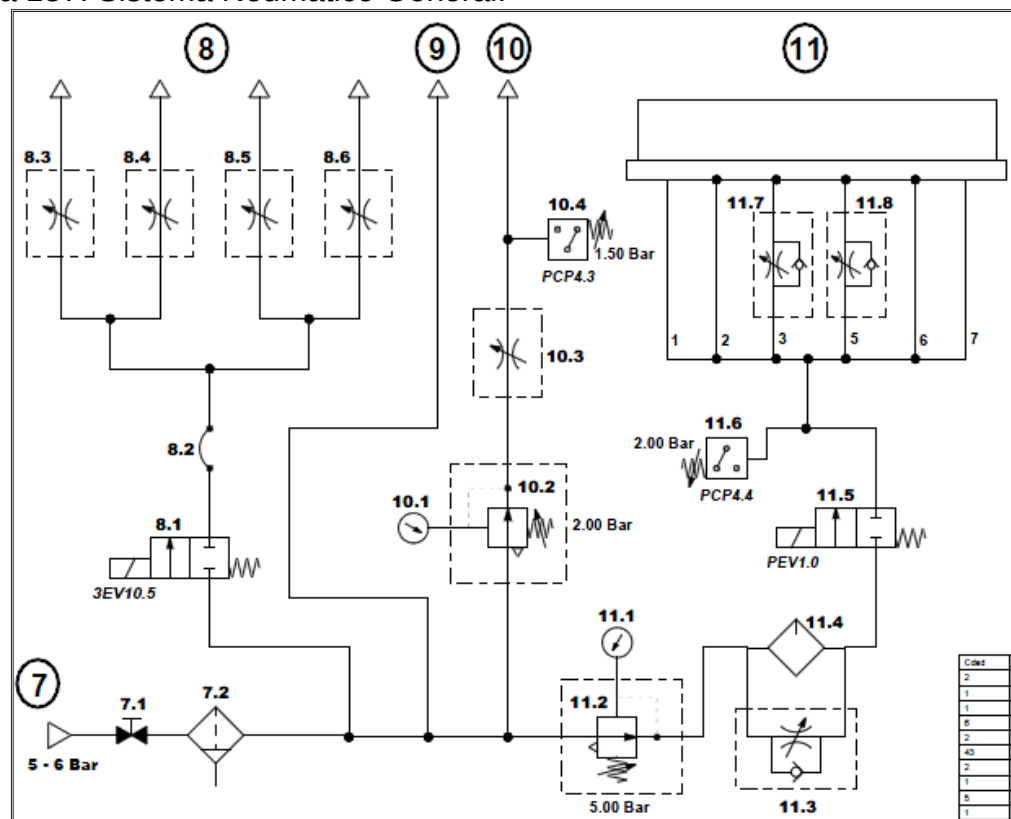
Fuente: Los Autores.

El husillo cuenta con 5 rodamientos de alta precisión y una polea múltiple para la transmisión de potencia por medio de 3 correas trapezoidales con refuerzos en acero referencia: A43 por cada husillo.

6.6. SISTEMA NEUMÁTICO GENERAL

El sistema neumático de la máquina se divide en cuatro subsistemas diferentes e independientes cada uno de ellos. La alimentación de cada uno de ellos se hace a través de una misma fuente (línea de aire de la planta), este aire ya previamente ha pasado por una unidad de mantenimiento pero es necesaria la instalación de un filtro adicional para evitar que elementos no deseados entren a las líneas de la máquina. (Ver figura 187)

Figura 187. Sistema Neumático General.



Fuente: Los Autores.

6.6.1 Subsistema de Limpieza de la Herramienta. La línea ocho es la encargada de soplear cada una de la herramientas constantemente, este pequeño circuito cuenta con una válvula 2/2 (8,1) accionada por solenoide y con una válvula reguladora de flujo a la salida de cada una de las herramientas de los husillos. (Ver figura 188).

Figura 188. Sopletes de la Herramienta



Fuente: Los Autores.

6.6.2 Subsistema de aire para el árbol distribuidor. La función del árbol distribuidor es direccionar el fluido hidráulico a cada uno de los módulos de trabajo, a pesar de estar bañado de aceite y de no necesitar lubricación, posee unos canales especiales para el fluido de aire dentro de él, con el fin de reducir aún más la fricción presente (línea 9), (Ver figura 189).

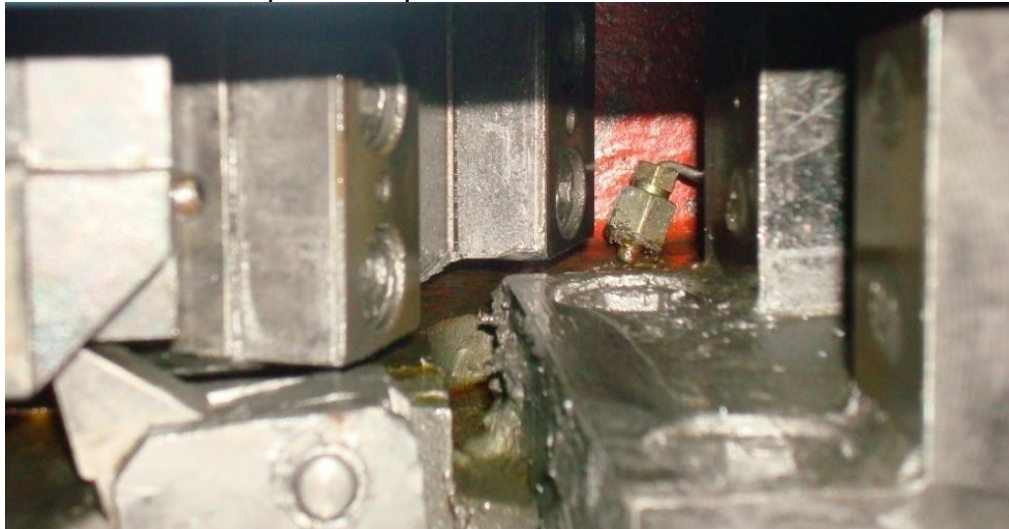
Figura 189. Líneas de Aire árbol Distribuidor.



Fuente: Los Autores.

6.6.3 Subsistema de limpieza del punto cero. El sistema de control de posición es muy susceptible a la suciedad en máquinas herramientas. La Fresadora Ex-Cell-O a pesar de poseer estos dispositivos en un lugar aislado a las 3 estaciones de trabajo, al ser un sistema de manufactura rotacional las virutas pueden acceder a cualquier lugar de la máquina. Por ésta razón se hace necesario disponer de un punto de limpieza en dichas partes, para que en el momento de encontrar el punto cero no haya ningún elemento extraño que evite su repetitividad (Línea 10), de la figura 187. (Ver figura 190).

Figura 190. Punto de limpieza del punto Cero.

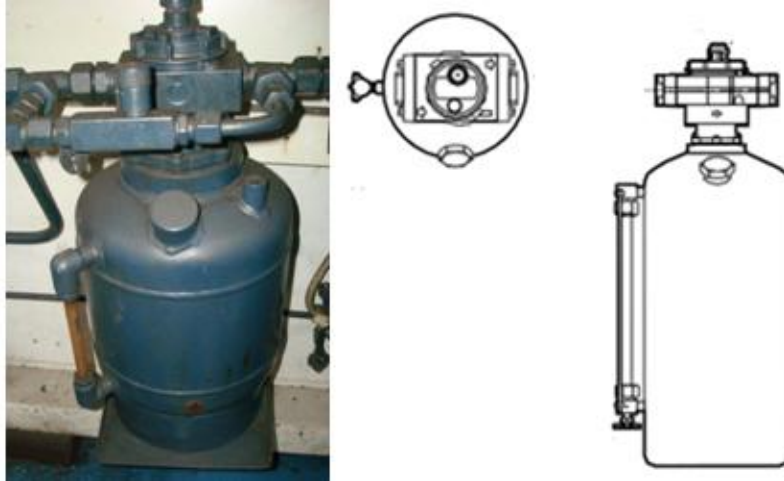


Fuente: Los Autores.

6.6.4 Subsistema de Lubricación de la mesa de Indexación. La línea 11 de la figura 187 muestra el subsistema de lubricación de la mesa. El lubricador tiene la misión de lubricar la interfaz de la mesa (parte móvil-parte fija) así se logra reducir el coeficiente de fricción presente y facilitar su movimiento. (Ver figura 190).

El lubricador, (Ver figura 191), trabaja según el principio de venturi, la caída de presión al llegar a la pequeña tobera a la entrada del lubricador se utiliza para aspirar aceite del depósito y mezclarlo con el aire.

Figura 191. Lubrificador.



Fuente: Los Autores.

El aceite que fluye desde el fondo del depósito se pulveriza y se genera una mezcla tipo neblina que produce una película entre las partes en contacto de la mesa, resolviendo el problema de la fricción.

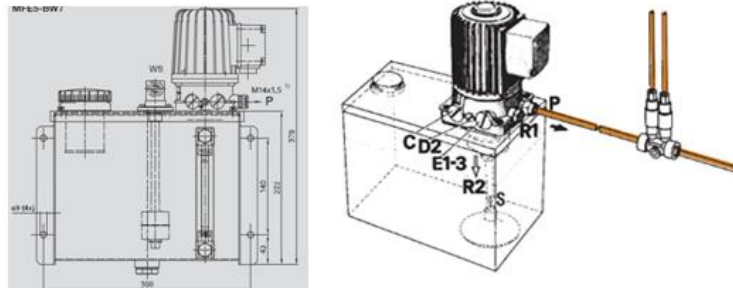
Lógicamente este sistema cuenta con su válvula reductora de presión (11.2) de la figura 187 y las válvulas reguladoras de flujo para su correcto funcionamiento en la medida en que se necesite.

6.7 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La máquina posee un sistema de lubricación centralizado con 43 puntos diferentes de lubricación distribuidos entre los carros principales y transversales de las estaciones de trabajo y dispositivos críticos como el dispositivo de accionamiento de la válvula desaceleradora y para el eje central de la mesa.

El sistema motriz de lubricación es de referencia vogel, se cuenta con un motor eléctrico de 0.1Hp de potencia a 2700 rpm que acciona una pequeña bomba de engranajes sumergida la cual suministra el lubricante en forma intermitente a una presión de 500 psi y un caudal de 0.5 lt/min, (Ver figura 192).

Figura 192. Sistema de Lubricación.



Fuente: Los Autores.

Para La especificaciones de éste dispositivo y observar los puntos de lubricación dirigirse al ANEXO E y J.

6.8 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración es un sistema adicional que se utiliza para la refrigeración de los husillos de la estación número tres. Éstos husillos al trabajar a altas velocidades y requerir de tolerancias bajo la norma, necesitan un sistema de refrigeración. A continuación se explicara el funcionamiento del sistema de refrigeración, también llamado “chiller”, (Ver figura 193), de la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones.

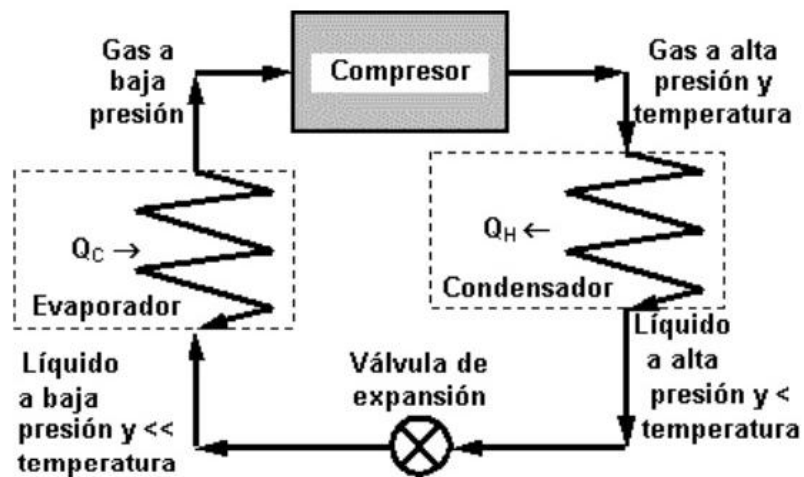
Figura 193. Chiller



Fuente: Los Autores.

El funcionamiento del sistema de refrigeración de los husillos basa en la transferencia de calor, por medio de un refrigerante, la cual se absorbe del líquido a enfriar y se transporta hacia un medio donde se disipa. De esta manera podemos tener un líquido a una temperatura muy por debajo de las condiciones ambientales. Para lograr este objetivo el “Chiller” está constituido por cuatro componentes principales además de accesorios e instrumentos de control y seguridad. (Ver figura 194).

Figura 194. Ciclo Refrigeración



Fuente: Termodinámica Aplicada Juan francisco Maraday

6.8.1 Evaporador. El evaporador que es un intercambiador de calor del tipo casco y tubo tiene como función proporcionar una superficie para transferir calor del líquido a enfriar al refrigerante en condiciones de saturación. Mediante la línea de succión fluye el gas refrigerante como vapor a baja presión proveniente del evaporador a la succión del compresor es el componente del sistema de refrigeración donde se efectúa el cambio de fase del refrigerante. Es aquí donde el calor del agua es transferido al refrigerante, el cual se evapora al tiempo de ir absorbiendo el calor. (Ver figura 195).

Figura 195. Evaporador - Intercambiador de Calor.



Fuente: Los Autores.

6.8.2 Compresor. El compresor, de marca Copeland Ref: ART82C1-CAV-901 para refrigerante R22, con 710 watts de potencia, es el corazón del sistema, ya que es el encargado de hacer circular al refrigerante a través de los diferentes componentes del sistema de refrigeración del “Chiller”. Succiona el gas refrigerante sobrecalentado a baja presión y temperatura, lo comprime aumentando la presión y la temperatura a un punto tal que se pueda condensar fácilmente. A través de las líneas de descarga de gas caliente, fluye el gas refrigerante a alta presión y temperatura hacia la entrada del condensador. (Ver figura 196).

Figura 196. Compresor.



Fuente: Los Autores

6.8.3 Condensador. El condensador es el componente del sistema que extrae el calor del refrigerante y lo transfiere al aire. Esta pérdida de calor provoca que el refrigerante se condense. Su función es proporcionar una superficie de transferencia de calor, a través de la cual pasa el calor del gas refrigerante caliente al medio condensante. Mediante la línea de líquido fluye el refrigerante en estado líquido a alta presión a la válvula termostática de expansión. (Ver Figura 197).

Figura 197. Condensador - Radiador.



Fuente: Los Autores.

6.8.4 Válvula de Expansión. La finalidad de la válvula de expansión es controlar el suministro apropiado del líquido refrigerante al evaporador, así como reducir la presión del refrigerante de manera que vaporice en el evaporador a la temperatura deseada. (Ver figura 198).

Figura 198. Válvula de Expansión.



Fuente: Los Autores.

6.8.5 Dispositivos de Control. Para que el Chiller trabaje en forma adecuada, es necesario instalarle ciertos dispositivos eléctricos, como son los controles de ciclo. Para el control del ciclo habrá que controlar por ejemplo la temperatura (termostatos), la presión (presostatos) y algunos dispositivos adicionales de protección para fallas eléctricas, (Ver figura 199).

Figura 199. Dispositivos de control.

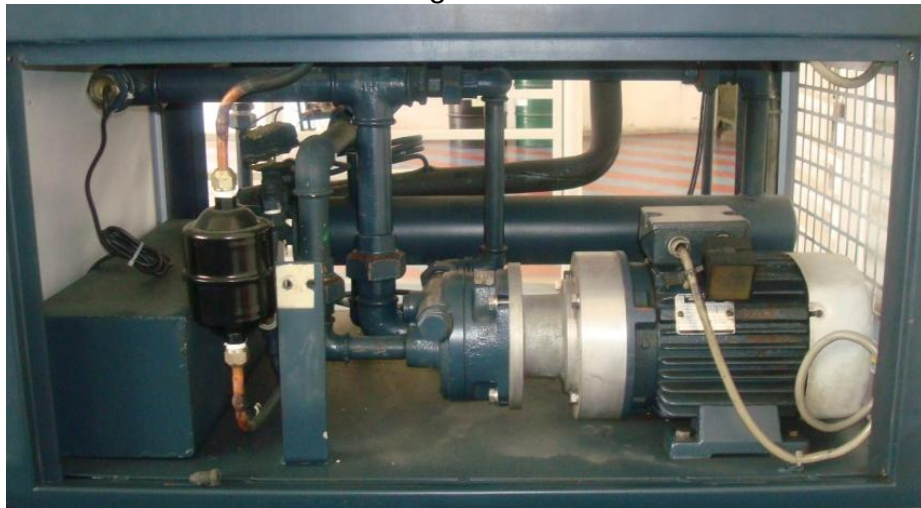


Fuente: Los Autores.

6.8.6 Bombeo de líquido a Refrigerar. Adicional a los dispositivos antes nombrados, se necesita un sistema de bombeo para el líquido a refrigerar, es decir enviar el líquido proveniente de los husillos hacia el interior del evaporador (intercambiador de calor de casco y tubos).

La fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones cuenta con un tanque hidráulico adicional con un sistema motriz independiente para la refrigeración de los husillos. Se trata de un motor eléctrico Wittenbecher de 2HP a 1690 RPM, una bomba hidráulica referencia Trochocentric con un desplazamiento volumétrico de $16\text{cm}^3/\text{rev}$ y un ΔP_{max} de 10Bar, (Ver figura 200).

Figura 200. Bombeo de Aceite de Refrigeración.



Fuente: Los Autores.

7. REINGENIERÍA APLICADA

La metodología utilizada en el presente proyecto es la denominada Re-ingeniería o Ingeniería Inversa. Esta metodología es ampliamente utilizada en los procesos industriales y de manufactura, y es considerada como el proceso de descubrir los principios tecnológicos de un dispositivo, objeto, máquina y/o sistema mediante el análisis de su estructura, funcionamiento y operación. Este proceso consiste en tomar cada elemento por separado y analizarlo en detalle, con el fin de restablecer la realidad y los alcances del objeto de estudio.

Para aplicar esta metodología se debe recurrir indudablemente al método inductivo, que consiste en lograr el objetivo general a partir de lo particular. Por lo tanto se parte del entendimiento básico de cada uno de los componentes de la máquina para que al final al compilar toda la información, se obtenga un conocimiento general tanto de la estructura, funcionamiento y operación de la máquina.

La investigación se dividió en cuatro fases, descripción, caracterización, evaluación operacional y la valoración y sustentación de funcionamiento. Las tres primeras fases fueron explicadas detalladamente en los capítulos tres, cuatro y cinco respectivamente. A continuación se hará énfasis en una de las operaciones críticas del funcionamiento de la máquina y se darán a conocer puntos claves de la investigación.

7.1 SUSTENTACIÓN NUMÉRICA DE FUNCIONAMIENTO MOTOR HIDRAULICO

En esta sección se determinará la inercia efectiva que debe vencer el motor hidráulico de la mesa de indexación en el momento del arranque. Una vez

determinado este torque, se verificará con la carta del fabricante para así encontrar la eficiencia que posee éste componente. Posteriormente se procede a analizar la eficiencia total de la bomba hidráulica.

7.1.1 Cálculos Preliminares.

➤ Determinación de la velocidad angular de la mesa.

Realizadas las pruebas de caudal de la bomba se procedió a establecer la velocidad angular de la mesa de indexación, procedimiento que se realizó por medio de un tacómetro digital.

$$RPM\ Mesa = N_2 = 0,19 \frac{rev}{s} = 11,4 \frac{rev}{min}$$

La transmisión de potencia se hace por medio de engranajes, de dientes $Z_1=19$ y $Z_2=90$, obteniendo una velocidad de 54 revoluciones por minuto en el piñón acoplado al motor hidráulico.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$\frac{N_1}{11,4} = \frac{90}{19} \rightarrow N_1 = 54 \frac{rev}{min} = 5,65 \frac{Rad}{seg}$$

Definimos la relación de transmisión como factor importante para nuestros cálculos de inercias efectivas así:

$$RT = \frac{Rpm_{conducido}}{Rpm_{conductor}} = \frac{11,4}{54} = 0,2111$$

➤ Determinación aceleración angular de la mesa.

El tiempo en llegar al punto de régimen es el mismo para las dos ruedas. Éste tiempo se midió por medio de un cronometro obteniendo el siguiente resultado:

$$t = 0,3seg$$

$$\alpha_1 = \frac{N_1}{t} = \frac{5,65 \text{ rad/seg}}{0,3} = 18,83 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

7.1.2 Determinación de Inercias. Lo que se hará a continuación es el cálculo aproximado de la inercia efectiva en el eje del motor hidráulico para poder determinar el torque de operación de la mesa y así verificar que el motor hidráulico es apto para dicha carga.

Para determinar la inercia efectiva, los componentes se dividirán en tres grupos diferentes para facilitar su cálculo y su entendimiento:

- 1) Elementos en el eje de rotación del conducido alineado
- 2) Elementos en el eje de rotación del conducido no alineado.
- 3) Elementos en el eje de rotación del conductor.

Notas:

- Se desprecian la tornillería, acoples, juntas fijas, cuñas y cualquier otro elemento menor que haga parte de éste sistema.
- En el cálculo de la inercia de los módulos de trabajo se tiene en cuenta la cantidad de masa de aceite que lubrica sus componentes.
- La inercia Efectiva será el producto de la inercia real y la relación de transmisión.

Procedimiento:

- 1) Se calculan las masas de cada uno de los componentes.
- 2) Se calculan los momentos de inercia propios de cada uno de los componentes.
- 3) Para el segundo grupo de elementos habrá que tener en cuenta la inercia hacia el eje de rotación por medio del teorema de Steinner.
- 4) Calculadas las inercias de cada uno de los elementos se determina la inercia efectiva del sistema.

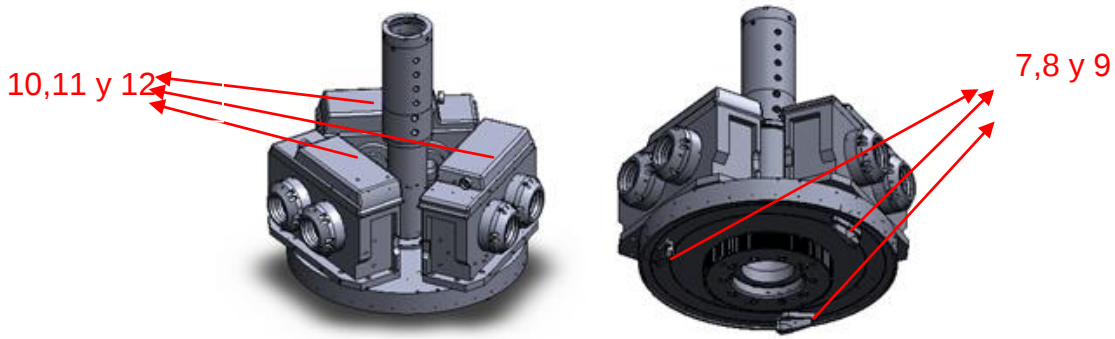
7.1.2.1 Primer Grupo: Elementos en el eje de rotación del conducido alineado.

Tabla 3. Primer grupo de elementos en el eje de rotación del conducido alineado

ELEMENTOS EN EL EJE DE ROTACIÓN DEL CONDUCTIDO ALINEADO					
					
<i>M. Inercia = Cálculada por diseño en Solid – Works</i> <i>M. Inercia real = M. Inercia + Steinner = M. Inercia + M * d(radio de giro)²</i> <i>Inercia efectiva = M. Inercia Real * RT²</i>					
Elemento	Masa (Kg)	M. Inercia (Kg*m ²)	Radio de giro (brazo) (m)	M. Inercia Real	Inercia Efectiva (Kg*m ²)
1. Mesa giratoria.	714.53	112.8	0	112.80	5.02726
2. Base del Distribuidor	120.92	0.630	0	0.630	0.02810
3. Camisa inferior del distribuidor	25.24	0.243	0	0.243	0.01083
4. Camisa media del distribuidor	60.39	0.583	0	0.583	0.02598
5. Camisa superior del Distribuidor	7.09	0.073	0	0.0732	0.00327
6. Engranaje de Z=90	88.4	4.266	0	4.266	0.19015
				Total Inercia	5.286

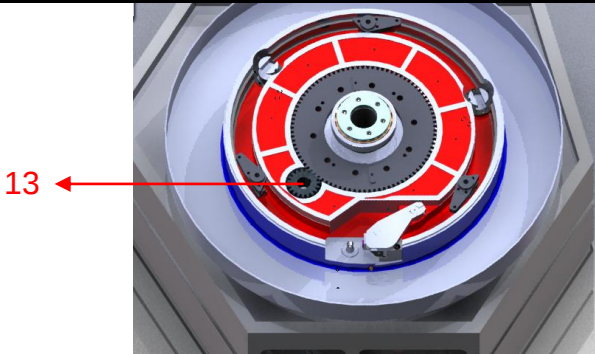
7.1.2.2 Segundo Grupo: Elementos en el eje de rotación del conducido no alineado.

Tabla 4. Segundo grupo de elementos en el eje de rotación del conducido no alineado.

ELEMENTOS EN EL EJE DE ROTACIÓN DEL CONDUCTIDO NO ALINEADO					
					
<i>M. Inercia = Cálculada por diseño en Solid – Works</i> <i>M. Inercia real = M. Inercia + Steinner = M. Inercia + M * d(radio de giro)²</i> <i>Inercia efectiva = M. Inercia Real * RT²</i>					
Elemento	Masa (Kg)	M. Inercia (Kg*m ²)	Radio de giro (brazo) (m)	M. Inercia Real	Inercia Efectiva (Kg*m ²)
7. Tope-leva 1 de la Mesa Móvil	3.02	0.006134	0.470	0.673482	0.03008
8. Tope-leva 2 de la Mesa Móvil	3.02	0.006134	0.470	0.673482	0.03008
9. Tope-leva 3 de la Mesa Móvil	3.02	0.006134	0.470	0.673482	0.03008
10. Módulo de trabajo 1.	300	11.512	0.350	48.262	2.1507
11. Módulo de trabajo 2.	300	11.512	0.350	48.262	2.1507
12. Módulo de trabajo 3.	300	11.512	0.350	48.262	2.1507
				Total Inercia	6.54234

7.1.2.3 Tercer Grupo: Elementos en el eje de rotación del conductor.

Tabla 5. Tercer Grupo de elementos en el eje de rotación del conductor.

ELEMENTOS EN EL EJE DE ROTACIÓN DEL CONDUCTOR					
					
<i>M. Inercia = Cálculada por diseño en Solid – Works</i> <i>M. Inercia real = M. Inercia + Steinner = M. Inercia + M * d(radio de giro)²</i> <i>Inercia efectiva = M. Inercia Real * RT²</i>					
Elemento	Masa (Kg)	M. Inercia (Kg*m ²)	Radio de giro (brazo) (m)	M. Inercia Real	Inercia Efectiva (Kg*m ²)
13. Piñón Z=19	5.07000	0.00982	No aplica	0.00982	0.00982

7.1.3 Determinación del Torque Operación del Sistema. La inercia efectiva total es la sumatoria de las inercias de cada grupo:

$$Inercia_{Efectiva-Total} = \sum Inercia_{Efectiva \text{ de cada grupo}}$$

$$Inercia_{Efectiva-Total} = 5.286 + 6.54234 + 0.00982 = 11.83816Kgm^2$$

$$Inercia_{Efectiva-Total} = 11.83816Kgm^2$$

Ahora se determina el torque de operación del sistema:

$$Torque_{Operación} = Inercia_{Efectiva-Total} \times \alpha_1$$

$$Torque_{Operación} = 11.83816 Kgm^2 \times 18,83 \frac{rad}{seg^2} = 222.9126 N - m \approx 240 N - m (aprox)$$

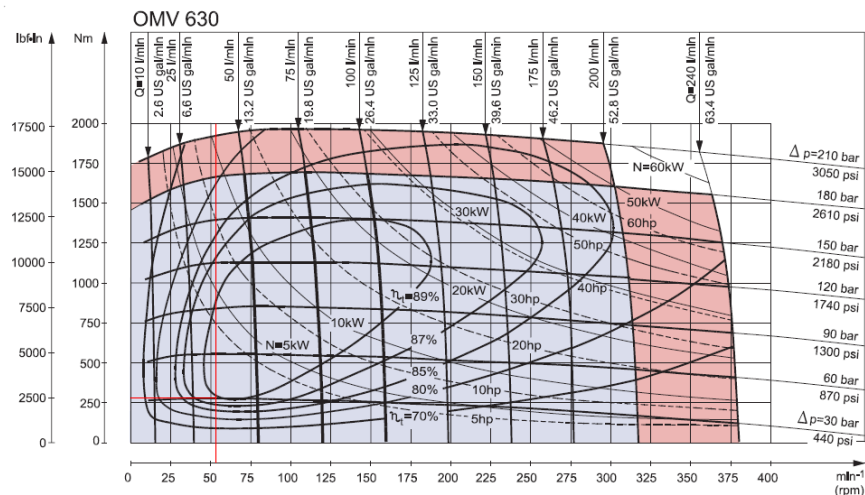
Se redondea el valor del torque de operación por el hecho de haber despreciado los elementos menores, como tapas, rodamiento, tornillería, juntas fijas, etc.

7.1.4 Comprobación de la Selección del Motor hidráulico.

- El motor hidráulico de referencia: OMV 630, con un desplazamiento volumétrico de 629,1 cm³/rev. Este motor trabaja a una $\Delta P_{m\acute{a}x}$ de 460psi, medido durante el giro horario de la mesa, (Ver figura 201).
- Se debe observar las cartas que da el fabricante para verificar que el modelo 630 genere un torque de arranque de 240 N-m como mínimo para vencer las inercias.
- Habrá que determinar la eficiencia mecánica y el factor de arranque del motor con la curva de ΔP más próxima a 460psi.

7.1.4.1 Cálculo de la eficiencia mecánica y del factor de arranque.

Figura 201. Curvas de Operación del Motor Hidráulico.



Fuente: Catálogo General Sauer-Danfoss

Para $\Delta P = 440 \text{ psi}$, se tiene:

$$T_{\text{arranque @440 psi}} = 250 \text{ N} - \text{m}$$

$$T_{\text{Operación@440 psi}} \approx 275 \text{ N} - \text{m}$$

$$T_{\text{Nominal@440 psi}} = \frac{C_m}{2\pi} \Delta P = \frac{629,1 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} * \frac{1 \text{ in}^3}{16,4 \text{ cm}^3}}{2\pi} 440 \text{ psi} = 2686,264 \text{ Lb}_{\text{in}}$$

$$\approx 303,506 \text{ N} - \text{m}$$

$$\eta_{mm} = \frac{T_{\text{Operación@440 psi}}}{T_{\text{Nominal@440 psi}}} = \frac{275}{303,506} = 0,906 \approx 90,6\%$$

$$\Phi = \frac{T_{\text{Arranque@440 psi}}}{T_{\text{Operación@440 psi}}} = \frac{250}{275} = 0,909 \approx 90,9 \%$$

Conclusión: El motor hidráulico OMVW 630 posee una eficiencia mecánica del 90,6% y un factor de arranque de alrededor de 90,9 % aproximadamente.

7.1.4.2 Determinación del torque de arranque del motor hidráulico.

$$T_{\text{arranque @460 psi}} = \frac{C_m}{2\pi} * \Delta P * \eta_{mm} * \Phi$$

$$T_{\text{arranque @460 psi}} = \frac{629,1 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} * \frac{1 \text{ in}^3}{16,4 \text{ cm}^3}}{2\pi} * 460 * 0,906 * 0,909 = 2312,84 \text{ Lb} - \text{in}$$

$$\approx 261,3157 \text{ N} - \text{m}$$

$$T_{\text{Operación}} = 240 \text{ N} - \text{m} < T_{\text{arranque @240 psi}} = 261,316 \text{ N} - \text{m}$$

Conclusión: El torque de arranque del motor es superior al torque generado por la configuración de la mesa de indexación, por lo tanto se puede concluir que logra el movimiento de la mesa sin ninguna dificultad.

7.1.4.3 Caudal del Motor Hidráulico. El desplazamiento volumétrico del motor hidráulico es de 629,1 cm³/rev y ésta girando a 54 rpm, por lo tanto:

$$Q_m = C_m * Rpm = 629,1 \frac{cm^3}{rev} * 54 \frac{rev}{min} * \frac{1}{1000} \frac{lt}{cm^3} = 33,98 \frac{lt}{min}$$

La bomba hidráulica está cuadrada para enviar 74,5 lt/min, el motor hidráulico recibe 33,98 lt/min para generar la velocidad de 54rpm. Los 40,52 lt/min de diferencia pasan al resto del sistema hidráulico, ya sea cargando el acumulador, regresando a tanque y/o presurizando las líneas que requieren.

7.1.4.4 Potencia de salida del Motor Hidráulico. La potencia de salida del motor hidráulico está dada por:

$$Pot_{salida_{HM}} = \frac{T_{arranque @ 460 psi} * N_1}{63000} = \frac{2312,84 * 54}{63000} = 1,98 HP \approx 2 HP$$

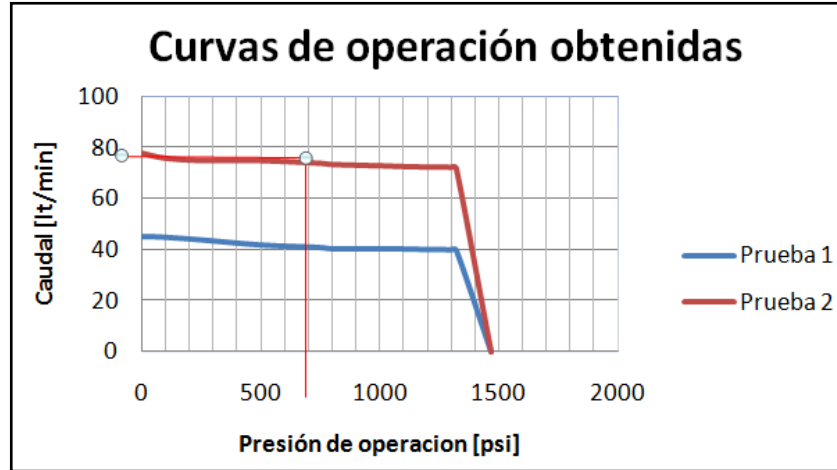
7.1.5 Eficiencia Total de la bomba hidráulica. A continuación se determina la eficiencia total de la bomba. Los valores conseguidos tras la realización de la prueba de caudal fueron:

$$Q = 74,5 lpm$$

$$P_b = 700 psi \approx 48 bar$$

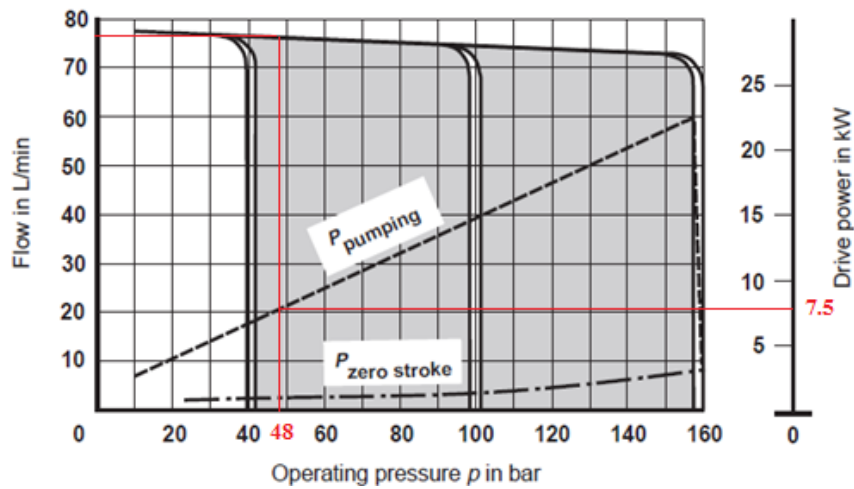
Observando la curva de funcionamiento real de la bomba (Ver figura 202) se extrae que para una presión de funcionamiento de 700 psi (48 bar) y comparándola con la curva determinada por el fabricante, (Ver figura 203), se tiene.

Figura 202. Curvas de operación obtenidas de la bomba Hidráulica.



Fuente: Los Autores.

Figura 203. Curvas de Operación Bomba hidráulica – Fabricante.



Fuente: Catálogo de Bombas Rexroth

Luego,

$$Pot_{salida}[HP] = \frac{Q_b \times \Delta P}{1714} \left[\frac{gpm \times psi}{1714} \right]$$

$$Q_b = 74,5 \text{ lpm} = 19,6 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 48 \text{ bar} = 700 \text{ psi}$$

$$Pot_{salida}[HP] = \frac{19,6 \times 700}{1714} = 8 \text{ HP}$$

Ahora, Se toma el valor de potencia del motor eléctrico acoplado a la bomba hidráulica, éste determina la potencia de entrada del grupo motor-bomba.

$$Pot_{Entrada} = 10HP = 7.5KW$$

La eficiencia total de la bomba es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada, así,

$$\eta_{tb} = \frac{Pot_{salida}}{Pot_{Entrada}} = \frac{8}{10} = 0,80 = 80\%$$

A pesar de que la bomba trabajó en condiciones anormales y que fue reparada aun posee una eficiencia aceptable y cumple con los requerimientos del sistema (700 psi y un caudal de 74,5lt/min) necesarios para las operaciones de la máquina).

7.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CORTE

Los siguientes parámetros de corte son orientativos y aproximados a los valores que utilizará el departamento de producción, debido a que los cálculos se realizan para una producción normal y los criterios de producción varían entre máxima productividad y mínimo costo dependiendo de las políticas que se estén manejando en la empresa exigiendo unos parámetros específicos para cada evento y modelo de junta fija.

Para la determinación de los parámetros de corte es de suma importancia conocer unas variables predeterminadas como: el tipo de material a mecanizar, dimensiones de la pieza antes y después del proceso de mecanizado. Como fue referenciado en el capítulo 1, la junta fija es una forja de acero SAE 1050 hecha en Forcol, el cual posee una dureza de 190 Brinell. Las dimensiones de la pieza por pertenecer a reserva intelectual de la empresa no son objeto de presentación al

exterior, pero si se puede aludir que se suministraron las dimensiones de las herramientas y los parámetros utilizados en la Fresadora Ex-Cell-O XG 620-NC dependiendo estos del tipo de operación, los cuales dan cumplimiento a las especificaciones de la norma, y que por tal razón deben ser acatadas para la determinación de las herramientas de corte y sus parámetros. (Ver tabla 6).

Tabla 6. Dimensiones y parámetros de la herramienta de corte.

Tipo de Operación	Diámetro (mm)		Profundidad (mm)	Tipo de Fresa
	Plaquita	Porta herramienta		
Acabado	15,67	28	1,5	Fresa de punta esférica
Desbaste	21	28	2,5	

A partir de la información suministrada por la empresa, se comienza a seleccionar fabricantes de herramientas de corte que cumplan con los requerimientos anteriormente mencionados, ya que ellos por su alto grado de experiencia dan recomendaciones de uso de parámetros para una determinada vida útil de la herramienta. Los fabricantes que más encajan en los requisitos son Sandvik y Kieninger, siendo el último el fabricante usado por la empresa.

Se selecciono Sandvik ya que proporciona recomendaciones de velocidades de corte previamente determinadas para un tiempo de 15 minutos de duración de la herramienta, y además estas sugerencias dependen del tipo de material de la pieza a mecanizar y de la herramienta de corte a usar.

Al remitirse al catalogo de fresado de Sandvik se encuentra que el material más adecuado para mecanizar el acero SAE 1050 es P01.2, el cual es un metal duro con recubrimiento por PVD, conocido por el fabricante como calidad GC2030. Con un grosor de viruta para el acabado de 0,17mm y para el desbaste de 0,18mm y del material de la herramienta se puede extraer las velocidades de corte para cada tipo de operación que se pueden observar a continuación (Ver tabla 7).

Tabla 7. Velocidades de corte sugeridas por Sandvik.

Tipo de Operación	Velocidad de Corte V_c (m/min)
Acabado	218,5
Desbaste	214

Al realizar una consulta técnica con el Director de proyecto Ing. Isnardo González Jaimes sobre los resultados obtenidos por la utilización de la metodología de Sandvik, sugirió efectuar una compensación por medio de un factor que es dependiente de la dureza del material y que su punto de referencia (punto cero) es equivalente a 150 Brinell, esta información fue extraída del libro curso de usinagem dos metais, suministrado por el director.

En esta tabla la dureza de las forjas de acero SAE 1050 se encaja en la casilla de +40 y la familia del material (CMC) de la junta fija es 01 según la norma ISO. Al intersectar las columnas se obtiene un factor de compensación por dureza de 0.90, el cual corrige la velocidad de corte que se ilustrara más adelante con una tabla con los resultados de los parámetros de corte. Luego para el cálculo del avance de la herramienta se debe calcular un factor dependiente del diámetro de la fresa y de la profundidad a mecanizar específicos de cada tipo de operación, igualmente extraídos del libro suministrado por el director.

En este se obtiene para el acabado un K1 de 1.65 y para el desbaste un K1 de 1.55, el cual se utilizara más adelante para la determinación de la velocidad de avance o avance como en la jerga es conocido. En la siguiente tabla (Ver tabla 8) se muestran los resultados de los parámetros de corte a sugerir.

Se debe como primera medida enunciar cada una de las variables y las unidades correspondientes para hacer más sencilla la lectura de la tabla. Donde;

$V_{c \text{ corregido}}$ = velocidad de corte (m/min)

d = diámetro de la herramienta (mm)

n = velocidad de giro (rpm)
 f_z = avance por diente (mm/diente)
 V_f = Avance (mm/min)
 H_{ex} = Grosor de viruta (mm)
 Z_c = Número de filos efectivos
 Z_n = Número de dientes

Tabla 8. Parámetros de corte para Fresadora de tres estaciones.

PARAMETROS DE CORTE					
	Variables de Entrada				
	Acabado		Desbaste		
	Vc	218,5	Vc	214	
	d	15,67	d	21	
	Hex	0,17	Hex	0,18	
	K1	1,65	K1	1,55	
	Zn	2	Zn	2	
	Factor Dureza	0,9	Factor Dureza	0,9	
	Variables de Salida				
Acabado		Desbaste			
Vc corregido	197	Vc corregido	193		
n	4000	n	2925		
fz	0,2805	fz	0,279		
Zc	1	Zc	1		
Vi	1122	Vi	816,075		

Cabe resaltar que el cálculo de los parámetros de corte fueron guiados por la experiencia de la compañía Sandvik, no siendo esto sujeto a que se deba utilizar el mismo fabricante para la selección de la herramienta, ya que lo importante de la escogencia, es el cumplimiento de las dimensiones básicas y los materiales a utilizar.

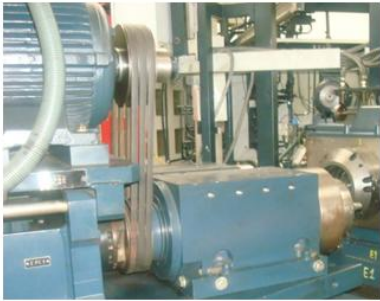
Luego de haber determinado los parámetros de corte se verificará la potencia de cada uno de los motores eléctricos usados actualmente en la empresa como elemento motriz de los husillos, estos componentes están conectados por medio de una transmisión de potencia de correas trapezoidales 1 a 1, esta transmisión

tiene como objeto el montaje de la junta rotativa. Este cálculo depende principalmente del tipo de operación que se lleve a cabo, ya sea desbaste o acabado, y es equivalente a la potencia de corte que será calculada.

Para la verificación de la potencia de corte se necesita dos variables, una que se establece por medio del producto de los parámetros de corte básicos como la velocidad de corte (in/min), el avance por revolución “f” (in/rev) y la profundidad (in), previamente calculados. Esta variable es conocida como la rata de salida de viruta o MRR (in³/min). La otra es el valor de potencia unitaria o hp_u (hp/(in³/min)), que se extrae a través de una tabla suministrada por el director, del libro curso de usinagem dos metais, la cual arroja un valor dependiente del tipo de material a mecanizar y su dureza, y se encuentra en unidades del sistema inglés.

Luego de calcular la potencia de corte específica o hpc (hp o Kw) de cada operación que es equivalente a la del eje del motor eléctrico, y de esta manera se verificaría la potencia. Estos cálculos se resumen en la siguiente tabla (Ver tabla 9).

Tabla 9. Potencias de corte de los husillos.

POTENCIA DE CORTE				
	Variables de Entrada			
	Acabado		Desbaste	
	V _C corregido	7755,905	V _C corregido	7598,425
	f _z	0,011	f _z	0,0109
	Z	2	Z	2
	a _p	0,0591	a _p	0,0984
	Hp _u	0,6	Hp _u	0,6
	Variables de Salida			
	Acabado		Desbaste	
	f	0,022	f	0,0219
$MRR = V_{c\text{ corregida}} \times a_p \times f$ $f_z = f / Z \quad hp_c = MRR \times hp_u$				
	MRR	10,084	MRR	16,374
	Hp _c (hp)	6,051	Hp _c (hp)	9,825
	Hp _c (Kw)	4,514	Hp _c (Kw)	7,329

La potencia de los motores eléctricos es de 10 hp actualmente y como se puede observar en la tabla, el cálculo de la potencia de corte (hpc), sin importar si es acabado o desbaste, siempre la potencia de corte requerida es menor a la potencia máxima de los motores eléctricos.

7.3 ESTRUCTURACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LA MÁQUINA

La elaboración de la documentación era punto clave para el trabajo realizado. Se levantaron los planos hidráulicos, neumáticos, mecánicos y de lubricación de la máquina para la normal inclusión en la línea de producción.

7.3.1 Documentación Hidráulica. Los sistemas hidráulicos fueron referenciados en su totalidad realizando un seguimiento minucioso línea por línea hasta encontrar las conexiones de cada uno de los elementos.

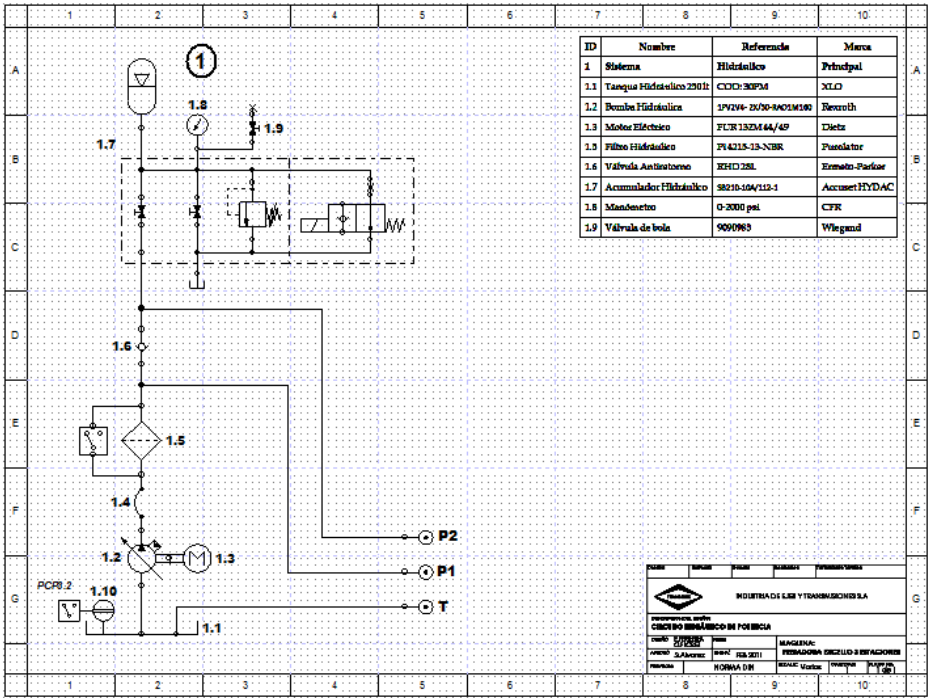
La máquina en muchos puntos tenía tuberías en mal estado, desconectadas y puntos que no llegaban a ninguna parte (puntos ciegos), se realizó un análisis y se compararon los circuitos con los de la fresadora XG 620 para así lograr el entendimiento total.

Muchos de los subsistemas no poseían elementos indispensables para su funcionamiento, por lo que hubo lugar a realizar una evaluación de las operaciones para definir el tipo y/o la referencia del elemento faltante.

Cada elemento se desmontó, se desarmó y se revisó su estado, estas actividades facilitaron el entendimiento de los circuitos hidráulicos de la máquina y se logró recopilar la mayor cantidad de información.

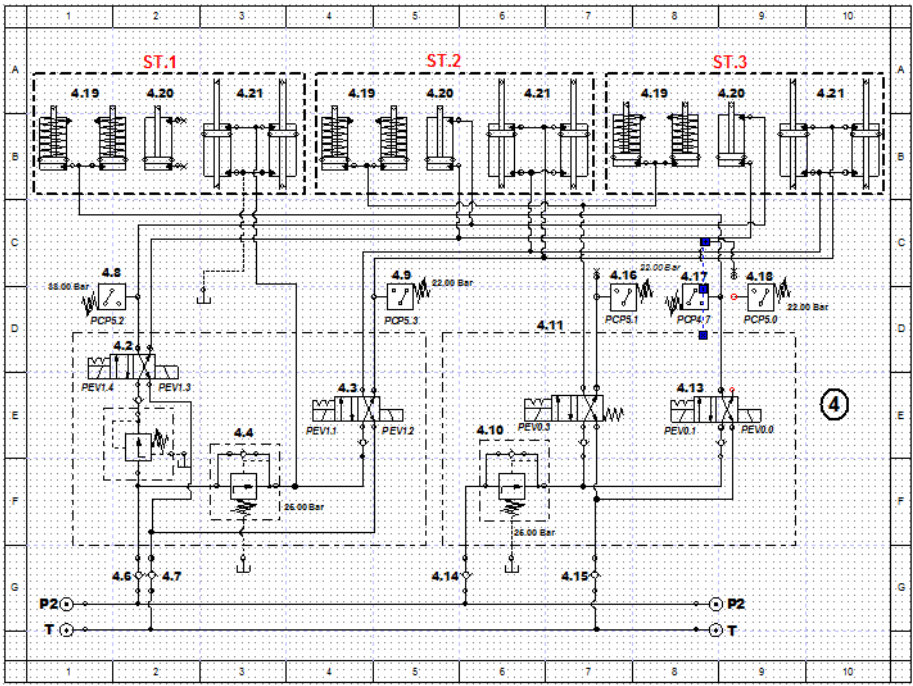
Los planos hidráulicos fueron realizados en Automation Studio software y se documentó el número del elemento, la cantidad y la referencia de cada uno de ellos, (Ver figuras 204, 205).

Figura 204. Sistema Hidráulico Principal



Fuente: Los Autores.

Figura 205. Sistema Hidro-Mecánico de módulos de Trabajo.



Fuente: Los Autores.

El plano neumático fue realizado en Automation Studio software y se documentó el número del elemento, la cantidad y la referencia de cada uno de ellos.

[illegible]

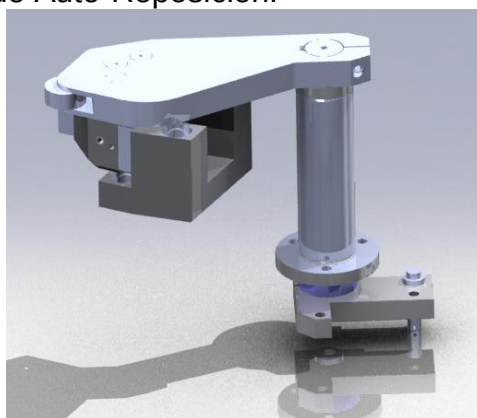
7.3.3 Documentación Mecánica. Los dispositivos mecánicos más importantes de la máquina fueron documentados mediante Solid-Works CAD software, (Ver figuras 207 y 208). La mayoría de ellos fueron desmontados, desarmados, acotados y entendidos, con los pocos que este procedimiento no fue posible, se realizó un proceso de entendimiento y documentación genérica. Para ver más imágenes y los planos mecánicos dirigirse al ANEXO I y K.

Figura 207. Ensamble General de la Máquina



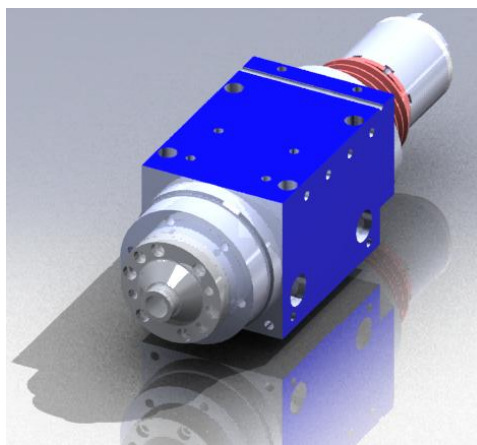
Fuente: Los Autores.

Figura 208. Dispositivo de Auto-Reposición.



Fuente: Los Autores.

Figura 209. Husillos.

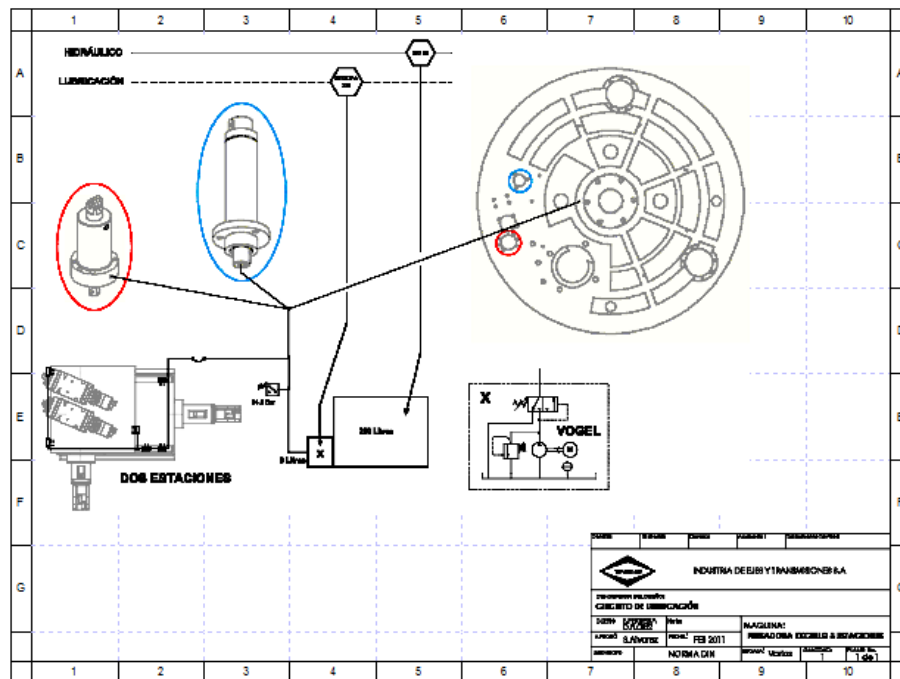


Fuente: Los Autores.

7.3.4 Documentación Lubricación. El proceso de identificación fue un poco dispendioso, ya que la máquina posee puntos de lubricación de difícil acceso. A pesar de los percances se logró documentar los diferentes puntos de lubricación de la máquina y dejar todo esto en un plano de fácil entendimiento, (Ver figura 210).

El plano de lubricación se realizó también en Automation Studio Software con la ayuda de Microsoft Visio. (VER ANEXO J).

Figura 210. Plano de Lubricación



Fuente: Los Autores.

7.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES CRITICOS Y DISEÑO ESPECIAL

7.4.1 Componentes Críticos. Los elementos críticos de la máquina que requieren de un especial cuidado son aquellos que están en constante trabajo, como lo es todo el sistema de posicionamiento y los cilindros de anclaje de la mesa de indexación, (Ver figuras 211, 212, 213 y 214 respectivamente).

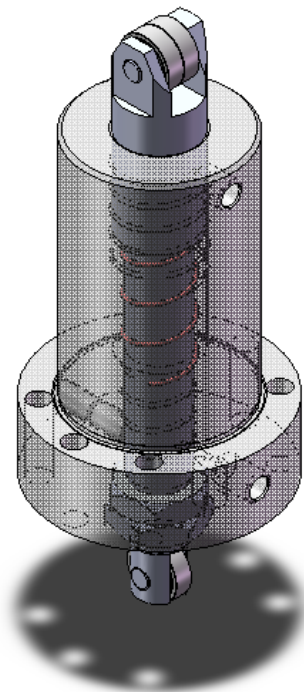
Figura 211. Componentes Críticos.



Fuente: Los Autores.

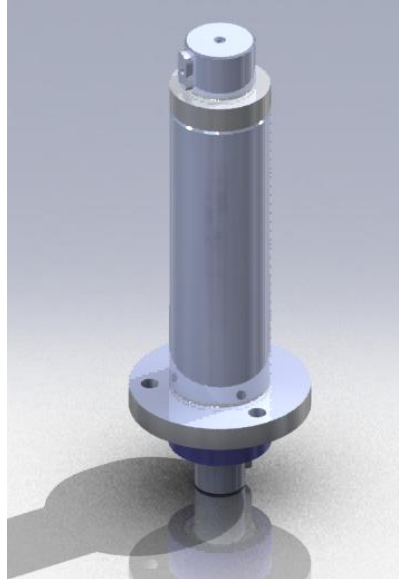
La importancia de estos elementos radica en que para acceder a ellos habrá que hacer desmontajes muy dispendiosos perdiendo tiempo valioso en el momento de algún mantenimiento preventivo o correctivo.

Figura 212. Dispositivo de Accionamiento de la Válvula Desaceleradora.



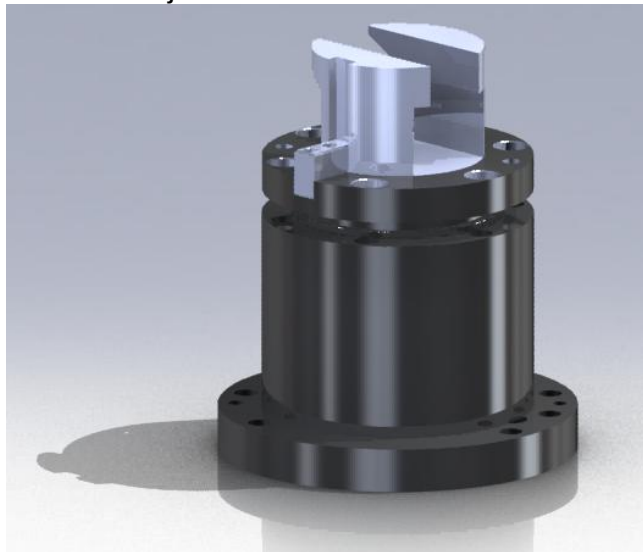
Fuente: Los Autores.

Figura 213. Eje de Rotación - Dispositivo de Auto-Repósito.



Fuente: Los Autores.

Figura 214. Cilindros de Anclaje de la Mesa de indexación.



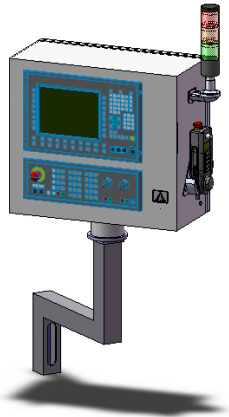
Fuente: Los Autores.

7.4.2 Diseño Especial. Dentro de la compañía se solicitó el diseño de un armazón para el control automático de la máquina, bajo las especificaciones del ingeniero Luis Caro. El armazón debía contener todos los dispositivos eléctricos y electrónicos del control del panel de mando y del touch screen, (Ver figura 218).

Los datos entregados para el diseño fueron:

- Dentro del armazón debe llevar:
 - Panel de mando.
 - Touch Screen.
 - PCU.
 - Componentes eléctricos del HT Sinumerik.
 - Riel para borneras.
 - Baliza de 3 colores de alarmas.
 - Peso de los componente eléctricos: 25 Kgf aprox.
 - Material del Armazón: Acero inoxidable.
 - El armazón debe ir acoplado a la Base fija de la máquina por medio de dos tornillos M20 para evitar más perforaciones.
 - El armazón debe ser capaz de girar a disposición del operario.
 - Debe ser de fácil montaje.
- Diseño: Se procedió a realizar el diseño, con las especificaciones dadas y las medidas exactas de los componentes Siemens.

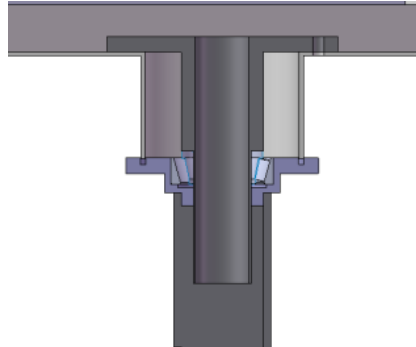
Figura 215. Armazón Control Hidráulico.



Fuente: Los Autores.

El diseño consta de un rodamiento de rodillos cónico que soporta las cargas axiales del armazón, (Ver figura 216), y los componentes montados en él y permite el giro libremente del tablero, sirviendo como soporte y de eje hueco para pasar los cables eléctricos, (Ver figura 215).

Figura 216. Sistema de Giro del armazón.



Fuente: Los Autores.

Se realizó el análisis de esfuerzos del brazo soporte, asumiendo un peso aproximado de 1000N, obteniendo los siguientes resultados, (Ver figura 217).

Figura 217. Análisis de Esfuerzos Brazo Soporte



Fuente: Los Autores.

$$Tensión_{m\acute{a}xima} = 8.42953e + 007 \text{ N/m}^2$$

$$Deformaci\acute{o}n_{m\acute{a}xima} = 0.704731 \text{ mm}$$

Figura 218. Puesta a Punto del Armazón Control Hidráulico.



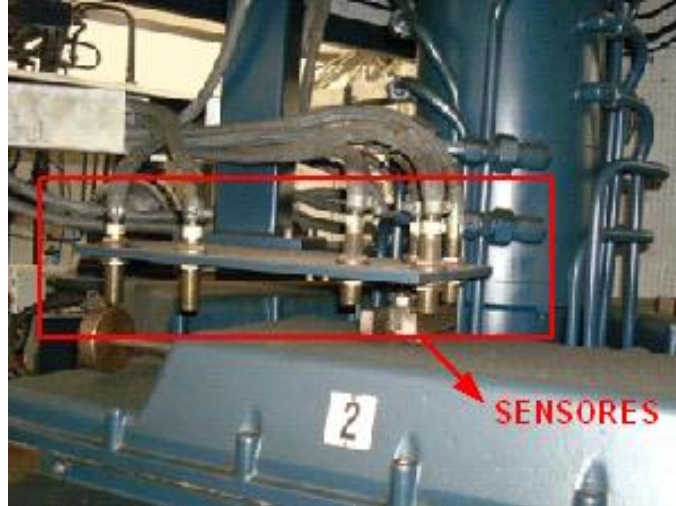
Fuente: Los Autores.

7.5 MONTAJES RELEVANTES

7.5.1 Módulos de Trabajo. El desmonte de los módulos porta-piezas es de especial cuidado, dado a su gran tamaño y peso. Para realizarlo se debe seguir los pasos que a continuación son mencionados:

- ✓ Se marcan los sensores del ciclo de indexación del módulo.
- ✓ Se retiran los sensores del ciclo de indexación del módulo y se arman por paquetes.
- ✓ Se retiran las platinas porta-sensores, (Ver figura219), y se guardan debidamente marcadas.

Figura 219. Platinas Porta-Sensores.



Fuente: Los Autores.

- ✓ Se marca la tubería que se extiende desde el árbol distribuidor hasta el módulo de trabajo.
- ✓ Se retira con mucho cuidado evitando que se deformen (esta tubería tiene dobleces exactos que facilitan el flujo del fluido), (Ver figura 220).

Figura 220. Tubería de los módulos de Trabajo.



Fuente: Los Autores

- ✓ Se retiran los tornillos de ajuste de los módulos de trabajo y los tornillos de las calas de posicionamiento, (Ver figura 221).

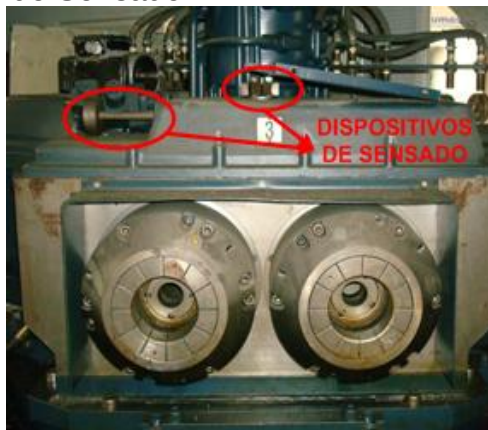
Figura 221. Módulo de Trabajo desmontado.



Fuente: Los Autores.

- ✓ Con ayuda de un diferencial se levanta cuidadosamente cada uno de los módulos y se lleva a la zona donde se le hace su posterior revisión y mantenimiento.
- ✓ Se retira los dispositivos encargados de sensar la indexación de las copas porta-piezas y el anclaje a el anillo hirth, (Ver figura 222).

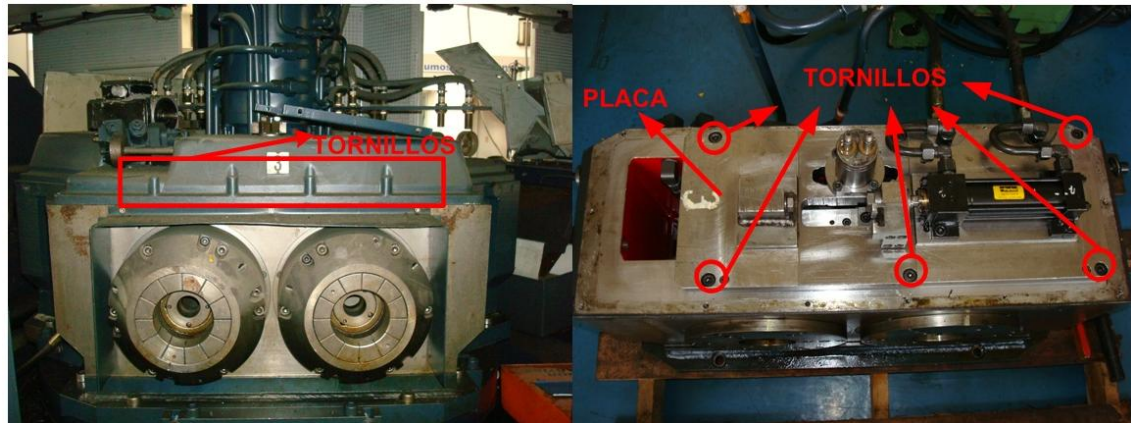
Figura 222. Dispositivos de Sensado.



Fuente: Los Autores

- ✓ Se retira los tornillos para extraer la tapa y así visualizar lo que se encuentra internamente a esta en la placa, (Ver figura 223).

Figura 223. Desmonte de la tapa de los módulos de Trabajo.



Fuente: Los Autores.

- ✓ Se retira los tornillos de la placa para observar los componentes del eje del módulo de trabajo, (Ver figura 224).

Figura 224. Cremallera.



Fuente: Los Autores.

7.5.2 Árbol Distribuidor. Tras desmontar cada uno de los módulos de trabajo, el paso a seguir es el del árbol distribuidor, para ello se requiere terminar de desmontar la tubería que llega a este componente. Cada una de los racores de entrada deben ser debidamente marcados. Para continuar con el desensamble se debe seguir paso como se describe a continuación:

- ✓ Se identifica el punto de referencia de ensamble del árbol distribuidor y se procede a levantar por medio de un diferencial, (Ver figura 225).

Figura 225. Árbol Distribuidor.



Fuente: Los Autores.

✓ Una vez se despeje la zona se le realiza mantenimiento, el árbol distribuidor se coloca en forma horizontal para facilitar su manipulación, (Ver figura 226).

Figura 226. Árbol Distribuidor en posición Horizontal.



Fuente: Los Autores.

✓ Se retiran los racores del cuerpo y se recoge el aceite sobrante.

- ✓ Se retira la base maciza, éste elemento no tiene otra función sino darle soporte al árbol distribuidor.
- ✓ Por medio de un extractor universal se retiran una a una las 3 camisas, teniendo un especial cuidado de no rayarlas, ya que esto traería consecuencias nefastas en cuanto a fugas, (Ver figura 227).

Figura 227. Camisas Del Árbol Distribuidor.



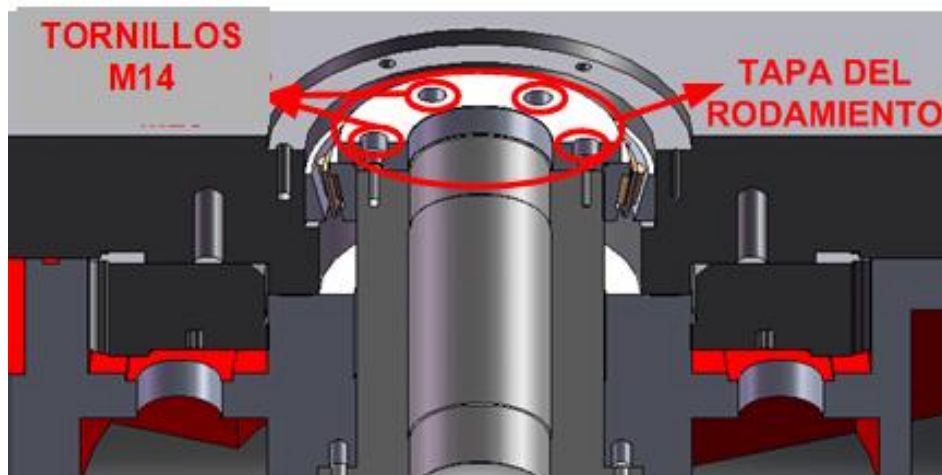
Fuente: Los Autores.

- ✓ Para la extracción de la camisa media se debe poner en posición vertical el árbol por medio de un diferencial y luego se utiliza un mazo de goma para sacarlo.

7.5.3 Mesa de Indexación. Para la intervención de la mesa de indexación se tuvo que tener especial cuidado con los elementos adicionales que la componen, como lo son: el rodamiento, el engranaje y los topes-leva. A continuación se realiza paso a paso el proceso de desmontaje:

- ✓ Una vez retirado el árbol distribuidor se procede al desmontaje de la mesa de indexación.
- ✓ Cuando el árbol distribuidor se retira queda libre la tapa del rodamiento que se retira por medio de 6 tornillos M12, (Ver figura 228).

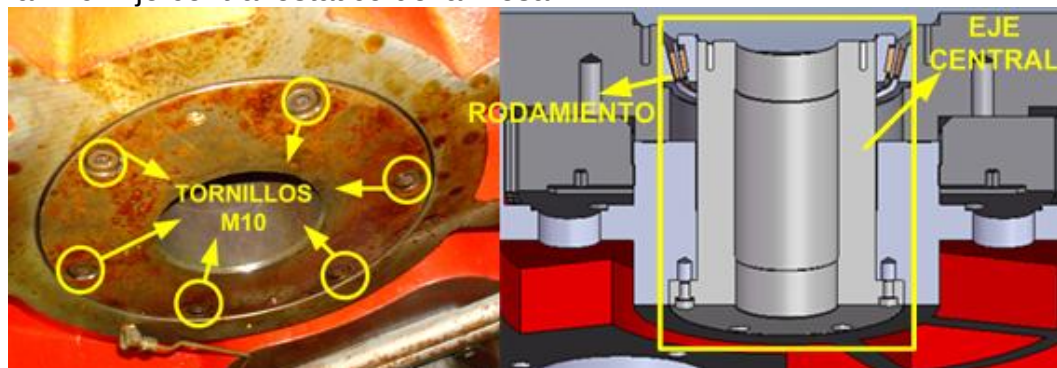
Figura 228. Tapa del rodamiento.



Fuente: Los Autores.

✓ Se desmonta el rodamiento de rodillos cónico, para esto se debe acceder a la parte inferior de la mesa y retirar seis tornillos M10 que fijan la parte central estática de la mesa, (Ver figura 229).

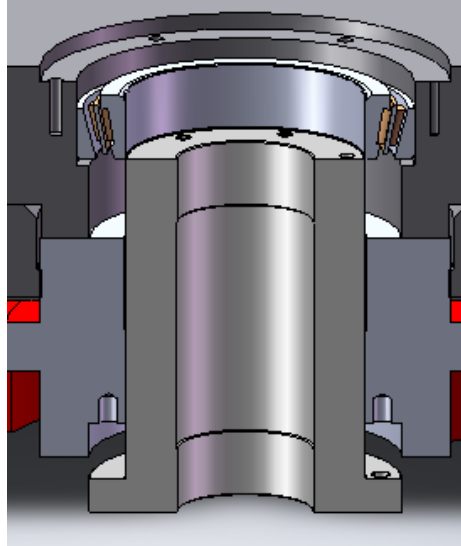
Figura 229. Eje central estático de la Mesa.



Fuente: Los Autores.

✓ Cuando se retiran estos tornillos, el rodamiento puede ser retirado. Se golpea suavemente el eje central para que salga por la parte inferior de la mesa y el rodamiento quede libre en la parte superior, (Ver figura 230).

Figura 230. Caída del Eje central



Fuente: Los Autores.

✓ Una vez retirado el rodamiento, la mesa de indexación queda libre para su levantamiento por medio de un montacarga o diferencial de 1 a 2 toneladas, (Ver figura 231).

Figura 231. Levantamiento de la Mesa de Indexación.



Fuente: Los Autores.

RECOMENDACIONES:

Para el desmonte de la mesa se tendrán que tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

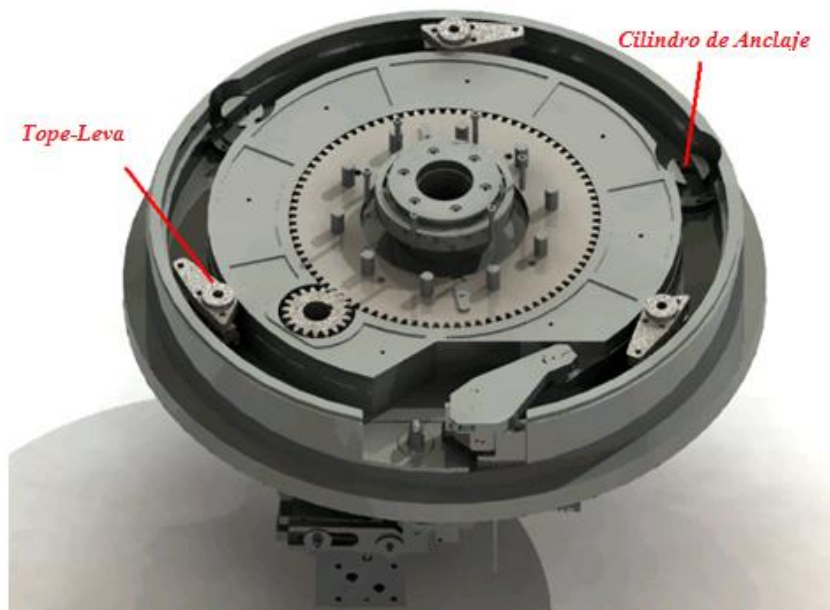
- ✓ No desmontar la mesa de indexación si antes no se han desmontado los módulos de trabajo y el árbol de distribución.
- ✓ No desmontar la mesa si antes no ha sido retirado el rodamiento, esto hará que la mesa se ajuste más y se dificulte más el trabajo, lo primordial es retirar el rodamiento.
- ✓ La mesa tiene atornillados los tres topes-leva bajo ella, habrá que asegurar que dichos mecanismos no vayan a quedar en la posición de anclaje, es decir, que los topes-leva no vayan a quedar enfrentados con los cilindros de anclaje; si esto ocurre no será posible ni retirar la mesa ni retirar los cilindros de anclaje, deberán quedar en una posición intermedia, (Ver figuras 232 y 233).

Figura 232. Recomendación: No desmontar la mesa en esta posición



Fuente: Los Autores.

Figura 233. Recomendación: Desmontar la mesa en esta posición.

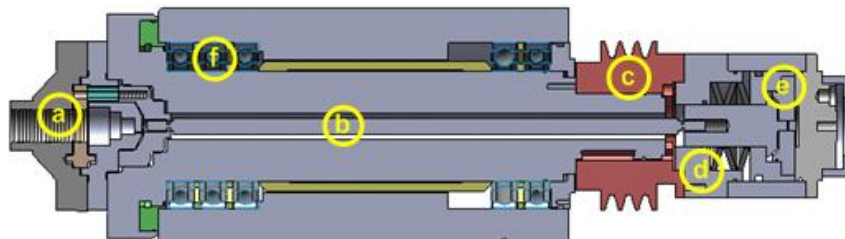


Fuente: Los Autores.

7.5.4 Husillos-Copas Porta Herramientas. Se componen básicamente de los siguientes elementos, (Ver figura 234):

- a. Sistema de Anclaje Emuge.
- b. Barra de accionamiento.
- c. Polea de transmisión.
- d. Cilindros de anclaje.
- e. Junta Rotativa.
- f. Bloque de Rodamientos.

Figura 234. Partes Husillos.



Fuente: Los autores.

- ✓ Se desencajan las correas de la transmisión.
- ✓ Desacoplar las copas porta herramientas y desenroscar las barras de accionamiento.
- ✓ Retirar todo el conjunto de anclaje de la herramienta.
- ✓ Retirar el conjunto de poleas y cilindros de anclaje.
- ✓ Retirar la tapa de los rodamientos.
- ✓ Posicionar los bloques de rodamientos verticalmente.
- ✓ Con la ayuda de un mazo de goma se retiran los rodamientos.

7.6 PRUEBAS FINALES DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas finales de funcionamiento incluyeron:

- Prueba de movimiento de la mesa, dos velocidades y retroceso.
- Prueba del árbol distribuidor y del ciclo de los módulos de trabajo en la máquina.
- Prueba de accionamiento de los cilindros de anclaje de la pieza.
- Prueba de los cilindros de anclaje de la mesa.
- Prueba de los cilindros de anclaje de la herramienta.
- Pruebas de punto cero – repetitividad.
- Pruebas de alineación de los módulos de trabajo.

- Nivelación de las bancadas de las estaciones dos y tres.
- Pruebas de giro de los husillos.

7.6.1 Prueba de movimiento de la mesa. La indexación de la mesa tuvo dos pruebas, la primera sólo la mesa montada, y la segunda cuando se montaron los módulos de trabajo y el árbol distribuidor, (Ver figura 235).

Para las dos pruebas se hicieron regulaciones de caudal con las válvulas reguladoras a la salida del motor hidráulico.

Para la realización de estas pruebas se habilitó parte del circuito neumático para lubricar las partes en contacto de la mesa y los conductos de aire del árbol distribuidor.

Figura 235. Pruebas de Movimiento de la Mesa.



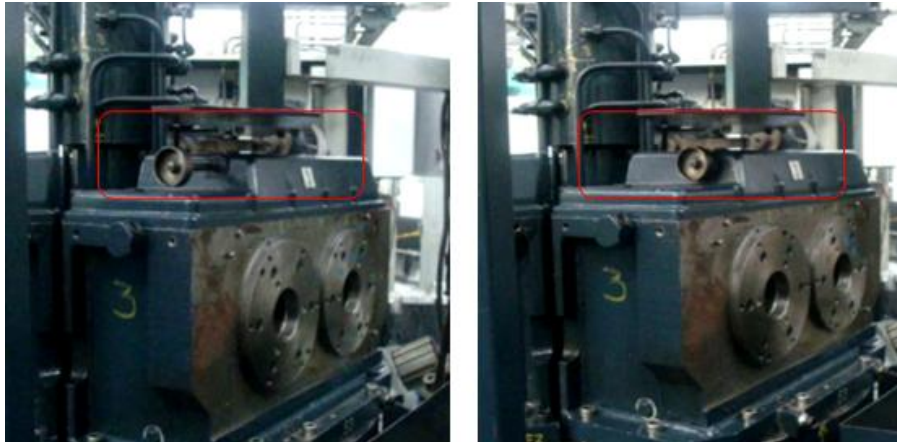
Fuente: Los Autores.

Resultado: La mesa realizó los movimientos muy bien después de haber solucionado el problema del motor hidráulico. La válvula desaceleradora lograba realizar su función correctamente y las regulaciones de caudal a pesar de unas pequeñas fugas (que se solucionaron) respondían a los cambios.

7.6.2 Prueba del árbol distribuidor. Una vez armado el árbol distribuidor se montó en la mesa de la máquina y se conectaron todas sus tuberías, seguido a ello se instalaron los tres módulos de trabajo en su lugar. El fin de esta prueba era verificar el estado del árbol distribuidor y sustentar el funcionamiento que se había asumido cuando se desarmó el árbol, (Ver figura 236).

Resultado: El resultado fue satisfactorio, con esta prueba se pudo concluir que el árbol distribuidor estaba funcionando perfectamente y que el ciclo de las copas porta-piezas lo realizan únicamente las estaciones dos y tres, el módulo de trabajo que queda enfrentado a la estación uno (estación del operario) no realiza éste ciclo ya que, en esta estación no tiene sentido lógico realizarla.

Figura 236. Pruebas Árbol Distribuidor.



Fuente: Los Autores.

7.6.3 Prueba de accionamiento de los cilindros de anclaje de la pieza. La realización de esta prueba iba muy ligada a la prueba del árbol distribuidor, las copas porta-piezas resultan ser un cilindro de simple efecto accionado hidráulicamente por una válvula direccional a través del árbol distribuidor, (Ver figura 237).

La copa ancla la pieza en el momento en que el cilindro está retraído y la suelta cuando está expandido.

Figura 237. Prueba de Accionamiento Copa Porta-Pieza



Fuente: Los Autores.

Resultado: Las copas porta-piezas funcionaron satisfactoriamente, se comprobó que el árbol distribuidor cumple con todas sus funciones a cabalidad. Las reparaciones hechas en las copas tuvieron su efecto, ya que no se notó ninguna fuga de aceite ni tampoco carreras incompletas, las 6 copas realizaron correctamente su función.

7.6.4 Pruebas de los cilindros de anclaje de la mesa. Los cilindros de anclaje de la mesa fueron probados de manera directa e indirecta. Directamente fueron probados cuando la mesa de indexación fue desmontada e indirecta, una vez entendido su funcionamiento se procedió a verificarlo, (Ver figura 238). Básicamente los cilindros lo que hacen es halar los dispositivos tope-leva de la mesa de indexación hacia la base de la mesa.

Figura 238. Prueba cilindros de anclaje de la Mesa



Fuente: Los Autores.

Resultado: Los cilindros de anclaje se valen de la fuerza hidráulica para generar un coeficiente de fricción bastante alto y evitar el giro de la mesa. Los cilindros quedaron funcionando correctamente.

7.6.5 Pruebas de los cilindros de anclaje de la herramienta. Los cilindros de anclaje de la herramienta, son cilindros de simple efecto con reposicionamiento con resorte de discos. Una vez armados los cilindros y montados en los husillos se procedió a verificar el movimiento de anclaje y desanclaje de la herramienta, (Ver figura 239).

Figura 239. Prueba Anclaje de la Hta.



Fuente: Los Autores.

Resultados: Los casquillos se accionan de la manera correcta y las herramientas se anclan sin ningún inconveniente.

7.6.6 Pruebas de Punto-Cero (Repetitividad). Ésta prueba se realizó con el objetivo de verificar la repetitividad de la mesa de indexación, es decir, si la mesa siempre se anclaba en el mismo punto cero. De esta prueba dependerán las tolerancias admisibles de la junta fija al momento de mecanizarla, (Ver tablas 10 y 11).

Resultados:

Tabla 10. Primera prueba del punto cero.

PUNTO DE MEDICIÓN UNO			
			
Unidad de medida: (0,001inches)			
Prueba N°.	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3
1	0.0	2.0	3.0
2	0.0	2.0	3.0
3	0.0	2.0	3.0
4	0.0	2.0	3.0
5	0.0	2.0	3.0
6	0.0	2.0	3.0
7	0.0	2.0	3.0
8	0.0	2.2	3.0
9	0.0	2.0	3.0
10	0.0	2.0	3.0
11	0.0	2.0	3.0
12	0.0	2.0	3.0
13	0.0	2.1	3.0
14	0.0	2.0	3.0
15	0.0	2.0	3.0
Promedio	0	2.02	3.0
inches	0	0.00202	0.003
mm	0	0.051308	0.0762

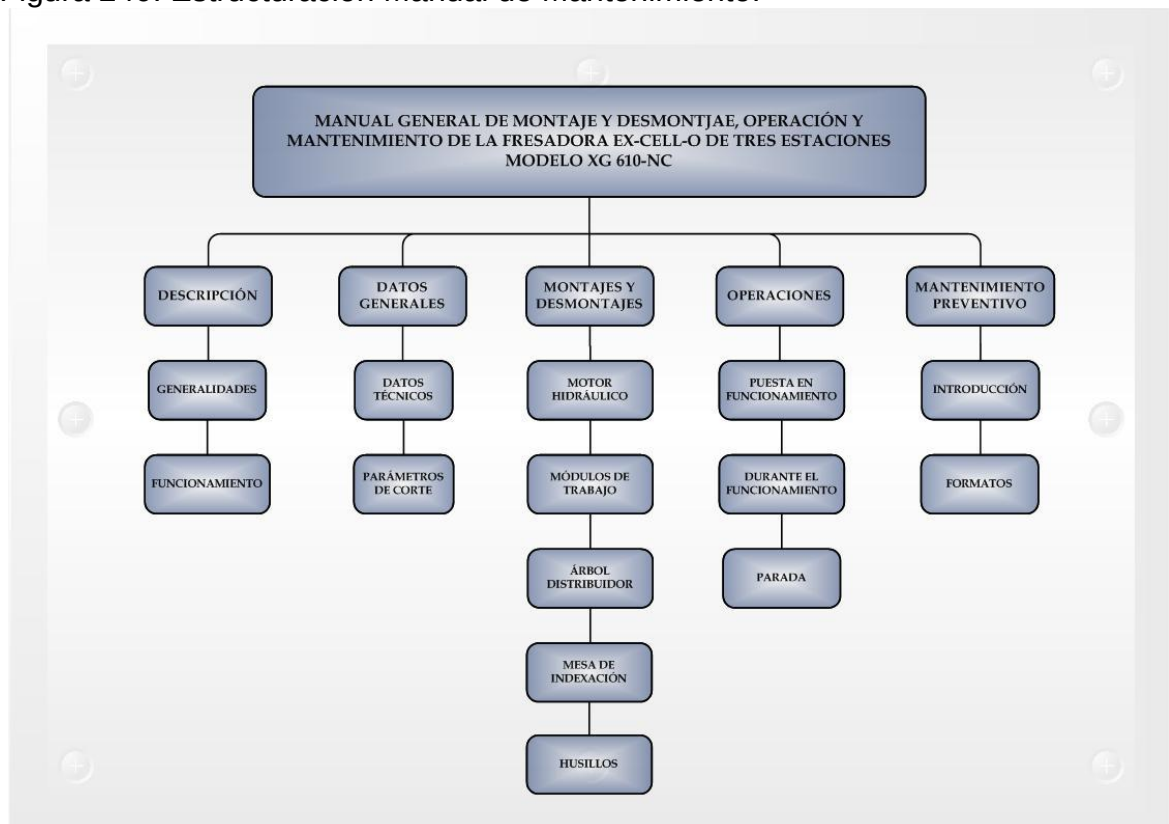
Tabla 11. Segunda prueba del punto cero.

PUNTO DE MEDICIÓN DOS			
			
Unidad de medida: (0,001inches)			
Prueba N°.	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0
Promedio	0	0	0
inches	0	0	0
mm	0	0	0

7.7 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para facilitar el entendimiento del manual general de montaje y desmontaje, operación y mantenimiento de la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones Modelo XG 610-NC, se realizó el siguiente diagrama donde se categorizaron los ítems usados en el manual. En resumidas palabras es la representación gráfica de la tabla de contenido de este, (Ver figura 240). Para todo lo referente al contenido de esta sección recurrir al ANEXO L.

Figura 240. Estructuración Manual de Mantenimiento.



Fuente: Los Autores.

Para abordar la estructura del manual y comprenderla, se debe comenzar con ilustrar la portada de este manual para facilitar su identificación, llevar la correcta secuencia y entender mejor su contenido, optimizando el uso de este. En la siguiente figura se enseña la portada del manual, (Ver figura 241).

Figura 241. Portada Manual



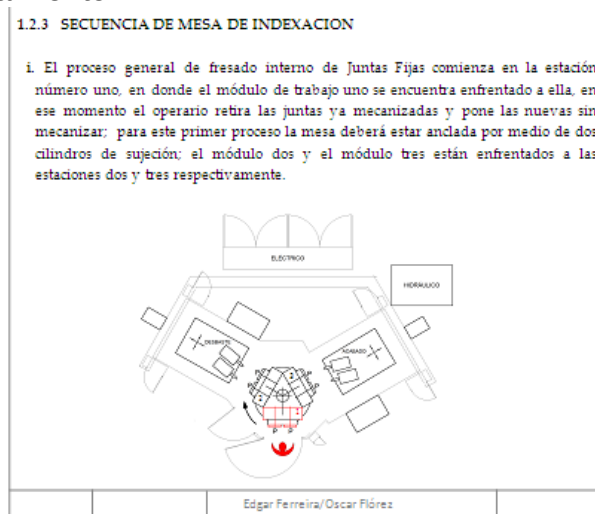
Fuente: Los Autores.

En este compendio sobre la máquina, se resumieron los procesos y operaciones relevantes, plan de mantenimiento y una breve descripción del funcionamiento de la máquina que se complementa en el cuerpo de la tesis.

Como primera medida se explicará el contenido de cada uno de los ítems que se tuvieron en cuenta para la realización del presente manual, donde se dan las instrucciones más importantes para ejecutar correctamente alguna intervención que se deba efectuar en la máquina. A continuación se explicarán los capítulos manejados en este compendio:

7.7.1 Descripción. En esta división se comentó la importancia y el funcionamiento de la máquina, de una manera muy general. Esta sección fue dividida en dos ítems los cuales se nombraron como generalidades y descripción, en donde en el primero se explica la importancia de la máquina en la línea de producción de juntas fijas en el mecanizado de las pistas internas y su clasificación como operación cuello de botella de esta y de ahí su nivel de importancia. En el segundo se da una inducción del funcionamiento general de la máquina en el que se explica las secuencias que efectúa la máquina en el proceso de mecanizado desde la entrada de la pieza hasta la salida de esta. (Ver figura 242)

Figura 242. Funcionamiento.



Fuente: Los Autores.

7.7.2 Datos Generales. En esta parte se ilustró los datos técnicos de la máquina con el fin de proveer las especificaciones básicas que la fresadora de tres estaciones debe tener para su correcto funcionamiento, y los parámetros de corte necesarios para los tipos de operaciones existentes en la máquina como lo es el desbaste y el acabado, esto se hace con el fin de que se conozca más a fondo las variables manejadas por la máquina. (Ver figura 243).

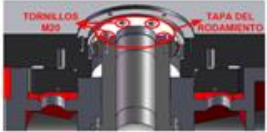
Figura 243. Datos Generales.

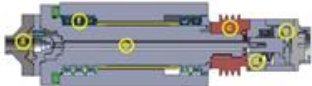
TRABAJOS TRANSACCIONALES HONORARIOS DE COLABORACIÓN		11	31	Febrero de 2011
2. DATOS GENERALES DE LA FRESADORA DE TRES ESTACIONES EX-CELL-O XG 610-NC				
2.1 DATOS TECNICOS DE LA MAQUINA				
DATOS TECNICOS				
Compañía:	Ex-Cell-O (XLO)			
Origen:	Alemania			
Año:	1988			
Máquina tipo:	XG 610-NC			
Máquina número:	106.385.6.000			
Orden Número:	400 240 B			
Peso Total Teórica:	1986 Kgf			
Capacidad:	48 KW			
AC o DC:	3 ~ (Trifásica)			
Ciclos:	60 Hz			
Línea de Voltaje:	440 V			
Corriente de carga:	100 A			
Voltaje de Control:	115 VAC 24 VDC V			
2.2 PARAMETROS DE CORTE DE LA MAQUINA				
PARÁMETROS DE CORTE				
	Acabado		Desbaste	
	$V_{\text{Corregido}} \text{ (mm/min)}$	197	$V_{\text{Corregido}} \text{ (mm/min)}$	193
	$n \text{ (rpm)}$	4000	$n \text{ (rpm)}$	2925
	$f_z \text{ (mm/diente)}$	0,2805	$f_z \text{ (mm/diente)}$	0,279
	$Z_c \text{ (n.º de filos efectivos)}$	1	$Z_c \text{ (n.º de filos efectivos)}$	1
	$V_f \text{ (mm/min)}$	1122	$V_f \text{ (mm/min)}$	816,075

Fuente: Los Autores.

7.7.3 Montajes y Desmontajes. En este módulo se hace referencia a los pasos necesarios para realizar el desmontaje de los dispositivos relevantes de la máquina. En algunos casos no solo se menciona el desensamble de los elementos de la máquina, sino se detalla el proceso de desarme particular de la unidad. Para el caso del proceso de montaje se deberá realizar la secuencia inversa de los pasos establecidos para el desmontaje. Estos montajes y desmontajes son: el del motor hidráulico, módulos de trabajo, árbol de distribución, mesa de indexación y husillo porta-herramientas, (Ver figura 244).

Figura 244. Montajes y Desmontajes.

THC		ESTACIONES		FRESADORA DE TRES ESTACIONES		FRESADORA DE TRES ESTACIONES	
Pág.	De	Fecha Rev.	Pág.	De	Fecha Rev.	Pág.	De
13	31	Febrero de 2017	14	31	Febrero de 2017	15	31
 ✓ Se arma teniendo mucho cuidado en la alineación de los ejes rotativos.  ✓ Una vez armado el motor se instala nuevamente en la máquina montada la mesa de indexación previamente y por medio nuevamente de un gato hidráulico. 		 ✓ Se retira los tornillos de la placa para observar los componentes del eje del módulo de trabajo.  3.3 ARBOL DISTRIBUIDOR Tras desmontar cada uno de los módulos de trabajo, el paso a seguir es el del árbol distribuidor, para esto se requiere tener en cuenta la siguiente información: Cada uno de los raíles de entrada deben ser debidamente marcados. Para continuar con el desmontaje se debe seguir paso como se describe a continuación: ✓ Se identifica el punto de referencia de ensamble del árbol distribuidor y se procede a levantar por medio de un gato hidráulico. 		 ✓ Para la extracción de la cámara media se procede a poner en posición vertical el árbol y se mueve desde el diferencial a utilizar un mazo de goma. 3.4 MESA DE INDEXACION Para la intervención de la mesa de indexación se tuvo que tener especial cuidado con los elementos adicionales que la componen, como lo son: el rodamiento, el engranaje y los topes-leva. A continuación se realiza paso a paso el proceso de desmontaje: ✓ Una vez retirado el árbol distribuidor se procede al desmontaje de la mesa de indexación. ✓ Cuando el árbol distribuidor se retira queda libre la tapa del rodamiento que se retira por medio de 6 tornillos 5/16. 			
Eduardo Pineda/César Pineda		Eduardo Pineda/César Pineda		Eduardo Pineda/César Pineda		Eduardo Pineda/César Pineda	

THC		FRESADORA DE TRES ESTACIONES	
Pág.	De	Fecha Rev.	Standard Number
16	31	Febrero de 2017	400240, B
1. MÓDULOS - COPAS PORTA-HERRAMIENTAS componen físicamente de los siguientes elementos: - Sistema de Anclaje E.S.C.E. - Barras de anclamiento. - Poleas de transmisión. - Cilindros de anclaje. - Junta Rotativa. - Bloque de Rodamientos.  Se desenganchan las correas de la transmisión. Desmontar las copas porta-herramientas y desmontar las barras de anclamiento. Retirar todo el conjunto de anclaje de la herramienta. Retirar el conjunto de poleas y cilindros de anclaje. Retirar la tapa de los rodamientos. Posicionar los bloques de rodamientos verticalmente. Con la ayuda de un mazo de goma se retiran los rodamientos.			
Eduardo Pineda/César Pineda			

Fuente: Los Autores.

7.7.4 Operaciones. En esta sección se hace mención al protocolo de operaciones (Ver Figura 245) que se le deben realizar a la fresadora de tres estaciones, con el fin de facilitar la puesta a punto, el correcto funcionamiento y la retirada de la máquina de la línea de producción de juntas fijas y no realizar estos en forma equivocada y aleatoria, ocasionando pérdida de tiempo o fallas en la fresadora.

Figura 245. Manual de operaciones.

THC TECNOLOGÍA HIDRÁULICA CONSEJO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO FRESADORA DE TRES ESTACIONES		Standard Number 400240_B Pág. De Fecha Rev. 23 33 Febrero de 2011	✓ Antes la válvula de paso de la línea de suministro de aire y verificar que la presión reducida de entrada al lubricador se encuentre mínimo en 70 psi aproximadamente. ✓ Cerciorarse que la mesa se encuentre en el punto cero y que el controlador lo halla detectado. ✓ Verificar el ajuste y posicionamiento de la herramienta en la copa porta-herramienta (si se encuentra suelta, cabe la posibilidad que existan fugas en el cilindro de anclaje de la herramienta). ✓ Inspeccionar que en los no se presenten fugas. ✓ Reiniciar el posicionamiento de las bancadas de las dos estaciones. ✓ Revisar que los dispositivos de seguridad con que cuenta la fresadora de tres estaciones, como interruptores de parada, fusibles, entre otros, funcionen adecuadamente. ✓ Asegurarse que los módulos de trabajo no contenga alguna junta fija.
4. OPERACIONES DE LA FRESADORA DE TRES ESTACIONES EN-CELL-0 XG 610-NC Para el buen funcionamiento de la fresadora de tres estaciones, se debe seguir el protocolo de operaciones necesarias para la puesta en marcha, mantener la máquina en proceso continuo y la detención de los sistemas para lograr la correcta parada de la máquina. En el presente capítulo se hace mención a los pasos anteriormente dichos y a la verificación de estos, con el fin de facilitar la puesta a punto y retirada de la máquina en la línea de producción de juntas fijas y no realizar estos en forma equivocada y aleatoria, ocasionando pérdida de tiempo o fallas en la fresadora. Por esto se recomienda leer bien el presente manual de operaciones para evitar errores y así aumentar el tiempo de vida útil de esta.			
4.1 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO Antes de la puesta en funcionamiento de la fresadora de tres estaciones es importante verificar los siguientes pasos: ✓ Tras haber efectuado el montaje o reparación de la bancada y del husillo se ha de controlar que ésta quede en posición totalmente horizontal y alineada cuidando de no provocar una falla por mal posicionamiento de la herramienta de corte o en el peor de los casos daño en los husillos porta-herramienta. ✓ El nivel de aceite del tanque hidráulico, de lubricación, de refrigeración y del lubricador debe ser observado en la mirilla correspondiente (más de la mitad de la mirilla). En caso de no estar en lo recomendado agregar el suficiente para cumplir con el requerimiento.		4.2 DURANTE EL FUNCIONAMIENTO Se ha de tener en cuenta que durante el funcionamiento de la fresadora se deben cumplir las siguientes condiciones: ✓ Verificar con un comparador de pistas, el cumplimiento de dimensiones según la norma. ✓ Verificar la velocidad de rotación de los husillos, dependiendo de la operación (Acabado o Desbaste).	Edgar Ferreira/Oscar Flores
THC FRESADORA DE TRES ESTACIONES		400240_B Pág. De Fecha Rev. 23 33 Febrero de 2011	✓ Verificar que el manómetro de la bomba no sea mayor aproximadamente a 700 Psi. ✓ Verificar que la temperatura del aceite hidráulico registrada por la termocupla no sobrepase los 50°C. ✓ Se debe tener especial atención a las anomalías que pueda presentar el equipo como ruido distinto al normal producido por su funcionamiento, vibración excesiva, calentamiento anormal del aceite, etc. 4.3 PARADA DE LA MAQUINA Al finalizar la jornada de trabajo, se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones: ✓ La fresadora debe seguir funcionando hasta que los módulos porta-piezas queden sin juntas fijas (ya se hayan retirado todas las juntas mecanizadas de la jornada). ✓ Ubicar la mesa y las estaciones en sus posiciones iniciales. ✓ Pazar los movimientos de la máquina, ya sea giros de mesa, desplazamientos de bancada o rotación de motores eléctricos. ✓ Cerrar la válvula de paso de la línea de suministro de aire. ✓ Pazar la bomba hidráulica. ✓ Desenergizar y desconectar la máquina de la línea de 440 V. ✓ Cuidar de que al finalizar cada jornada de trabajo se proceda a limpiar inmediatamente la fresadora.

Fuente: Los Autores.

7.7.5 Mantenimiento Preventivo. Para facilitar un poco las tareas de mantenimiento y llevar un control periódico de las mismas, se han elaborado unos esquemas que sirven como guías, en los cuales se detallan los trabajos y la frecuencia con que se han de efectuar. Esto se resumió en los formatos realizados como una propuesta para el plan de mantenimiento preventivo de la fresadora de tres estaciones, donde se especifican las tareas a realizar de los diferentes sistemas que componen la máquina, que necesitan de estas para su funcionamiento correcto, además de unas recomendaciones a la hora de realizar las labores de mantenimiento, los formatos se sugirieron para sistemas mecánicos, sistemas hidráulicos, sistema neumático, sistema de lubricación y sistema de refrigeración. (Ver figura 246).

8. CONCLUSIONES

- ✓ El presente proyecto de grado se realizó como una interacción entre la industria (DANA Transejes Colombia) y la Universidad Industrial de Santander, ayudando a dar solución a uno de los cuellos de botella de la línea de producción de juntas fijas. Se aplicó y comprobó que la metodología de la Reingeniería es aplicable para restablecer el funcionamiento general y específico de la máquina y cada uno de sus sistemas; el método inductivo fue de gran ayuda y se empleó como complemento de trabajo realizado.
- ✓ Se realizó una descripción detallada del proceso de fresado de pistas internas, caracterizando cada uno de los sistemas y subsistemas presentes en la máquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones. Se revisó el estado en que se encontraba la máquina y se realizó un inventario de los componentes hidráulicos, neumáticos, de lubricación, de refrigeración y mecánicos, detallando las principales características y funcionamiento. Y se sustentó el funcionamiento general y específico de la fresadora demostrando el aumento de la producción de juntas fijas y neutralizando uno de los cuellos de botella presentes en la línea de producción.
- ✓ Se determinó el funcionamiento del sistema hidráulico mediante el seguimiento exhaustivo de cada una de sus líneas, la recolección de información durante el proceso de desmontaje y el mantenimiento realizado en cada uno de los componentes. Y se realizó la documentación necesaria para la inclusión de la máquina fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones a la línea de producción de juntas fijas; documentación que incluye planos mecánicos, hidráulicos, neumáticos y de lubricación.
- ✓ Se sustentó la selección de los componentes faltantes en la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones, partiendo de una analogía con la actual fresadora XLO de la

línea de producción. Se diseñó y construyó el armazón y brazo de soporte del panel de control Siemens para la fresadora de tres estaciones asistiendo al frente de control del grupo de trabajo.

✓ Se elaboró el manual general de montaje y desmontaje, descripción, operación y mantenimiento de la fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones Modelo XG 610-NC, el cual posee una descripción técnica detallada del equipo, los controles antes, durante y después del funcionamiento, y las principales tareas de mantenimiento que requiere.

✓ Se determinaron los parámetros de corte para cada tipo de operación necesaria para el mecanizado de pistas internas de las juntas fijas, ya sea acabado o desbaste, verificando que los motores eléctricos actuales encargados de la rotación de los husillos son los apropiados para dicha operación.

✓ Se justificó por medio de cálculos la eficiencia de la bomba hidráulica y la capacidad del motor para vencer la inercia generada por la mesa de indexación y todos sus componentes; comprobándose que éstos dos elementos hidráulicos están en capacidad de ejercer su función sin ningún problema.

✓ El trabajo se entrega a la Empresa DANA TRANSEJES COLOMBIA y se recibe a conformidad para dar inicio del proceso control y automatización, para su inclusión a la línea de producción de juntas fijas.

BIBLIOGRAFÍA

BACHS PUJOL, Antonio. Practica del Fresado. Barcelona, España: CEDEL, 1958. 339 p.

BARON ROBLES, Javier Orlando y GOMEZ ACEVEDO, Libardo. Estudio de Mejoramiento de la Productividad y calidad en la línea de producción de juntas fijas en TRANSEJES Transmisiones Homocinéticas de Colombia s.a.; Proyecto de Grado Universidad Industrial de Santander. 1999. 341 p.

BOEHS, Lourival. Curso De Usinagem Dos Metais, Grucon Grupo de Pesquisa e Treinamento en Comando Numérico. Florianopolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

CARMONA DUQUE, Diego Alejandro. Estudio de Sistemas Flexibles de Manufactura con Limitaciones de Capacidad de Almacenamiento y Transporte; Proyecto de Grado Universidad de los Andes. Bogotá D.C.: 1999. 141 p.

CHILES, BLACK, LISSMAN AND MARTIN. Principios de Ingeniería de Manufactura. México: CECOSA, 1999.

ECHAVES, Luis Fernando. Rediseño del Mantenimiento Preventivo de las máquinas cuellos de botella en la Planta Dana Transejes Colombia.; Proyecto de Grado Universidad Industrial de Santander. 2004. 258 p.

FAIRES, Virgil. Diseño de Elementos de Máquinas. México: Limusa, 1998. 802 p.

GÓMEZ GONZÁLEZ, Sergio. El Gran Libro de Solidworks Office Professional. Barcelona, España: Marcombo, 2008. 698 p.

GROOVER, Mikel. Fundamentos de Manufactura Moderna, Materiales Procesos y Sistemas. México: Mc Graw Hill, 2007. 1022 p.

HIDRÁULICA INDUSTRIAL PARKER. Manual de Oleohidráulica Industrial. México: 1995. 309 p.

MOTT, Robert L. Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson Editorial. Cuarta Edición. 2006. 872 p.

SANDVIK COROMANT. Catálogo de selección de herramientas para fresado. España: Sandvik, 2009. 213p.

SHIGLEY, Joseph AND UICKER Jhon. Teoría de Máquinas y Mecanismos. Mexico: Mc Graw Hill, 1999. 613 p.

UNIVERSIDAD DE LA LUBRICACIÓN DE EXXON MOBIL. Manual del Participante, Mantenimiento y ATL. Bogotá: 2001. 158 p.

VALLEJO, Eric. Sistemas Flexibles de Manufactura; Artículo de Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. 1998. 49 p.

VICKERS – EATON FLUID POWER TRAINING. Manual de Oleohidráulica Industrial. México: 2003. 302 p.

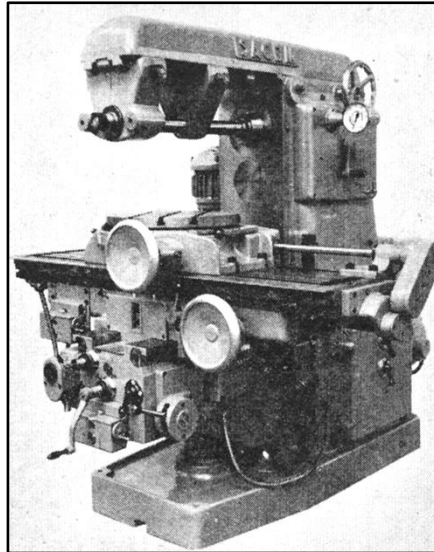
ANEXOS

ANEXO A. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

1. GENERALIDADES DE MECANIZADO

1.1. Fresadora. Una fresadora es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa, y sirven fundamentalmente para el labrado de piezas planas. Pero en ella puede realizarse también un gran número de operaciones, entre las que destacan por su gran importancia, el tallado de engranajes o dentado, el tallado de roscas de gran peso, el mecanizado de ranuras, etc. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas, (Ver figura 248)

Figura 248. Máquina Fresadora



Fuente: Extraído de Práctica del Fresado, Antonio Bachs Pujol.

1.2. Tipos de fresadoras. Las fresadoras pueden clasificarse según varios aspectos, como la orientación del eje de giro (tradicionales y especiales), el número de ejes de operación (refiriéndose a los grados de libertad) o la

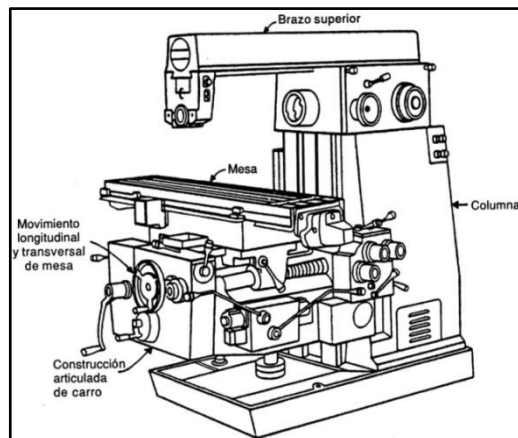
configuración, operación y tecnología. A continuación se indica las clasificaciones más usuales.

1.2.1. Fresadoras según la Orientación de la Herramienta: Dependiendo de la orientación del eje de giro de la herramienta de corte, se distinguen tres tipos de fresadoras básicamente: horizontales, verticales y universales.

✓ **Fresadora Horizontal:**

Se utilizan fresas cilíndricas que se montan sobre un eje horizontal (Husillo) que se apoya en dos rodamientos situados en el puente deslizante. Esta máquina permite realizar principalmente trabajos de fresado periférico. La profundidad máxima de una ranura está limitada por la diferencia entre el radio exterior de la fresa y el radio exterior de los casquillos de separación que la sujetan al eje portafresa, (Ver figura 249).

Figura 249. Máquina Fresadora Horizontal



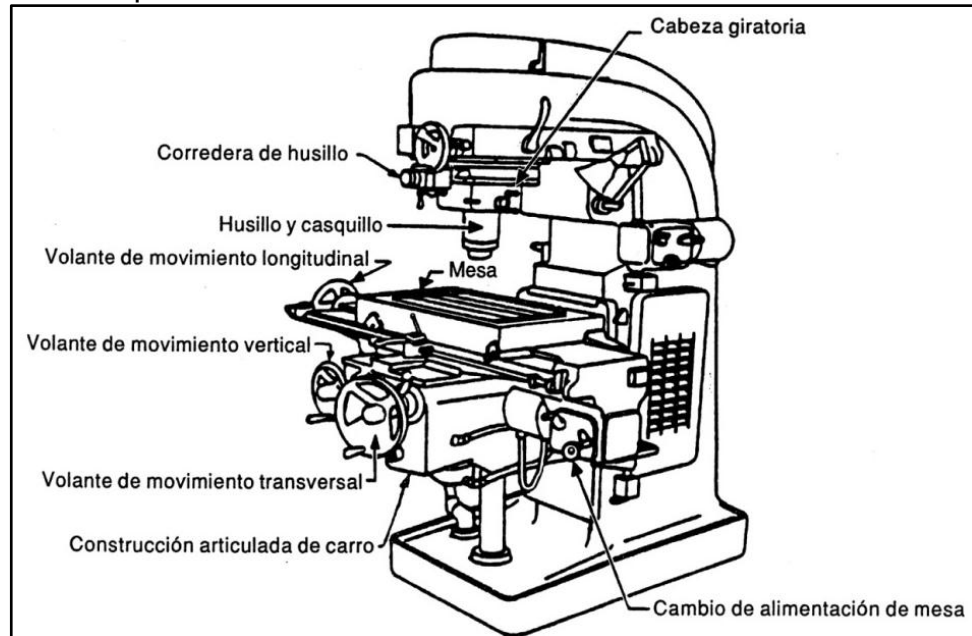
Fuente: Extraído de Principios de Ingeniería de Manufactura, Chiles, Black, Lissaman, Martin

✓ **Fresadora Vertical:**

El eje del husillo está orientado verticalmente, perpendicular a la mesa de trabajo. Las fresas de corte se montan en el husillo y giran sobre su eje. En general, puede

desplazarse verticalmente, el husillo o la mesa, lo que permite profundizar el corte. Con esta máquina se realizan principalmente trabajos de fresado frontal, fresado terminal, fresado de contornos de superficies sobre piezas de trabajo relativamente planas, (Ver figura 250).

Figura 250. Máquina Fresadora Vertical.

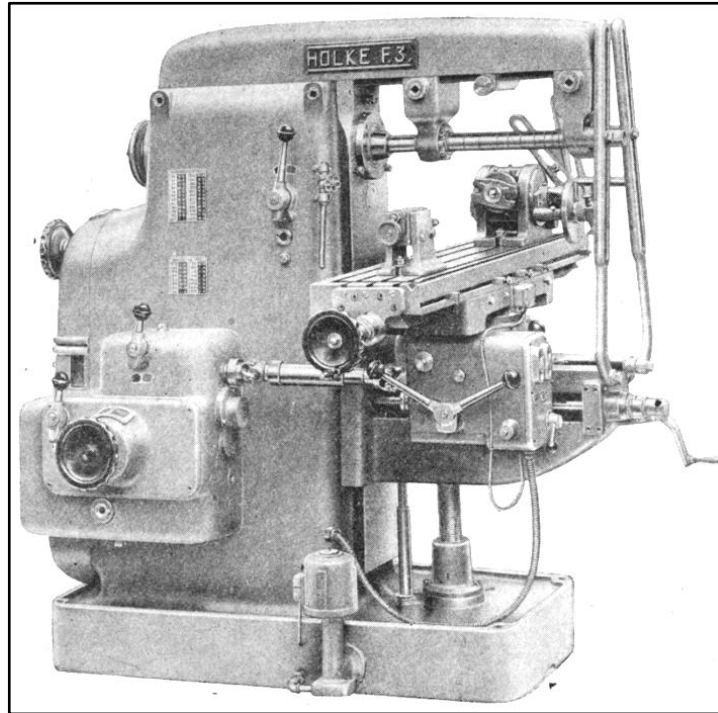


Fuente: Extraído de Principios de Ingeniería de Manufactura, Chiles, Black, Lissaman, Martin

✓ Fresadora Universal:

Es la combinación de una fresa horizontal y una vertical. Tiene un brazo que puede utilizarse para ubicar fresas en un eje horizontales y un cabezal que permite las fresas verticales. En lugar de la mesa sostenida por el caballete, la máquina tiene un elemento adicional, el bastidor de las mesas que pueden girar encima del caballete. Esta característica permite el fresado angular espiral y helicoidal de ranuras, estrías y dientes, (Ver figura 251).

Figura 251. Máquina Fresadora Universal



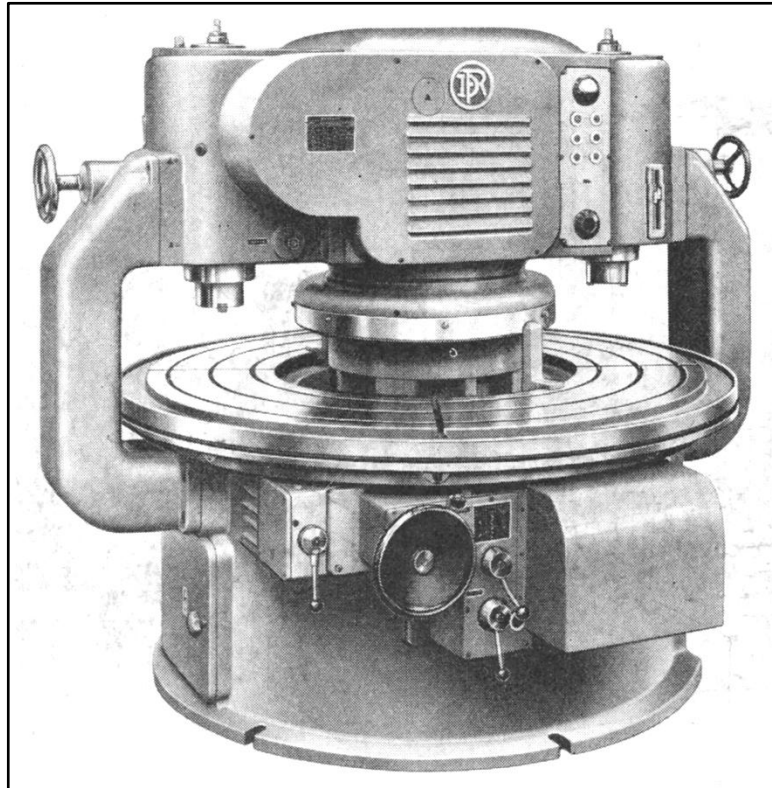
Fuente: Extraído de Principios de Ingeniería de Manufactura, Chiles, Black, Lissaman, Martin

Además de las fresadoras convencionales, existen otras fresadoras con características especiales que pueden clasificarse en determinados grupos. Sin embargo, las formas constructivas de estas máquinas varían notablemente dentro de cada grupo, debido a las necesidades de cada proceso de fabricación.

✓ Fresadoras Circulares:

Tienen una amplia mesa circular giratoria, por encima de la cual se desplaza el carro portaherramientas, que puede tener uno o varios cabezales verticales, por ejemplo, uno para operaciones de desbaste y otro para operaciones de acabado. Además pueden montarse y desmontarse piezas en una parte de la mesa mientras se mecanizan piezas en el otro lado, (Ver figura 252).

Figura 252. Máquina Fresadora Circular



Fuente: Extraído de Práctica del Fresado, Antonio Bachs Pujol.

✓ Fresadoras Copiadoras:

Disponen de dos mesas, una de trabajo sobre la que se sujeta la pieza a mecanizar y otra auxiliar sobre la que se coloca un modelo. El eje vertical de la herramienta está suspendido de un mecanismo que está conectado también a un palpador sobre la mesa auxiliar. Al seguir con el palpador el contorno del modelo, se define el movimiento de la herramienta que mecaniza la pieza.

✓ Fresadoras de Pórtico:

También conocidas como fresadoras de puente, el cabezal portaherramientas vertical se halla sobre una estructura con dos columnas situadas en lados opuestos de la mesa. La herramienta puede moverse verticalmente y transversalmente y la pieza puede moverse longitudinalmente. Se utilizan para mecanizar piezas de grandes dimensiones.

✓ Fresadoras de Puente Móvil:

En lugar de moverse la mesa, se mueve la herramienta en una estructura similar a un puente grúa. Se utilizan principalmente para mecanizar piezas de grandes dimensiones.

1.2.2. Fresadoras según el Número de Ejes. Las fresadoras pueden clasificarse en función del número de ejes (número de grados de libertad) que pueden variarse durante la operación de arranque de viruta.

✓ Fresadora de Tres Ejes:

Puede controlarse el movimiento relativo entre pieza y herramienta en los tres ejes de un sistema cartesiano.

✓ Fresadora de Cuatro Ejes:

Además del movimiento relativo entre pieza y herramienta en tres ejes, se puede controlar el giro de la pieza sobre un eje, como con un mecanismo divisor o un plato giratorio. Se utilizan para generar superficies con un patrón cilíndrico, como engranajes o ejes estriados.

✓ Fresadora de Cinco Ejes:

Además del movimiento relativo entre pieza y herramienta en tres ejes, se puede controlar o el giro de la pieza sobre dos ejes, uno perpendicular al eje de la herramienta y otro paralelo a ella (como con un mecanismo divisor y un plato giratorio en una fresadora vertical); o el giro de la pieza sobre un eje horizontal y la inclinación de la herramienta alrededor de un eje perpendicular al anterior. Se utilizan para generar formas complejas, como el rodete de una turbina Francis.

1.2.3. Fresadoras según la Configuración, Operación y Tecnología: Las fresadoras se pueden agrupar según el parecido en la configuración, operación y tecnología.

✓ Fresadora de Codo Y Columna:

Es la máquina básica para el fresado. Deriva su nombre del hecho de que sus dos principales componentes son una columna que soporta el husillo y un codo (se parece a un codo humano) que soporta la mesa de trabajo. Se puede disponer de máquinas horizontales, verticales, universales y con corredera.

✓ Fresadora Tipo Bancada:

Se diseñan para la producción en masa. Están construidas con mayor rigidez que las máquinas de codo y columna, y permiten las velocidades de avance más críticas y las profundidades de corte que se necesitan para las altas velocidades de remoción de material. La mesa está montada directamente a la bancada de la fresadora. Esta construcción limita el posible movimiento longitudinal de la mesa para pasar el trabajo por delante de la fresa. Las fresadoras tipo bancada pueden disponer de múltiples husillo.

✓ Fresadora Tipo Cepillo:

Forman la categoría más grande de fresadoras. Su apariencia general y su construcción son las de una cepilladora grande, con diferencia en la herramienta de corte, en lugar de un cepillo posee unos cabezales de fresado. El movimiento del trabajo que pasa enfrente de la herramienta es un movimiento de velocidad de avance más que un movimiento de velocidad de corte. Están diseñadas para maquinar piezas muy grandes, la cama y la mesa de trabajo de la máquina son muy pesadas y casi al ras del piso, y los cabezales fresadores se sostienen sobre una estructura puente que se extiende a través de la mesa y que permite los movimientos vertical y transversal.

Este tipo de fresadoras recibe su nombre debido a la semejanza que tiene con un cepillo. La pieza a trabajar se monta sobre una mesa larga que tiene solamente movimiento longitudinal, y avanza a la velocidad apropiada contra el cortador giratorio. El movimiento de avance variable de la mesa y el giro del cortador son las principales características que distinguen esta máquina de un cepillo. El árbol

del cortador tiene los movimientos vertical y transversal. Estas máquinas han sido diseñadas para el fresado de piezas largas que requieren gran eliminación de material así como para el duplicado preciso de contornos y perfiles.

✓ Fresa Trazadora:

Son también conocidas por fresa perfiladora, está diseñada para reproducir una geometría irregular de la pieza creada sobre una plantilla. Una sonda trazadora controlada manual o automáticamente sigue la plantilla, mientras el cabezal del fresado duplica la trayectoria de la sonda para maquinar la forma deseada. Estas se pueden encontrar para maquinar plantillas o patrones tridimensionales, siendo aptas para el maquinado de moldes y troqueles.

✓ Fresadoras CNC:

En estas la trayectoria se controla por medio de datos numéricos en lugar de plantillas físicas. Son utilizadas para el fresado de perfiles, fresado de cavidades, fresado de contorno de superficies y operaciones de tallado de matrices, en las que se tienen que controlar simultáneamente dos o más ejes de la mesa de trabajo, casi siempre se requiere operador para cambiar las fresas y montar y desmontar las piezas de trabajo, (Ver figura 253).

Figura 253. Máquina Fresadora CNC.



Fuente: Extraído de <http://marscnc.com>.

1.3. Operaciones de fresado. El fresado es una operación de maquinado en el cual se utiliza un cortador o herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples dientes o filos cortantes (en algunos casos se usan con un solo filo), que gira a alta velocidad y que avanza lentamente frente a la pieza de trabajo. Dado que la mayoría de las veces hay varios dientes realizando la operación y por ende en contacto con la superficie de la pieza es posible obtener una alta velocidad de remoción de material, pero es evidente que las fuerzas son varias veces mayores que en el corte en un solo punto sin embargo la duración de la herramienta es más prolongada debido a su mayor número de dientes puesto que cada uno de ellos dura solo un pequeño periodo de tiempo ejecutando el trabajo.

La máquina herramienta que ejecuta tradicionalmente esta operación se conoce como fresadora, y en esta, se pueden utilizar diferentes tipos de fresas obteniendo a su vez diversas formas de operación, haciendo que este tipo de maquinado sea más versátil y ampliamente usado. Los tipos de operaciones de fresado más comunes son los siguientes:

➤ **Planeado:**

Es la aplicación más frecuente de fresado, que tiene por objetivo conseguir superficies planas. Para el planeado se utilizan generalmente fresas de planear de plaquitas intercambiables.

➤ **Fresado en Escuadra:**

El fresado en escuadra es una variante del planeado que consiste en dejar escalones perpendiculares en la pieza que se mecaniza.

➤ **Cubicaje:**

La operación de cubicaje es muy común en fresadoras verticales u horizontales y consiste en preparar los tarugos de metal en las dimensiones cúbicas adecuadas para operaciones posteriores.

➤ Corte:

Una de las operaciones iniciales del mecanizado que hay que realizar consiste muchas veces en cortar las piezas a la longitud determinada partiendo de barras y perfiles comerciales de una longitud mayor.

➤ Ranurado:

Como su nombre lo indica esta operación genera una ranura en una pieza, este tipo de ranurado se puede dividir en tres:

✓ Ranurado Recto:

Para el fresado de ranuras rectas se utilizan generalmente fresas cilíndricas con la anchura de la ranura. Al montaje de varias fresas cilíndricas se le denomina tren de fresas o fresas compuestas.

✓ Ranurado de Forma:

Se utilizan fresas de la forma adecuada a la ranura, que puede ser en forma de T.

✓ Ranurado de Chaveteros:

Se utilizan fresas cilíndricas con mango, con las que se puede avanzar el corte tanto en dirección perpendicular a su eje como paralela a este.

➤ Copiado:

Para el fresado en copiado se utilizan fresas con plaquitas de perfil redondo a fin de poder realizar operaciones de mecanizado en orografías y perfiles de caras cambiantes.

➤ Fresado de Cavidades:

En este tipo de operaciones es recomendable realizar un taladro previo y a partir del mismo y con fresas adecuadas abordar el mecanizado de la cavidad.

➤ Torno-Fresado:

Este tipo de mecanizado utiliza la interpolación circular en fresadoras de control numérico y sirve tanto para el torneado de agujeros de precisión como para el torneado exterior.

➤ Fresado de Roscas:

El fresado de roscas requiere una fresadora capaz de realizar interpolación helicoidal simultánea en dos ejes: la rotación de la pieza respecto al eje de la hélice de la rosca y la traslación de la pieza en la dirección de dicho eje.

➤ Fresado Frontal:

Consiste en el fresado que se realiza con fresas helicoidales cilíndricas que atacan frontalmente la operación de fresado.

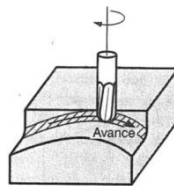
➤ Fresado de Engranajes:

El fresado de engranajes ya casi no se realiza en fresadoras universales mediante el plato divisor, sino que se hacen en máquinas especiales llamadas talladoras de engranajes.

➤ Contorneado Superficial:

El fresado de contorno de superficies se realiza con una fresa de contorno de bola, en vez de una cuadrada, la cual se hace avanzar hacia adelante y hacia atrás, y hacia un lado y otro del área de trabajo, a lo largo de una trayectoria curvilínea a pequeños intervalos para crear una superficie tridimensional. Para este caso la Fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones modelo XG 610-NC, en la mecanización de las pistas de las juntas fijas, realizará esta operación de fresado, (figura 254).

Figura 254. Contorneado Superficial.



FUENTE: Extraído de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover

1.4 Herramienta de corte: fresa. Las fresas son herramientas de corte de forma, material y dimensiones muy variadas de acuerdo con el tipo de fresado que se quiera realizar. Una fresa está determinada por su diámetro, su forma, material constituyente, números de labios o dientes que tenga y el sistema de sujeción a la máquina.

Las fresas van provistas en su periferia, o también en su cara frontal, de dientes o de cuchillas. Estas tienen la ventaja sobre los otros tipos de herramientas de corte de que no se calienten tanto y que tampoco pierden los filos de corte tan rápidamente. Cada filo está cortando nada más que una fracción del tiempo que dura su revolución y durante el resto del tiempo se vuelve a enfriar.

En general, los materiales más duros en los filos de corte permiten utilizar mayores velocidades de corte, pero al ser menos tenaces, exigen una velocidad de avance menor. El número de labios o plaquitas de las fresas dependen de su diámetro, de la cantidad de viruta que debe arrancar, de la dureza del material y del tipo de fresa, y los ángulos de filo dependen del tipo de fresado, del material a trabajar y del tipo del trabajo. Entre mayor sea el diámetro de la fresa es más viable el uso de plaquitas intercambiables, (Ver figura 255).

Figura 255. Fresa.



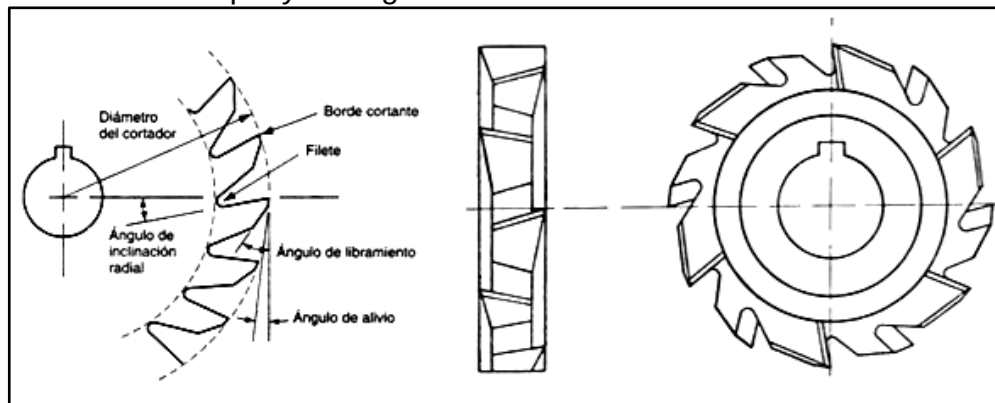
Fuente: Extraído del Catalogo SANDVIK de Fresado.

La clasificación de las fresas está profundamente relacionada con las operaciones de fresado que ya se describieron anteriormente, los tipos principales de fresas son las siguientes:

➤ Para Fresados Simples:

Se utilizan en el fresado periférico y de placas (Ver figura 256), son de forma cilíndrica con algunas hileras con dientes.

Figura 256. Fresa Simple y Configuración Geométrica.



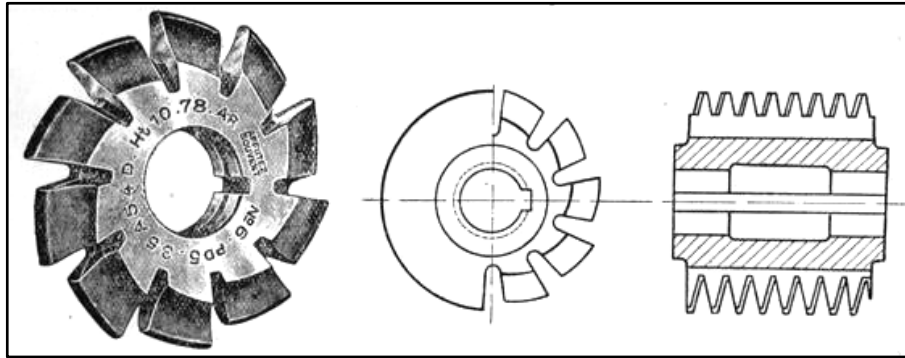
Fuente: Extraído de Práctica del Fresado, Antonio Bachs Pujol y de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover.

Los bordes de corte están generalmente orientados con un ángulo helicoidal para reducir el impacto de cada diente a la entrada del trabajo, y a estas fresas se les conoce como fresas helicoidales.

➤ Para Fresados de Forma:

Estas fresas son usadas para el fresado periférico en el que los bordes de corte tienen un perfil especial que se le impartirá al trabajo. Una aplicación importante, es su utilización en la fabricación de engranajes, en donde la fresa tiene la geometría exacta para obtener los dientes de un engranaje, (Ver figura 257).

Figura 257. Fresa de Forma.

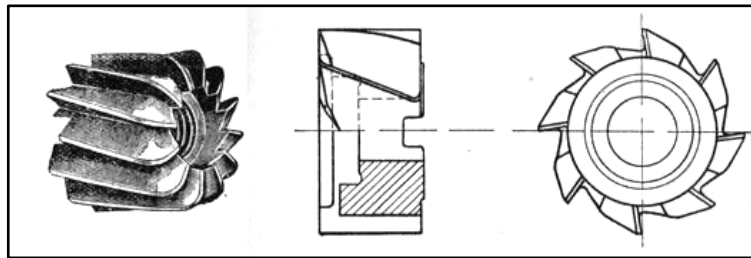


Fuente: Extraído de Práctica del Fresado, Antonio Bachs Pujol.

➤ Para Fresado Frontal:

Están diseñadas con dientes que cortan tanto en el lado lateral como en la periferia de la fresa y su eje de rotación se encuentra perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo, (Ver figura 258).

Figura 258. Fresa Frontal.

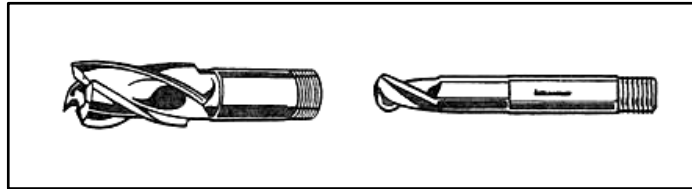


Fuente: Extraído de Práctica del Fresado, Antonio Bachs Pujol.

➤ Para Fresado Terminal:

Tiene la apariencia de una broca, sin embargo, una observación más minuciosa muestra que está diseñada para el corte primario con sus dientes en la periferia en lugar de en sus extremos, como lo realiza la broca. Están constituidas por un vástago y un extremo cortante, el cual puede ser cuadrado, con radios y en forma de bola. Las fresadoras terminales pueden utilizarse para fresado frontal, de perfiles, de ranuras, grabado o copiado y contorneado superficial (el de interés), (Ver figura 259).

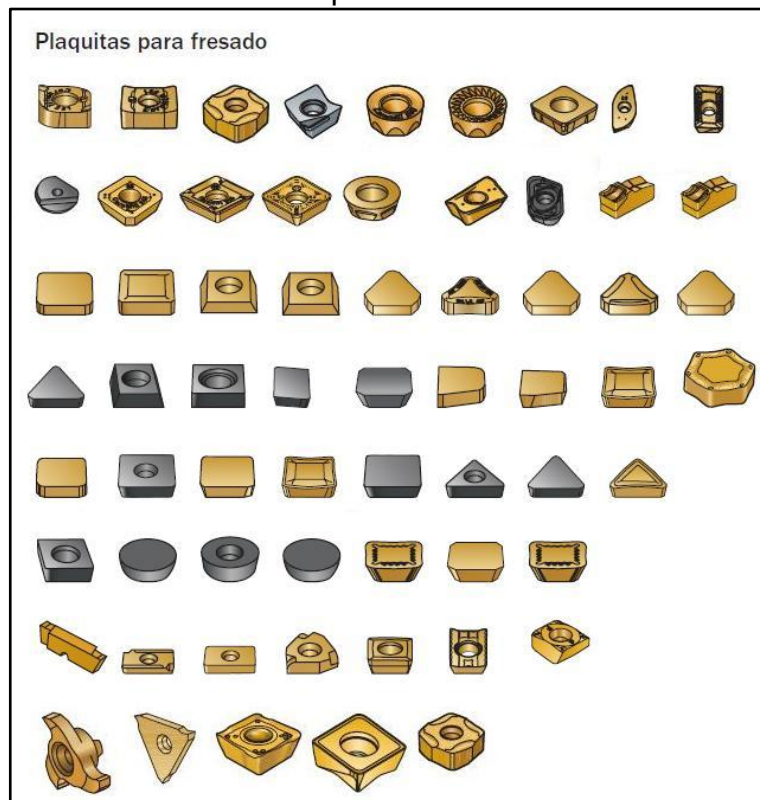
Figura 259. Fresa de Fresado Terminal.



Fuente: Extraído de Principios de Ingeniería de Manufactura, Chiles, Black, Lissaman, Martin.

1.5. Insertos para fresas. Los insertos para las herramientas de corte se utilizan ampliamente en el maquinado debido a que son económicos y adaptables a muchos tipos diferentes de operaciones de maquinado: el torneado, perforado, roscado, fresado e incluso taladrado. Se encuentran disponibles en una gran variedad de formas y tamaños y se aplican en una extensa variedad de situaciones de corte, en la práctica, (Ver figura 260).

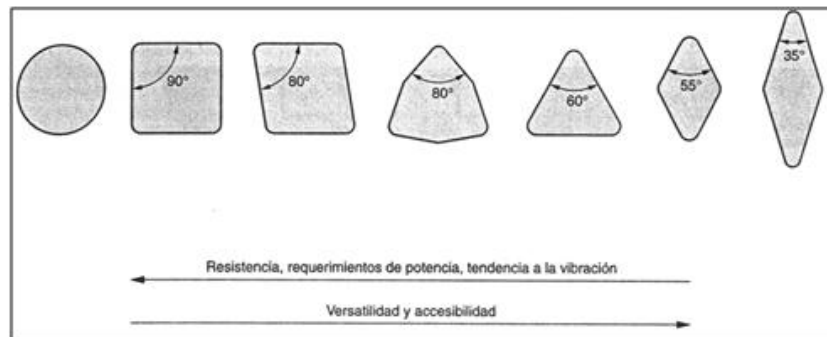
Figura 260. Insertos Intercambiables para Fresado



Fuente: Extraído del Catalogo SANDVIK de Fresado.

En general, se debe seleccionar la punta con mayor ángulo debido a su resistencia y economía. Los insertos redondos poseen puntas con ángulos mayores y radios de nariz también grandes debido sólo a su forma. Los insertos con puntas con ángulos mayores son inherentemente más resistentes y con menor probabilidad de que se tallen con viruta o se rompan durante el corte, y por ello son usadas por excelencia para la operación de desbaste, debido a que soporta altas profundidades; sin embargo, requieren más potencia y también están más expuestos a vibraciones. La ventaja, desde el punto de vista económico, de los insertos redondos es que pueden ser indexados un gran número de veces para más cortes por inserto. Los insertos cuadrados presentan cuatro bordes de corte, las formas triangulares tienen tres, mientras que la de forma de rombo tiene solamente dos. El tener menor número de bordes representa una desventaja en costo. Si se puede utilizar ambos lados del inserto, entonces el número de bordes de corte se duplica, (Ver figura 261).

Figura 261. Formas de Insertos Intercambiables



Fuente: Extraído de Fundamentos de Manufactura Moderna, Mikell P. Groover

Las formas en rombo se utilizan, especialmente con ángulos muy cerrados, debido a su versatilidad y accesibilidad cuando se va a llevar a cabo una gran variedad de operaciones. Estas formas se usan para la operación de acabado debido a su baja potencia requerida que produce menos vibraciones, haciendo que la superficie quede con buen terminado superficial.

ANEXO B. DATOS TÉCNICOS BOMBA HIDRÁULICA.

Technical Data (For operation outside these parameters, please consult us!)						
General						
Construction		Variable vane pump				
Type		V4				
Mounting		Flange mounting				
Connections		Threaded or flanged, dependent on size of unit				
Installation position		Optional, preferably horizontal (see page 8)				
Shaft loading		Radial and axial forces cannot be accepted				
Direction of rotation		Clockwise (viewed on shaft end)				
Speed range		n_{min} bis n_{max}	min^{-1}	900 to 1800		
Size			20	32	50	80 125
Drive power ($n = 1450 \text{ min}^{-1}$)		P_{eff}	kW	8,5	14,5	23 32 53
Torque		T_{max}	Nm	228	294	510 510 1330
Weight (with pressure control C1) m		kg	23,5	31	42,8	56 98
Hydraulic						
Size			20	32	50	80 125
Displacement		V_{eff}	cm^3	20,7	34,5	55,2 82,8 127,6
Max. flow		Q	L/min	29	46,4	72,5 116 181
(at $n = 1450 \text{ min}^{-1}$; $p = 10 \text{ bar}$)						
Nominal pressure		p_n	bar	160		
Operating pressure (absolute)						
Inlet		p	bar	0,8 to 2,5		
Outlet		p	bar	up to 160		
optimum adjustable stall pressure range		p_{stall}	bar	40 to 160 ¹⁾		
Leakage outlet, max		p	bar	2		
Fluid		HLP-mineral oils to DIN 51 524 part 2 or HM and HV to ISO 6874; phosphate-ester (HFD-R) Please observe the specifications in our data sheet RE 07 075!				
Fluid temperature range		$^{\circ}C$	-10 to +70 (note permissible viscosity range)			
Viscosity range		ν	mm^2/s	16 to 160 at operating temperature and stall pressure < 63 bar 25 to 160 at operating temperature and stall pressure > 63 bar max. 800 when starting under flow conditions max. 200 when starting at zero flow (stalled)		
Fluid cleanliness		Max. permissible degree of contamination of fluid to NAS 1638 Class 9. We therefore recommend a filter of a minimum retention rate of $\beta_{25} \geq 75$. In order to achieve a longer service life, we recommend fluid cleanliness to NAS 1638 Class 8. For this, we recommend a filter with a minimum retention rate of $\beta_{10} \geq 100$.				
¹⁾ for stall pressure < 40 bar required, please consult us						

ANEXO C. ESPECIFICACIONES DEL ACEITE HIDRÁULICO ISO 68.

Catálogo de productos



PRODUCTO: ACEITE TURBINAS R & O ISO 46 - ISO 68

CARACTERÍSTICAS

Los Aceites turbinas R & O ISO 46 - ISO 68, son lubricantes de calidad PREMIUM, elaborados con bases parafínicas con muy alto proceso de refinación y una muy buena mezcla de aditivos con propiedades inhibidoras de herrumbre, oxidación desgaste y supresores de espuma.

FUNCIONES

Los Aceites turbinas R & O ISO 46 - ISO 68, por la excelente calidad de los aditivos que contienen, tienen una larga vida útil de servicio sin la presencia de oxidación o corrosión.

APLICACIONES

Los aceites turbinas están recomendados para turbinas hidroeléctricas, turbinas a vapor, generadores de turbinas (Gas), compresores de aire, sistemas hidráulicos, cojinetes de motores eléctricos, engranajes de alta velocidad

BENEFICIOS PARA EL USUARIO

- Protección contra la oxidación, corrosión y la herrumbre
- Excelente liberación de aire de los sistemas
- Excelente demulsibilidad
- Larga vida útil del lubricante.

ANÁLISIS QUÍMICO	NORMA	ISO 46	ISO 68
Color		Ambar	Ambar
Grado AGMA		1	2
Gravedad API		32.2	30
Viscosidad Cinemática a 40°C, (cSt), Min.	ASTM D 445	41.4	61.2
Viscosidad Cinemática a 40°C, (cSt), Máx.	ASTM D 445	50.8	74.8
Índice de Viscosidad, Min.	ASTM D 2270	90	90
Punto de Inflamación, °C (°F), Min.	ASTM D 92	185 (392)	195 (428)
Número Total de Ácido TAN, (mg KOH/g)	ASTM D 664	0.50	0.50
Corrosión a la Lámina de Cobre, Máx.	ASTM D 130	1b	1b
Determinación del Volumen de Espuma, (ml), Máx.	ASTM D 892		
Secuencia I		10/0	10/0
Secuencia II		50/0	50/0
Secuencia III		10/0	10/0

ANEXO D. CARTA DEL MOTOR HIDRÁULICO.



OMV
Technical Information
Technical Data

Technical data for OMV, OMVW and OMVS

Type		OMV OMVW OMVS	OMV OMVW OMVS	OMV OMVW OMVS	OMV OMVW OMVS	OMV OMVW OMVS
Motor size		315	400	500	630	800
Geometric displacement	cm ³ [in ³]	314.5 [19.19]	400.9 [24.46]	499.6 [30.49]	629.1 [38.39]	801.8 [48.93]
Max. speed	min-1 [rpm]	cont.	510	500	400	315
		int. ¹⁾	630	600	480	300
Max. torque	Nm [lbf-in]	cont.	920 [8140]	1180 [10440]	1460 [12920]	1660 [14690]
		int. ¹⁾	1110 [9820]	1410 [12480]	1760 [15580]	2110 [18680]
Max. output	kW [hp]	cont.	42.5 [57.0]	53.5 [71.7]	53.5 [71.7]	48.0 [64.4]
		int. ¹⁾	51.0 [68.4]	64.0 [85.8]	64.0 [85.8]	56.0 [75.1]
Max. pressure drop	bar [psi]	cont.	200 [2900]	200 [2900]	200 [2900]	180 [2610]
		int. ¹⁾	240 [3480]	240 [3480]	240 [3480]	210 [3050]
		peak ²⁾	280 [4060]	280 [4060]	280 [4060]	240 [3480]
Max. oil flow	l/min [USgal/min]	cont.	160 [42.3]	200 [52.8]	200 [52.8]	200 [52.8]
		int. ¹⁾	200 [52.8]	240 [63.4]	240 [63.4]	240 [63.4]
Max. starting pressure with unloaded shaft	bar [psi]	8 [116]	8 [116]	8 [116]	8 [116]	8 [116]
Min. starting torque	at max. press. drop cont.	710	910	1130	1330	1510
	Nm [lbf-in]	[6280]	[8050]	[10000]	[11770]	[13360]
	at max. press. drop int. ¹⁾	850	1090	1360	1550	1700
	Nm [lbf-in]	[7520]	[9650]	[12040]	[13720]	[15050]

ANEXO E. RECIPIENTE DE LUBRICACIÓN VOGEL.

MFES gear pump unit with 3 or 6-liter metal reservoir



Order No.	Flow rate [l/min]	Reservoir capacity [liters]	Reservoir material	Order No. without float switch
MFES-BW3-2	0.5	3	die-cast aluminum	MFES-B3-2
MFES-BW7	0.5	6	sheet steel	MFES-B7

1) Port P tapped for solderless tube connection, M14x1.5 for 8 mm diam. tube.

2) Connection for cable 7 to 9 mm diameter
See page 3 for further technical details.

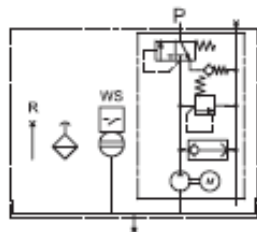
Technical data

Float switch (WS) for monitoring of minimum oil level

Type of contact	1 changeover
Max. switching voltage	230 V AC / 230 V DC
Max. switching current	1.0 A
Max. switching capacity	60 VA / 40 W +)
Type of enclosure	IP 65
Temperature range	-10 °C to +80 °C

+) Take appropriate measures to protect contacts when switching inductive loads.

Hydraulic layout for MFES-BW3-2

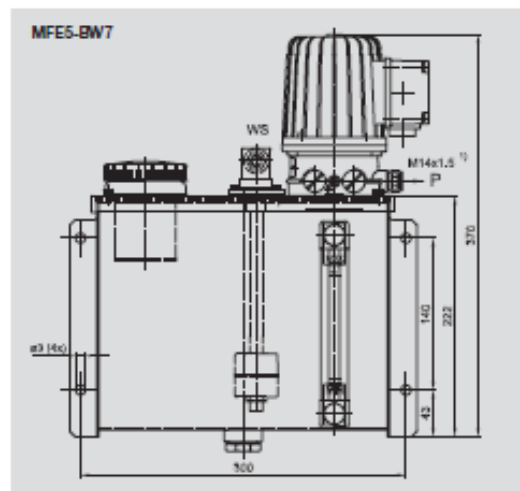
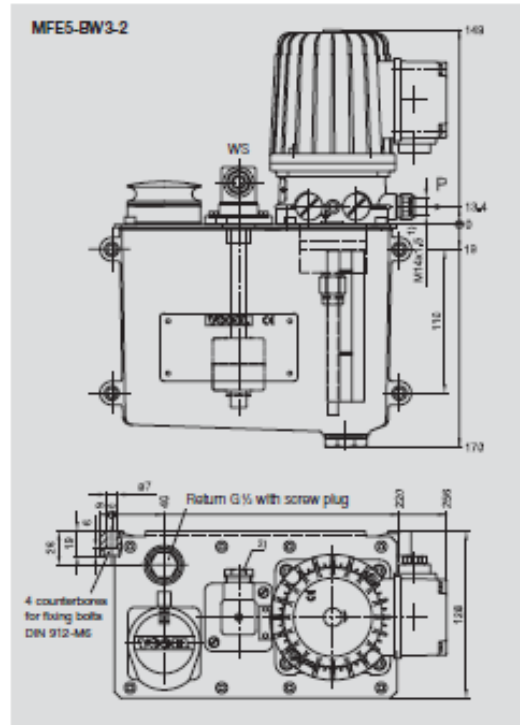
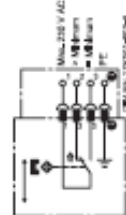


Circuit diagram float switch

Function:
When the oil drops to a minimum level, contact 1-2 opens and contact 1-3 closes.

With plug-type connector to DIN EN 175301-803

Depicted: full reservoir



ANEXO F. CATALOGO DE FRESADO - SANDVIK COROMANT 2009.

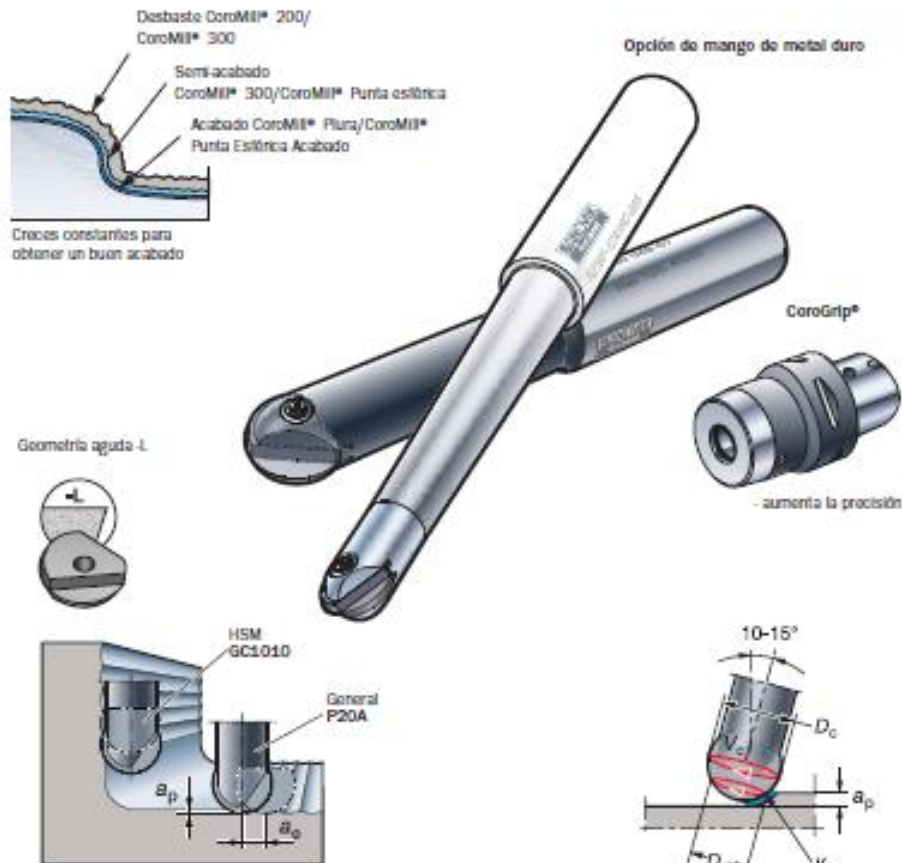
FRESADO	
Aplicaciones	
Fresado frontal, en escuadra y de ranuras	D4
Fresado de perfiles	D5
Productos	
Información general sobre herramientas	D6
Información general sobre plaquitas	D11
Fresa en escuadra 90°	
CoroMill® 690, filo largo	D64
CoroMill® 490, profundidad de corte pequeña	D60
CoroMill® 290, desbaste	D27
CoroMill® 390, fresado en escuadra profundo y superficial	D36
CoroMill® Century, mecanizado a alta velocidad	D21
CoroMill® 790, burladora para materiales no férricos	D67
CoroMill® 331, fresa de disco polivalente	D86
Sandvik AUTO-FS - acabado	D177
75° planeado	
Sandvik AUTO-AF - acabado	D174
65° planeado	
CoroMill® 350, desbaste de fundición y acero	D30
45° planeado	
CoroMill® 245, corte ligero	D16
Sandvik AUTO - Desbaste	D171
T-Max 45, fresa para mecanizado pesado	D163
10° fresa para planear y avance axial	
CoroMill® 210, desbaste con alta productividad	D62
Fresas para perfilar	
CoroMill® 300, semi-acabado de corte ligero	D74
CoroMill® 200, desbaste	D81
CoroMill® de punta esférica, fresa para semi-acabado	D67
CoroMill® de punta esférica, fresa para acabado excelente	D71
Fresa para ranurado interior y roscado	
CoroMill® 327, agujeros a partir de 10 mm	D105
CoroMill® 328, agujeros a partir de 30 mm	D112
Fresas para ranurar de metal duro entarzas	
CoroMill® Plura, acabado en desbaste	D117
CoroMill® Plura, fresa para roscar	D158
Otras fresas	
Fresa para operaciones tangenciales Coromant	D66
Fresa Coromant de filo largo para acabado	D60
Fresas para taladrar y ranurar U-Max®	D105
Fresas para achaflanar U-Max®	D166
Fresa AUTO para mandrinado de cilindros	D180
Fresas para ranurar T-MAX	D168
Fresa T-MAX Q	D104
Plaquetas ISO	D183
Llave dinamométrica	D190
Cuerpo soporte	D181
Datos de corte	D192
Información sobre calidades	D210

A	Fresado general	FRESADO Guía y selección de herramientas				
		Fresado frontal, en escuadra, perfilado y de ranuras				
B	Trazado y marcado	CoroMill® 200 Página D61	CoroMill® 300 Página D74	CoroMill® 210 Página D62	CoroMill® Punta esférica Página D67	Fresa CoroMill® para acabado de punta esférica Página D71
C	Resado	Profundidad de corte (a_p), mm 5 – 10 D_1 25 – 160 mm	0,7 – 8 D_1 10 – 125 mm	1,2 / 2 D_1 25 – 160 mm	8,6 – 44,6 D_1 5 – 25 mm	1,2 – 4,8 D_1 8 – 32 mm
D	Fresado	Material	P M K N S H	P M K N S H	P M K N S H	P M K N S H
			 **	 **	 ***	
		Planado	 ***	 ***	 ***	
			 *	 *	 **	
		Fresado en escuadra				
E	Machado		 **	 ***	 *	 ***
		Fresado de perfiles	 ***	 ***	 ***	 *
			 *	 **	 *	 *
G	Sierra en perpendicular	Fresado de ranuras				
		Otros	 *	 *	 **	 *
H	Machado o molienda	Continuación ...	*** = Muy buena	Planado general	 Fresado en escuadra repetido	
I	Información general	** = Buena	 Mecanizado discontinuo.	 Fresado en escuadra profundo		
		* = Aceptable	 Voladizos largos	 Recantado / contorneado		
		D 8				

Fresa CoroMill® para acabado de punta esférica

Fresa de punta esférica para acabado

Una fresa para un excelente acabado superficial



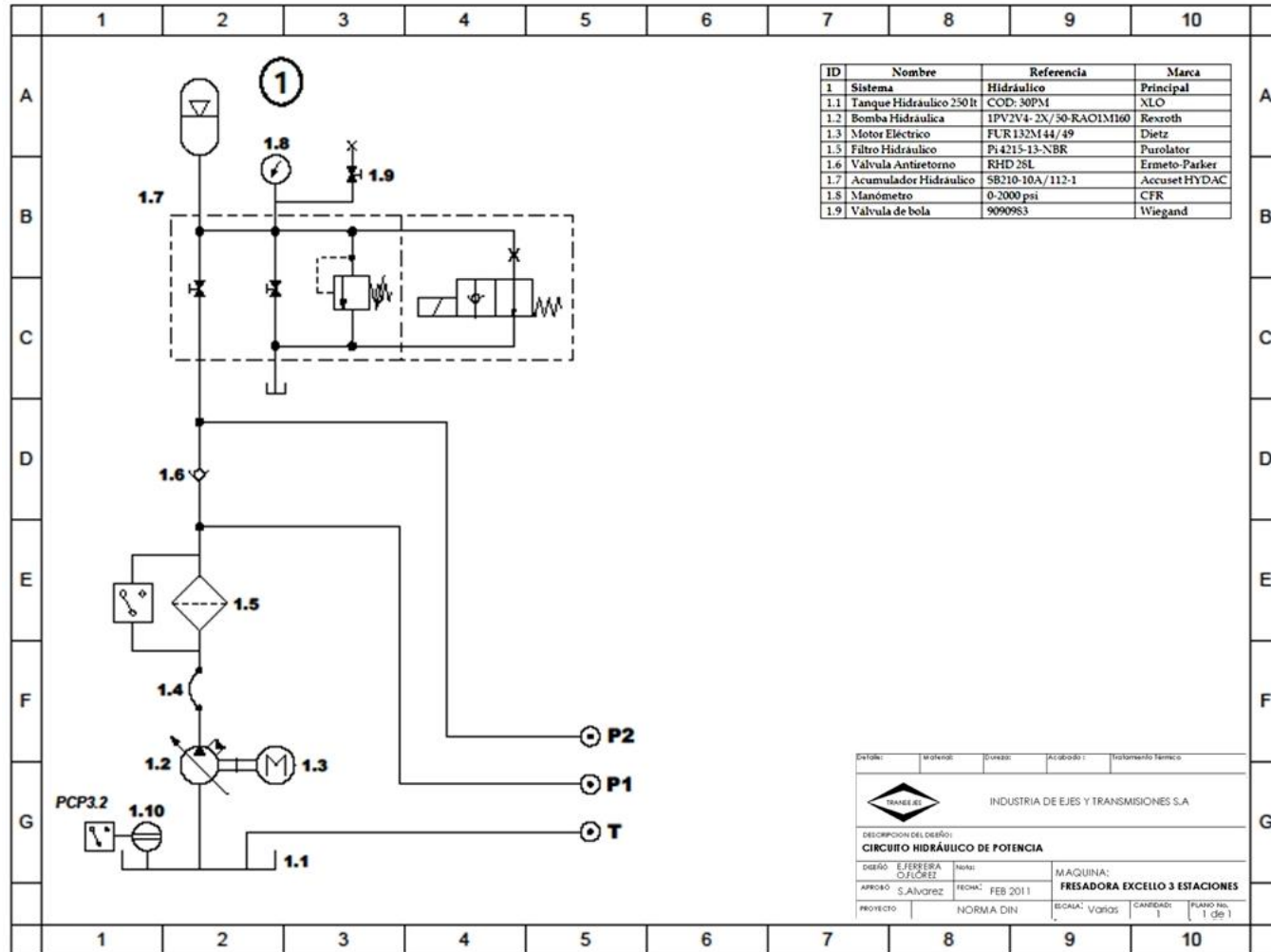
Utilice cortes superficiales, axiales y radiales, para producción segura. Calcule siempre la velocidad de corte real (v_c) según el diámetro de corte (d_c)

Áreas de aplicación ISO:

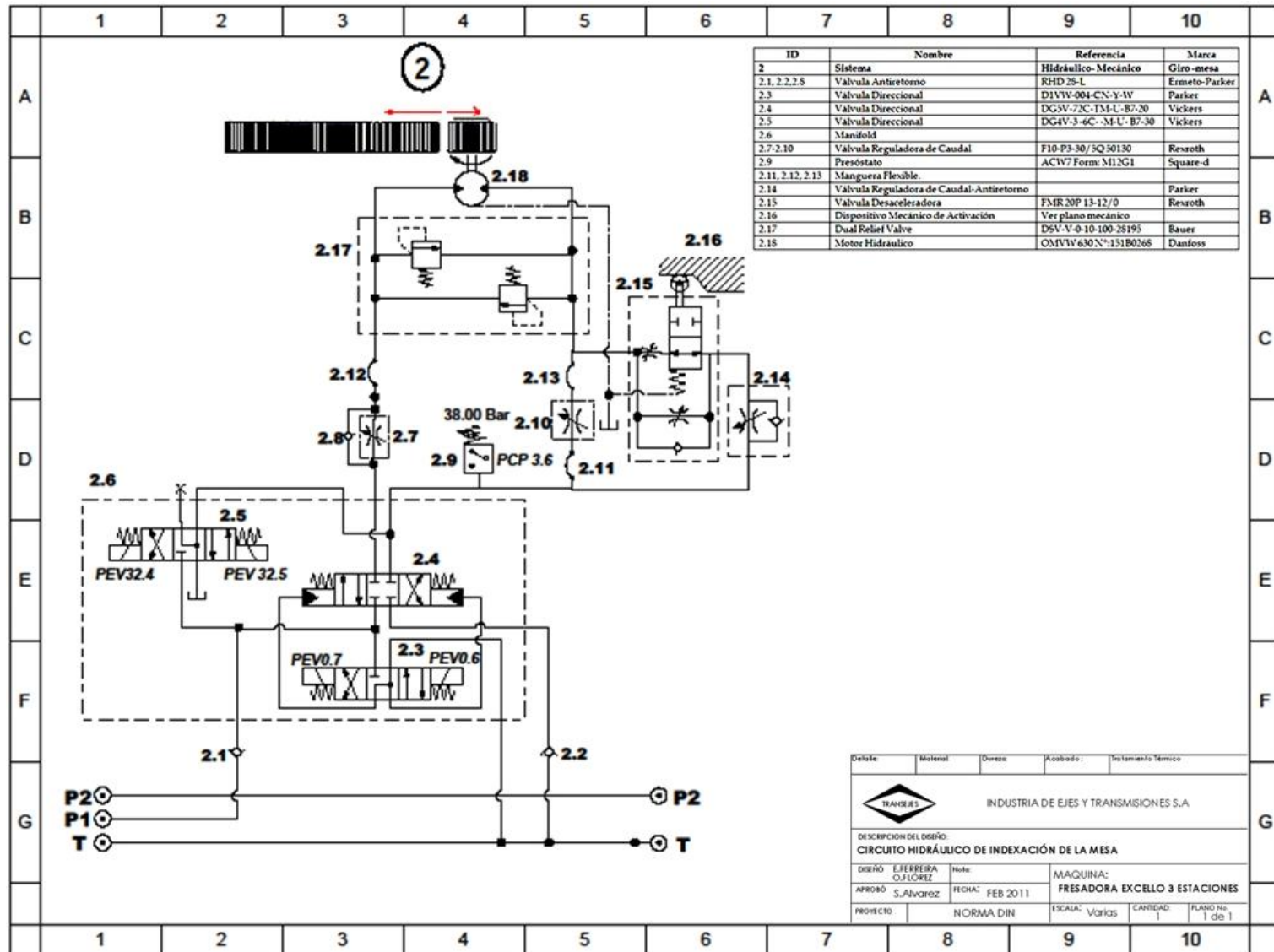


ANEXO G. PLANOS HIDRÁULICOS.

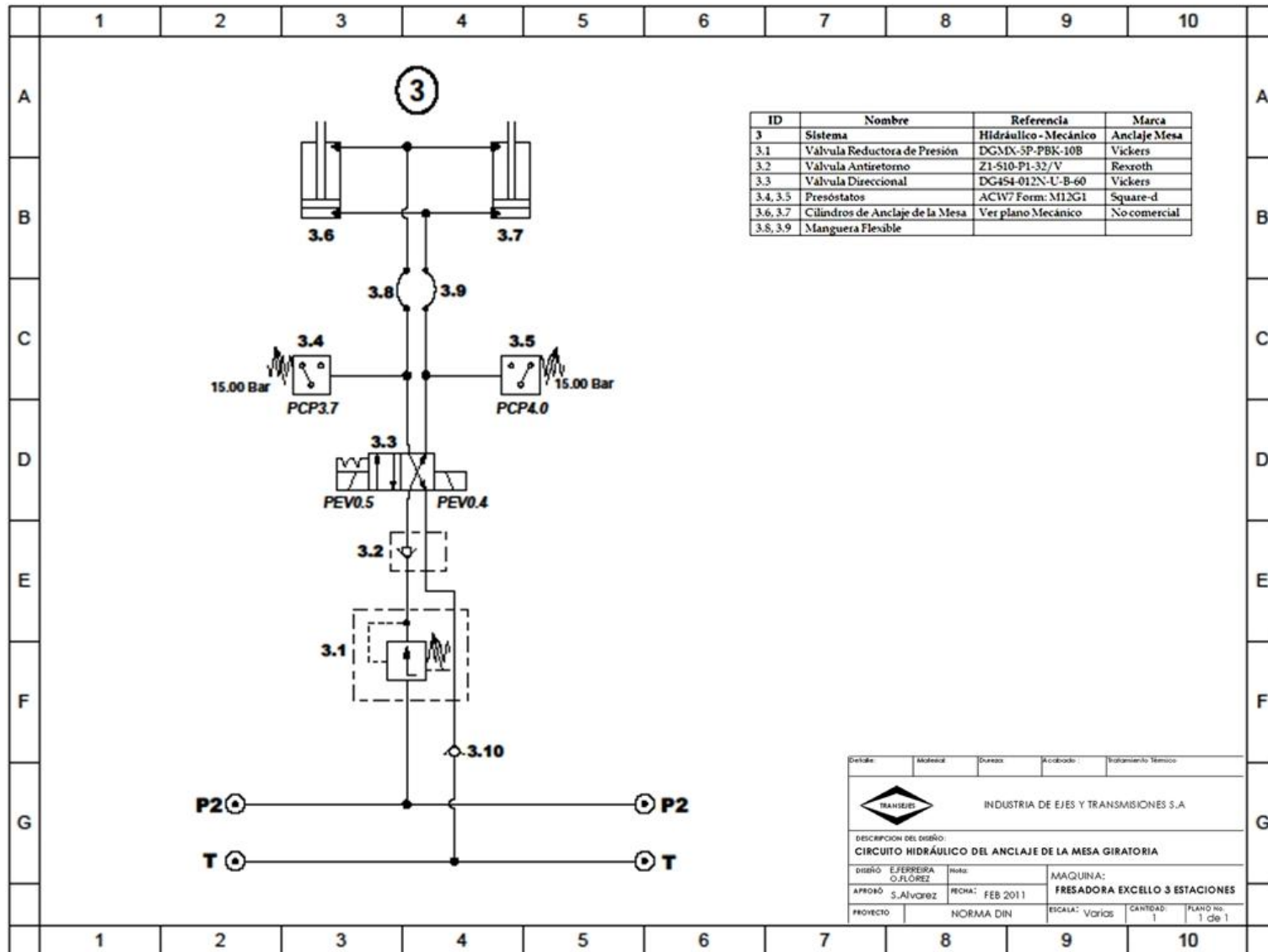
1. CIRCUITO HIDRÁULICO DE POTENCIA.



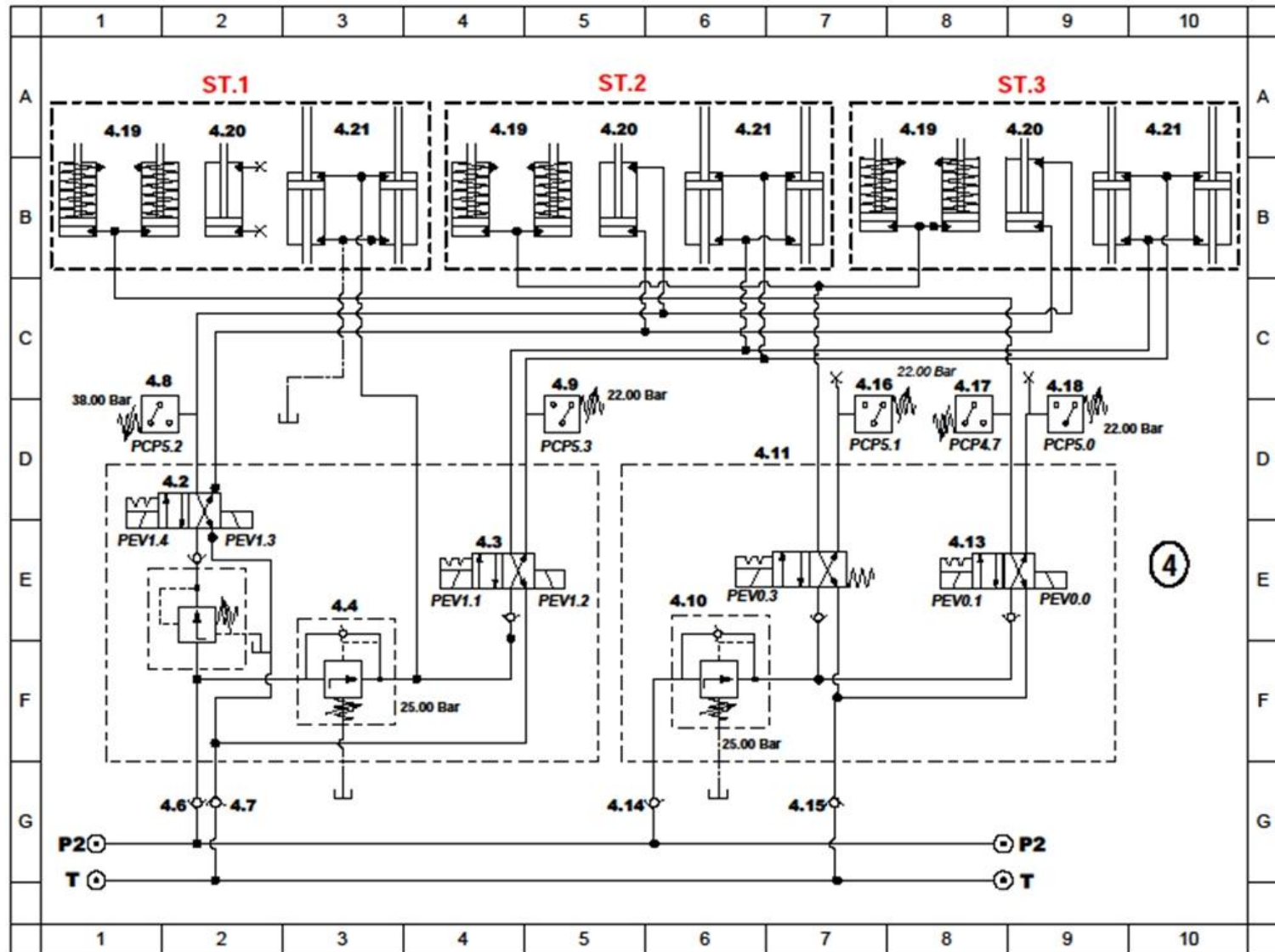
2. CIRCUITO HIDRÁULICO DE INDEXACIÓN DE LA MESA.



3. CIRCUITO HIDRÁULICO DE ANCLAJE DE LA MESA.



4. CIRCUITO HIDRÁULICO DE ANCLAJE DE LA MESA.

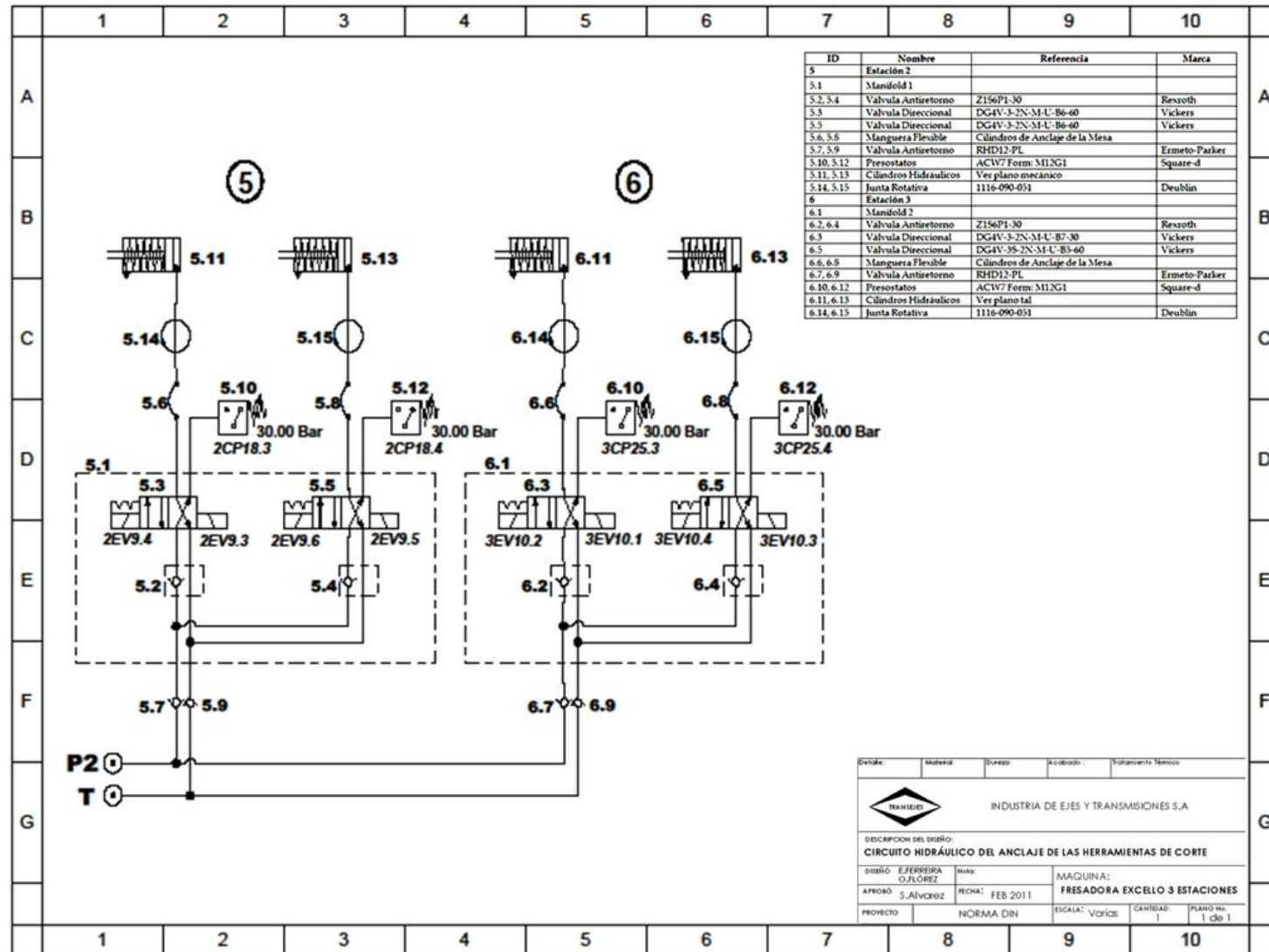


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A											A
B											B
C											C
D											D
E											E
F											F
G											G
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

ID	NOMBRE	REFERENCIA	MARCA
4	Sistema	Hidráulico - Mecánico	Módulos de Trabajo
4.1	Manifold		
4.2	Valvula Direccional	DG4V5-2N-MU-EK620	Vickers
4.3	Valvula Direccional	DG4V5-2N-MU-EK620	Vickers
4.4	Valvula Reductora de Presión	XCG2V6BK10	Vickers
4.5	Valvula Reductora de Presión	DGMX-5P-PBK-10B	Vickers
4.11	Manifold		
4.13	Valvula Direccional	DG4V5-2N-MU-EK620	Vickers
4.12	Valvula direccional	DG4S4-012A-U-D-60	Eaton-Vickers
4.10	Valvula Reductora de Presión	XCG2V6BK10	Vickers
4.6,4.7,4.14,4.15	Valvula Antiretorno	RHD-28L	Ermeto-Parker
4.20	Cilindro Hidráulico	MD-CCP-3LR14MC SR-NU49261-01	Parker
4.19,4.21	Cilindros No Comerciales	Ver Planos Mecánicos	
4.8,4.9,4.16,4.17,4.18	Presostatos	ACW7 Form: M12G1	Square-d

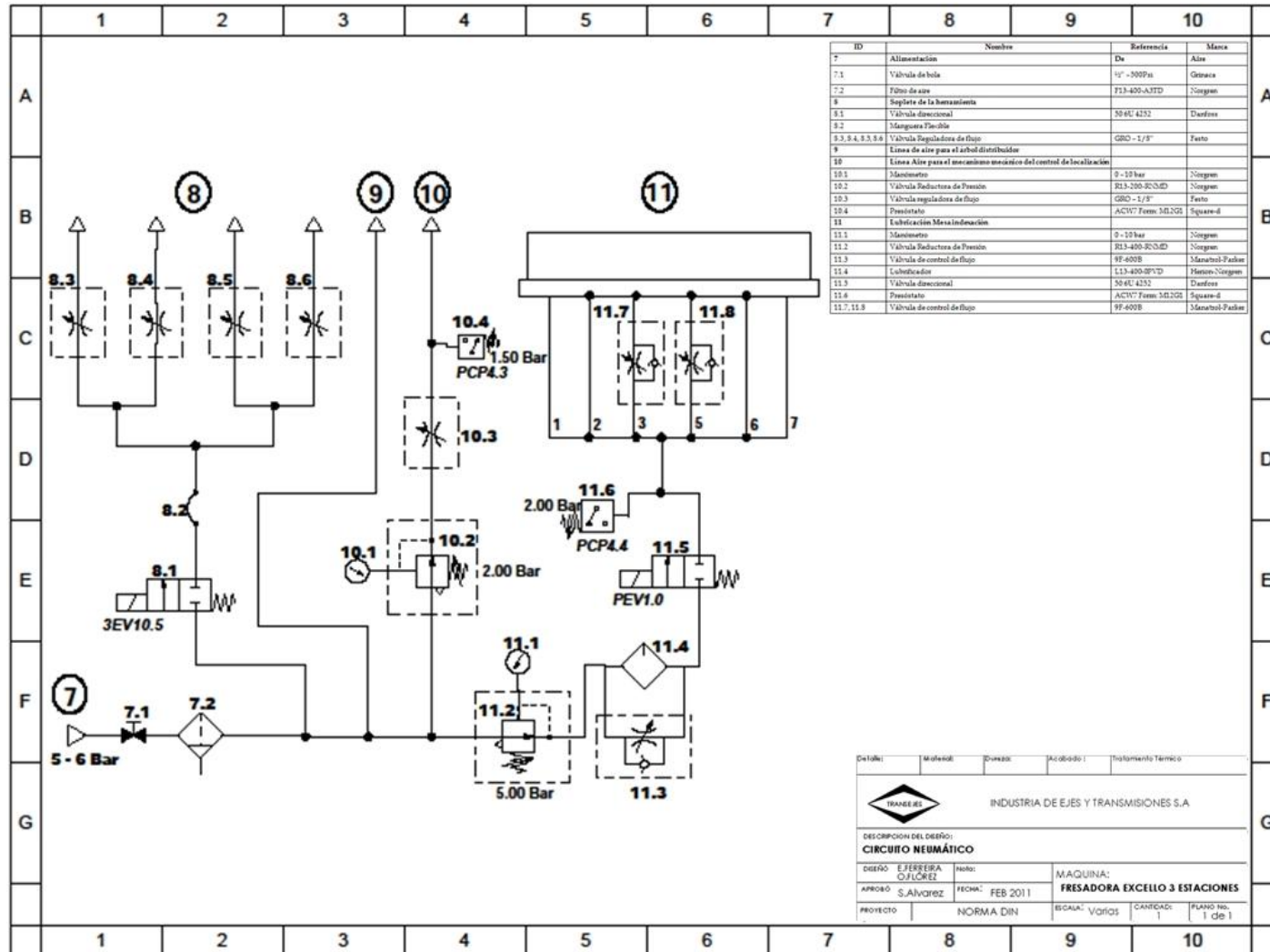
Detalle:	Asamblea	Diseño	Acabado	Tratamiento Térmico
 INDUSTRIA DE EJES Y TRANSMISIONES S.A.				
DESCRIPCION DEL DISEÑO:				
CIRCUITO DE HIDRÁULICO DE LOS MODULOS DE TRABAJO				
DISEÑO	E.FERRERA O.FLOREZ	Nota:	MAQUINA:	
APROBÓ	S.Alvarez	FECHA:	FEB 2011	FRESADORA EXCELO 3 ESTACIONES
PROYECTO	NORMA DIN		ESCALA:	Varios
			CANTIDAD:	1
			PLANO No:	2 de 2

5. CIRCUITO HIDRÁULICO DE ANCLAJE DE LA HERRAMIENTA.



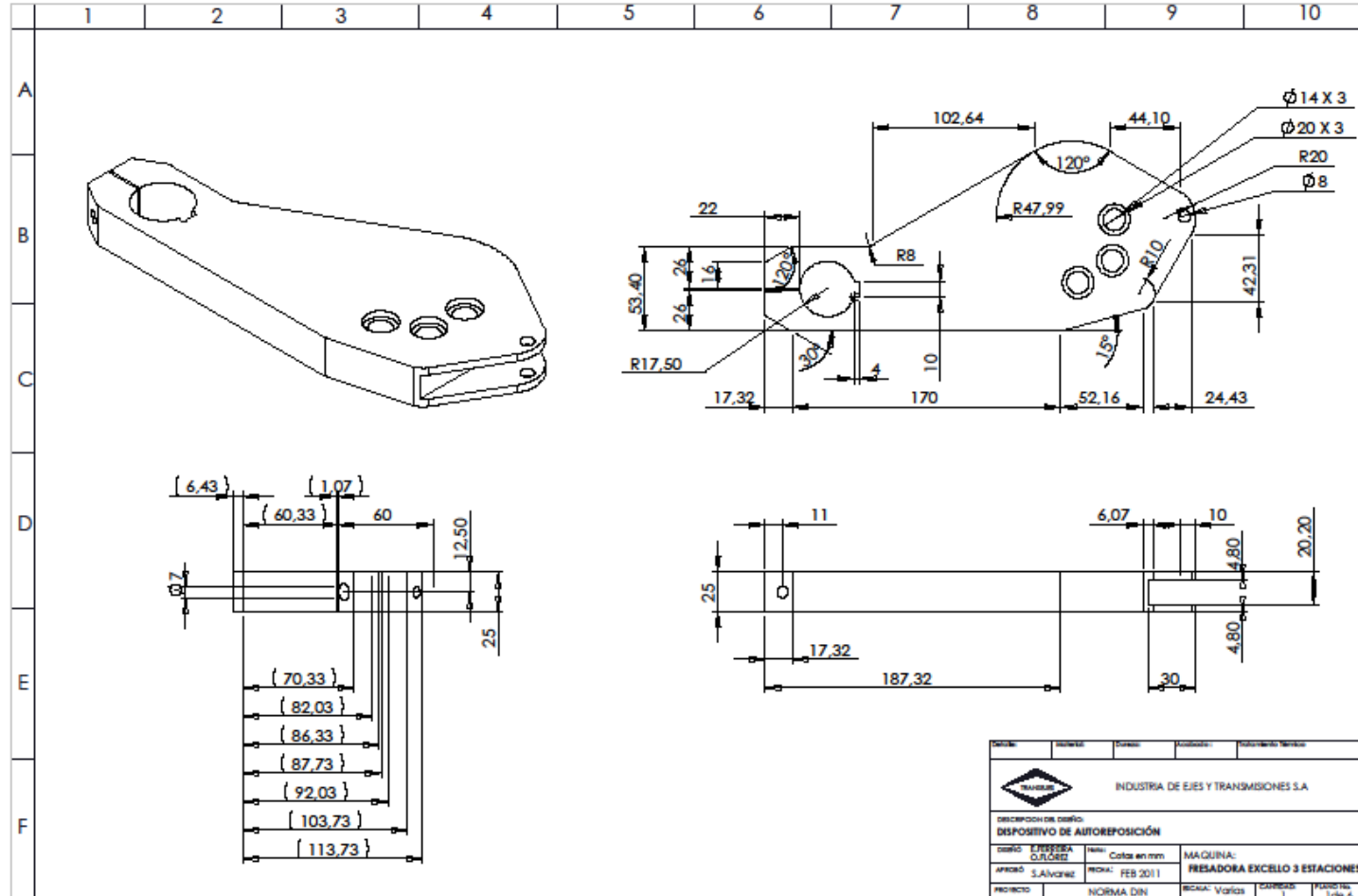
ANEXO H. PLANO NEUMÁTICO.

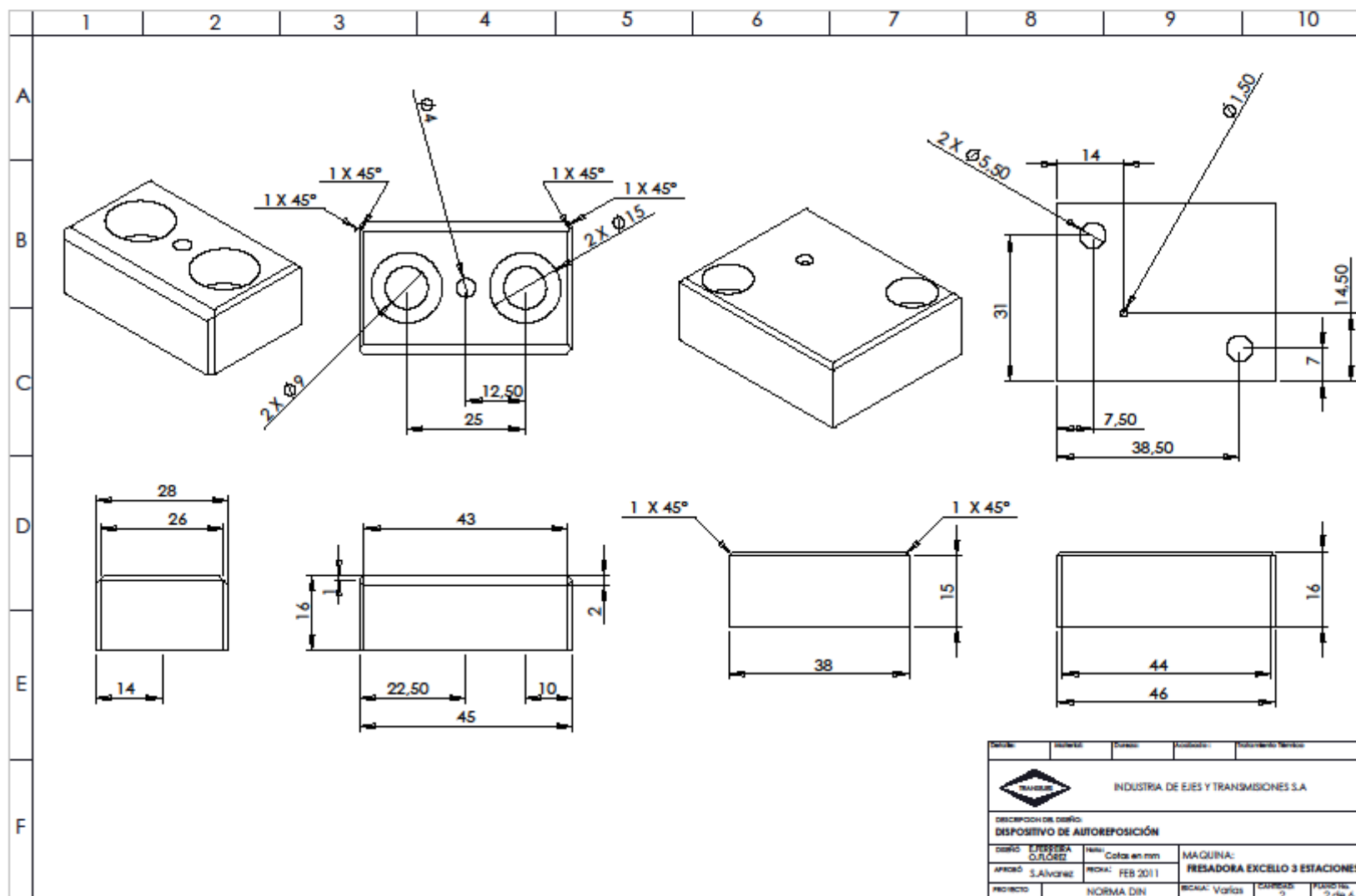
1. CIRCUITO NEUMÁTICO.

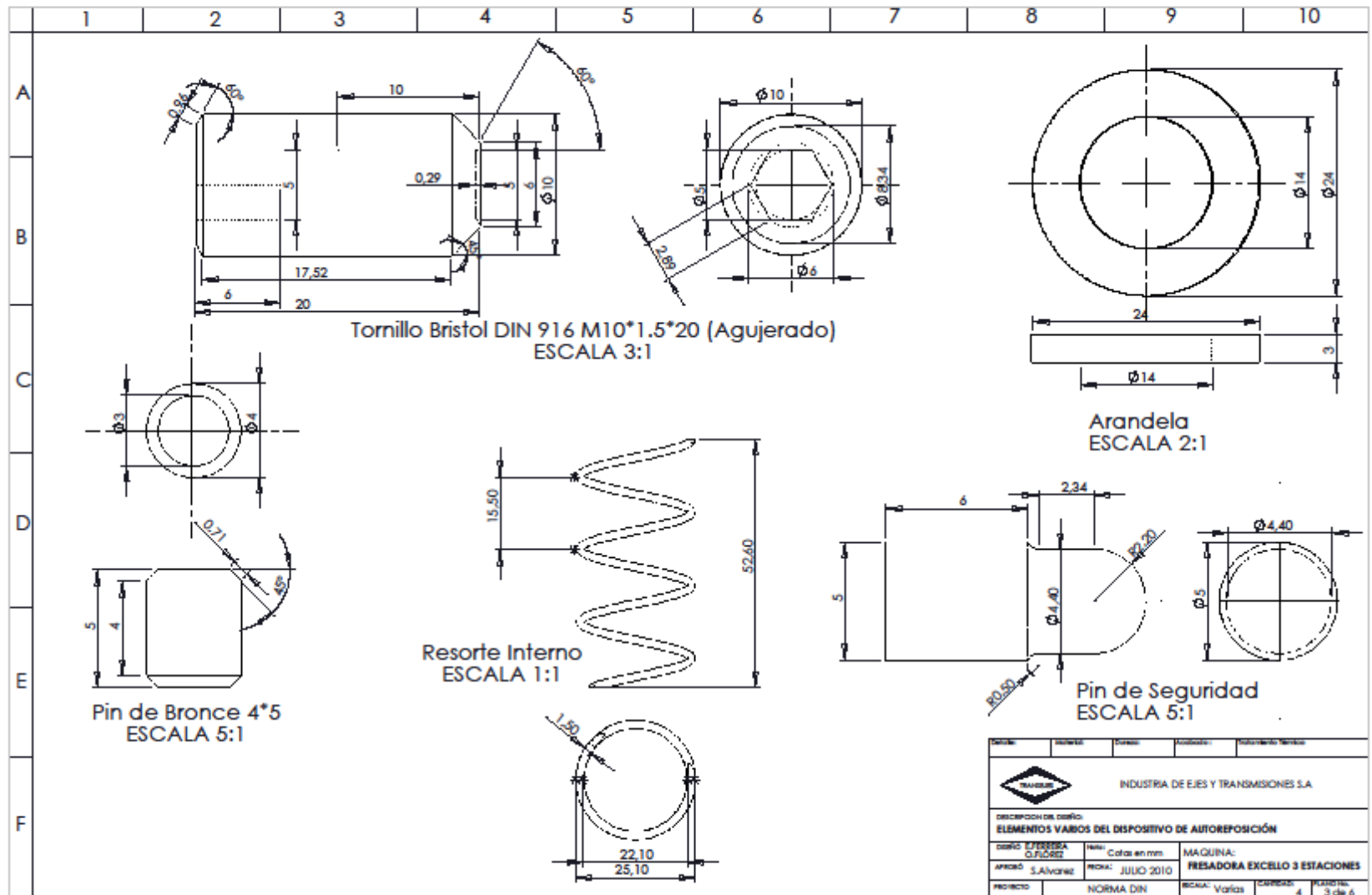


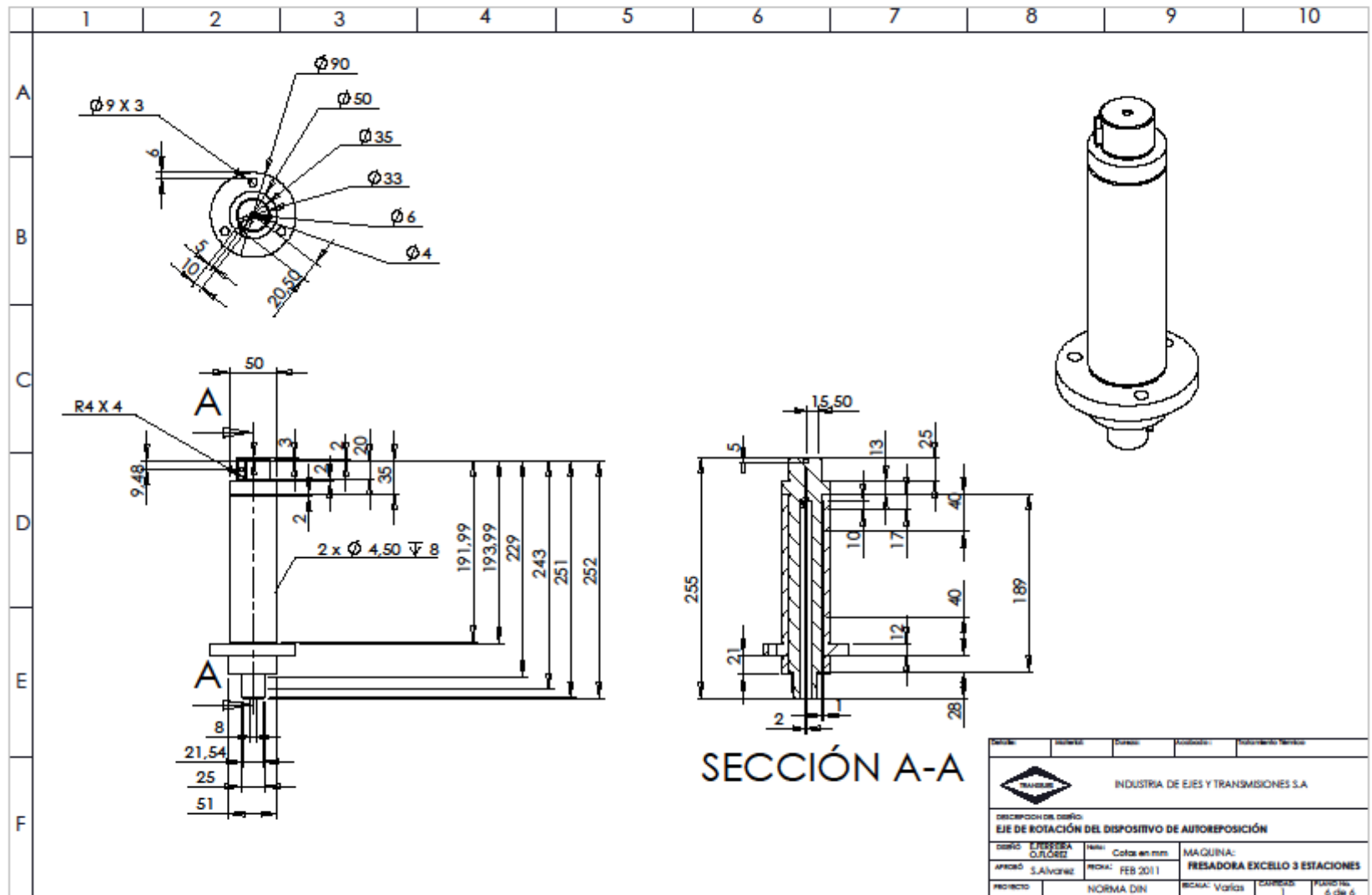
ANEXO I. PLANOS MECÁNICOS ELEMENTOS CRÍTICOS.

1. DISPOSITIVO DE AUTOREPOSICIÓN.

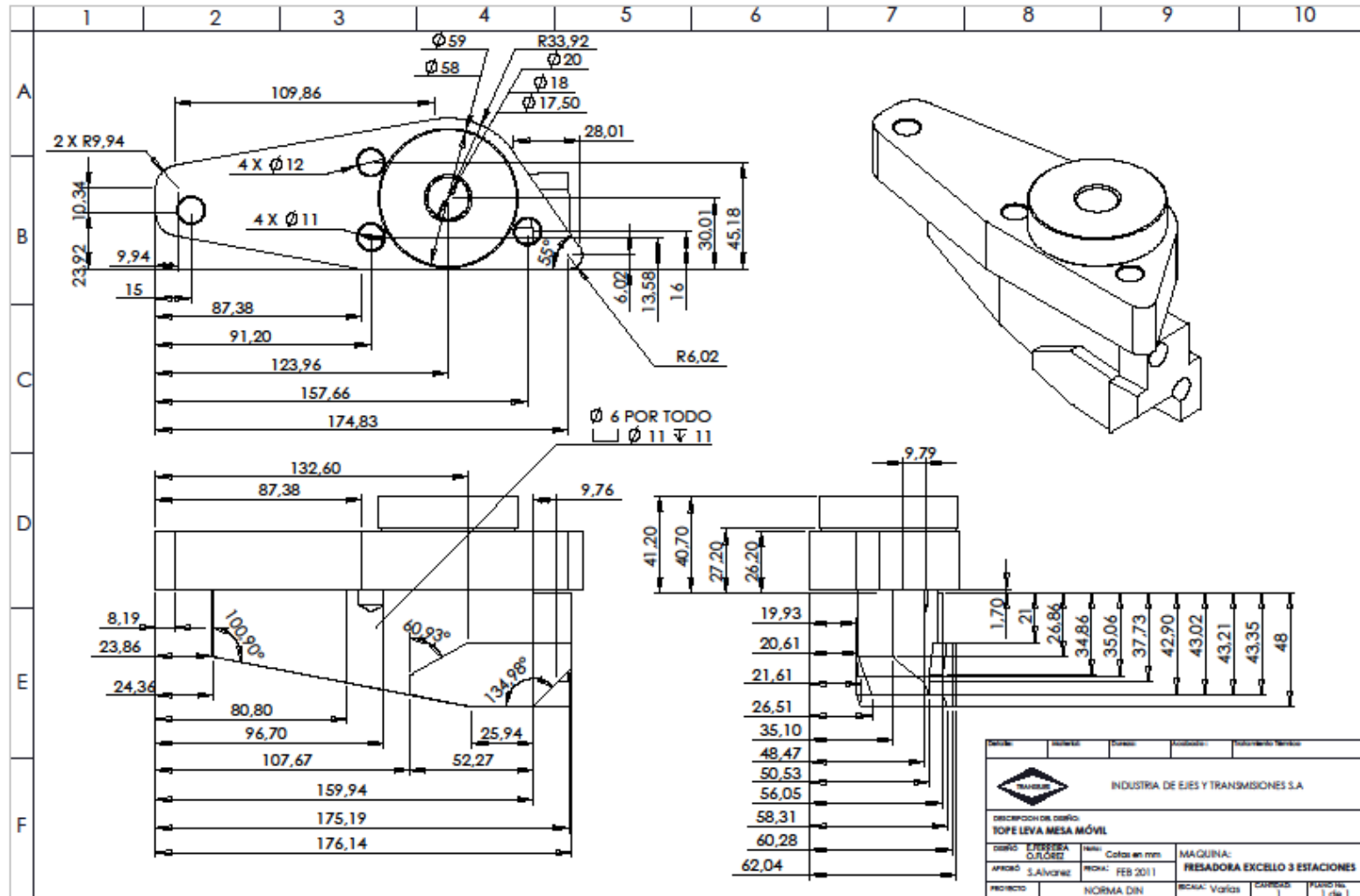




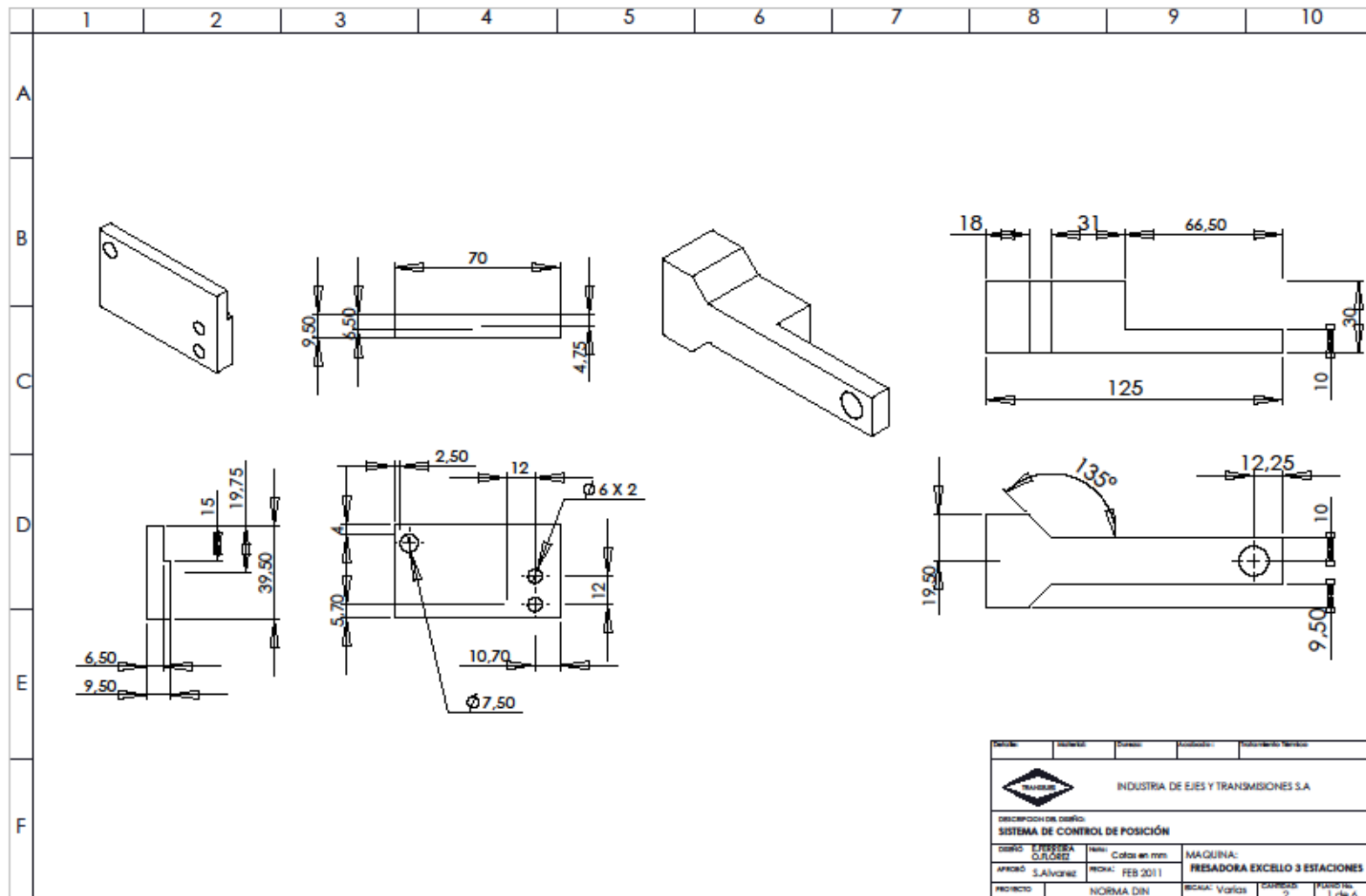


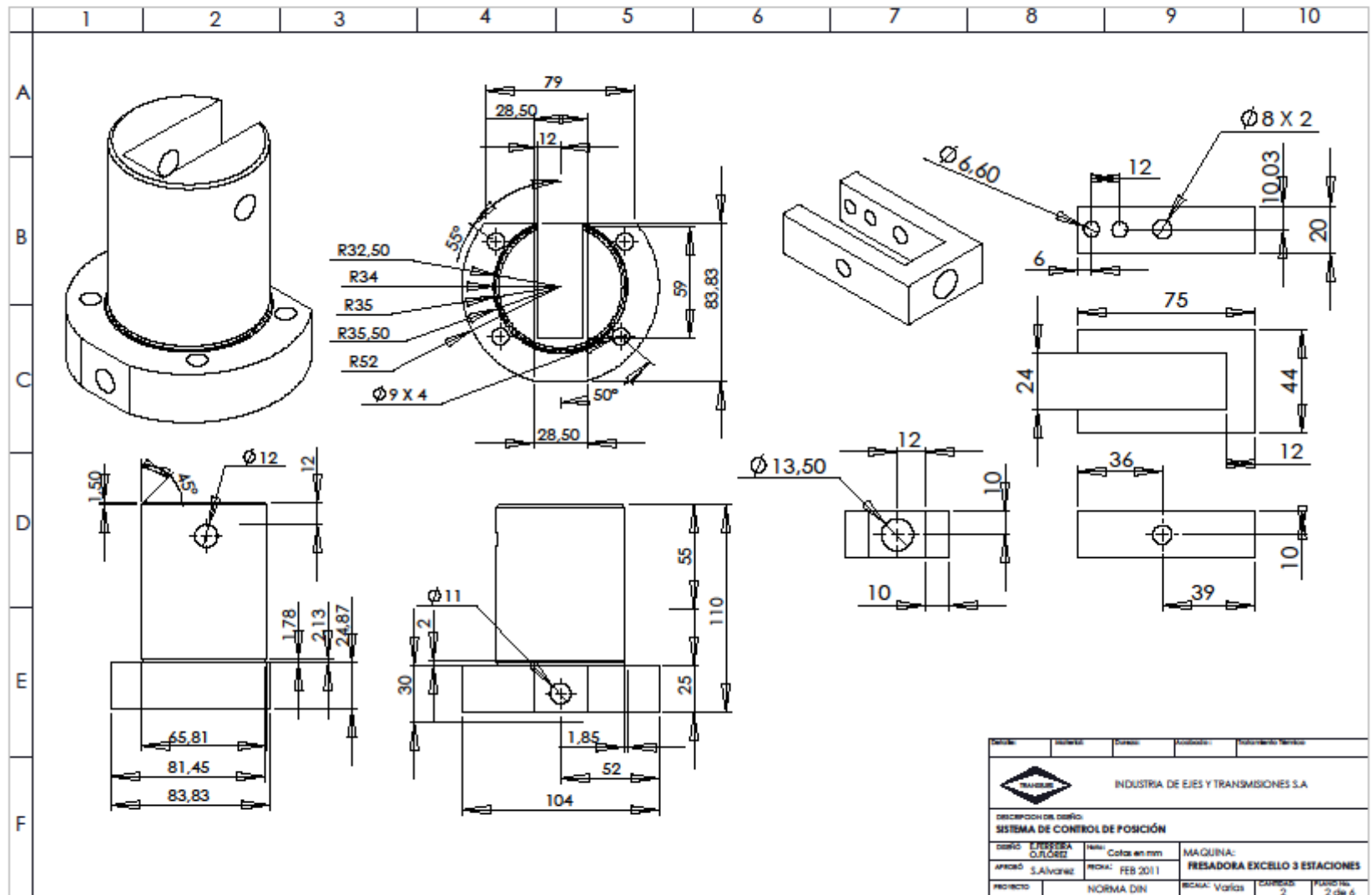


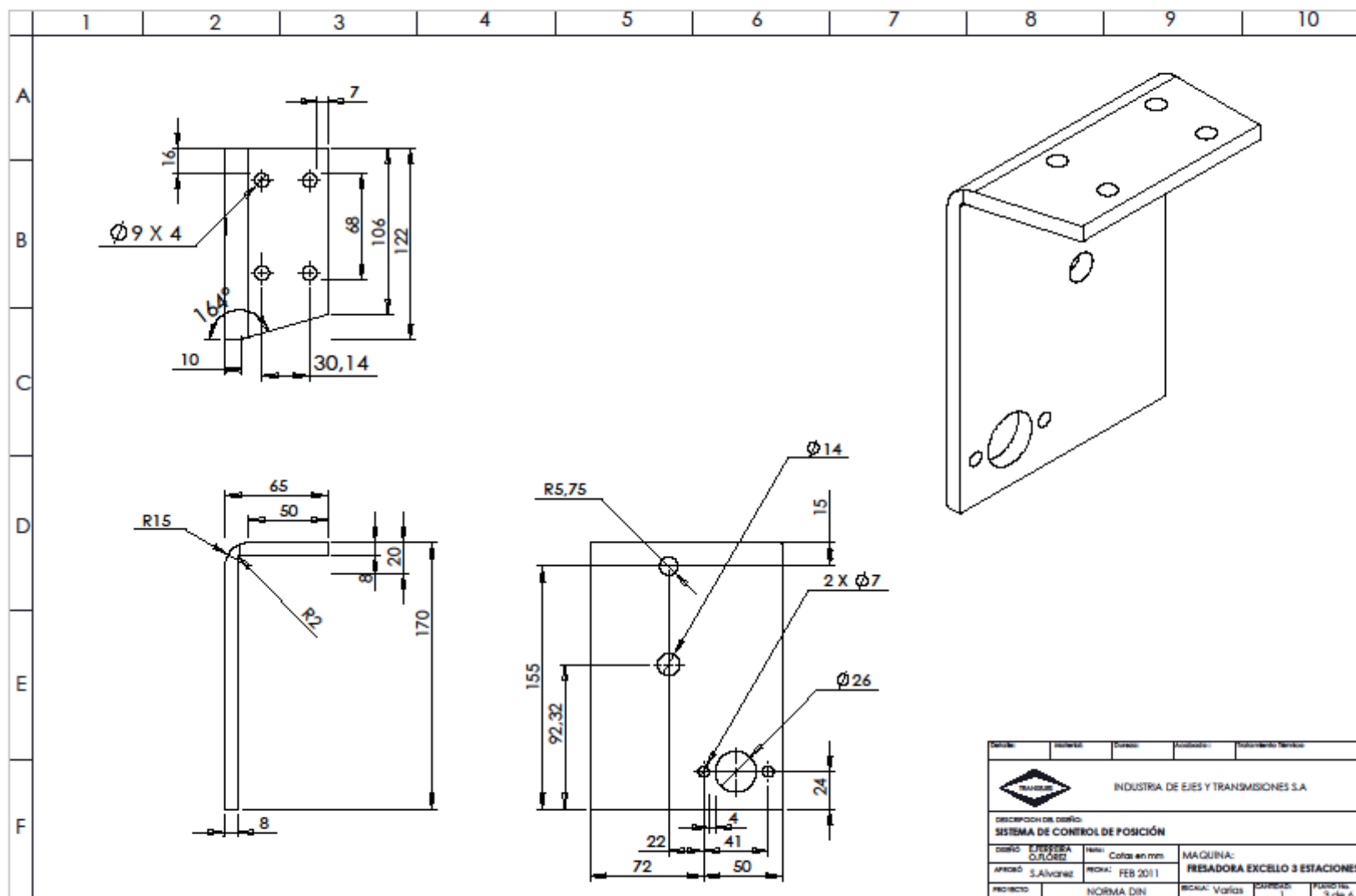
2. TOPE LEVA MESA MOVIL.

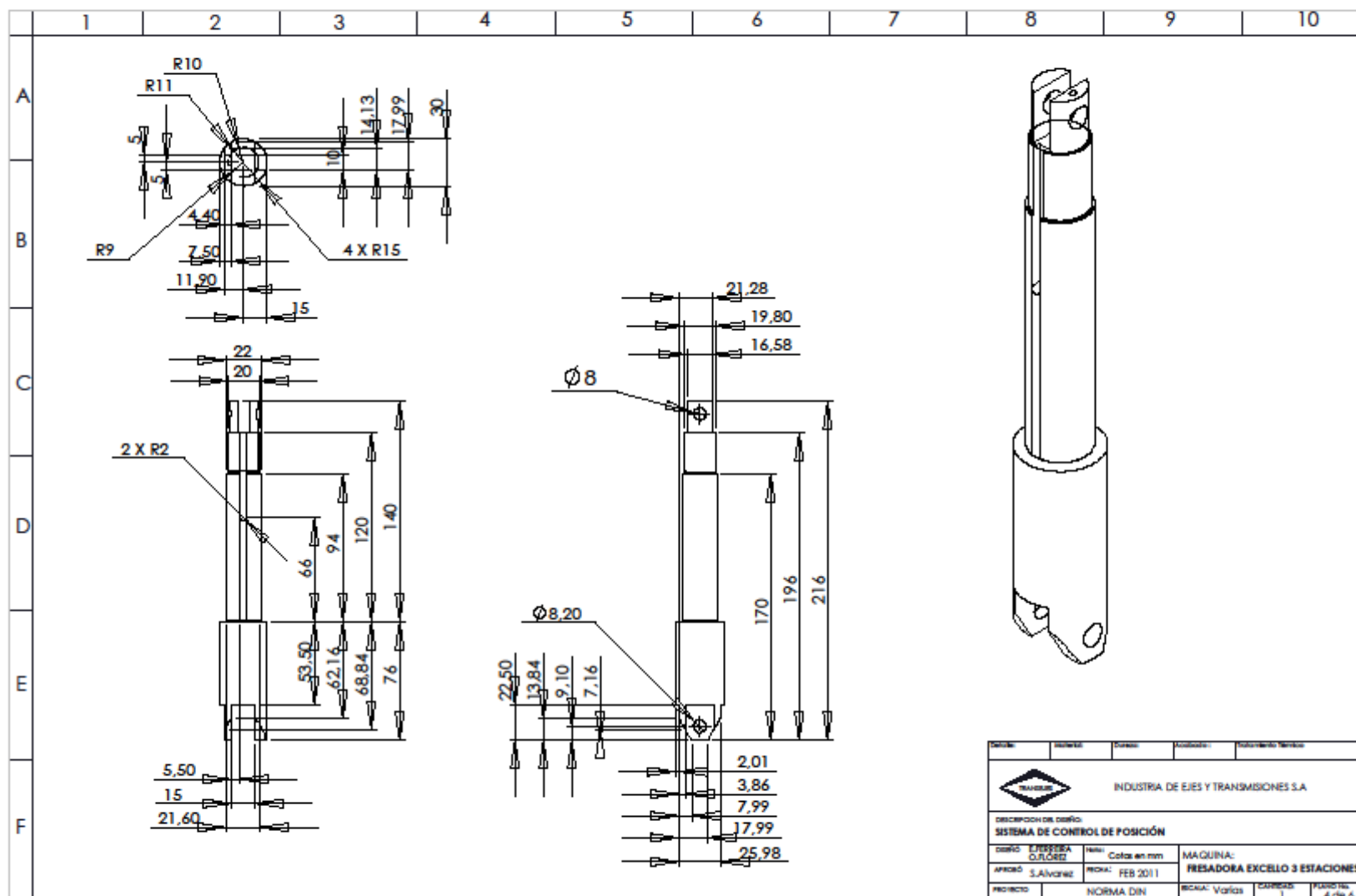


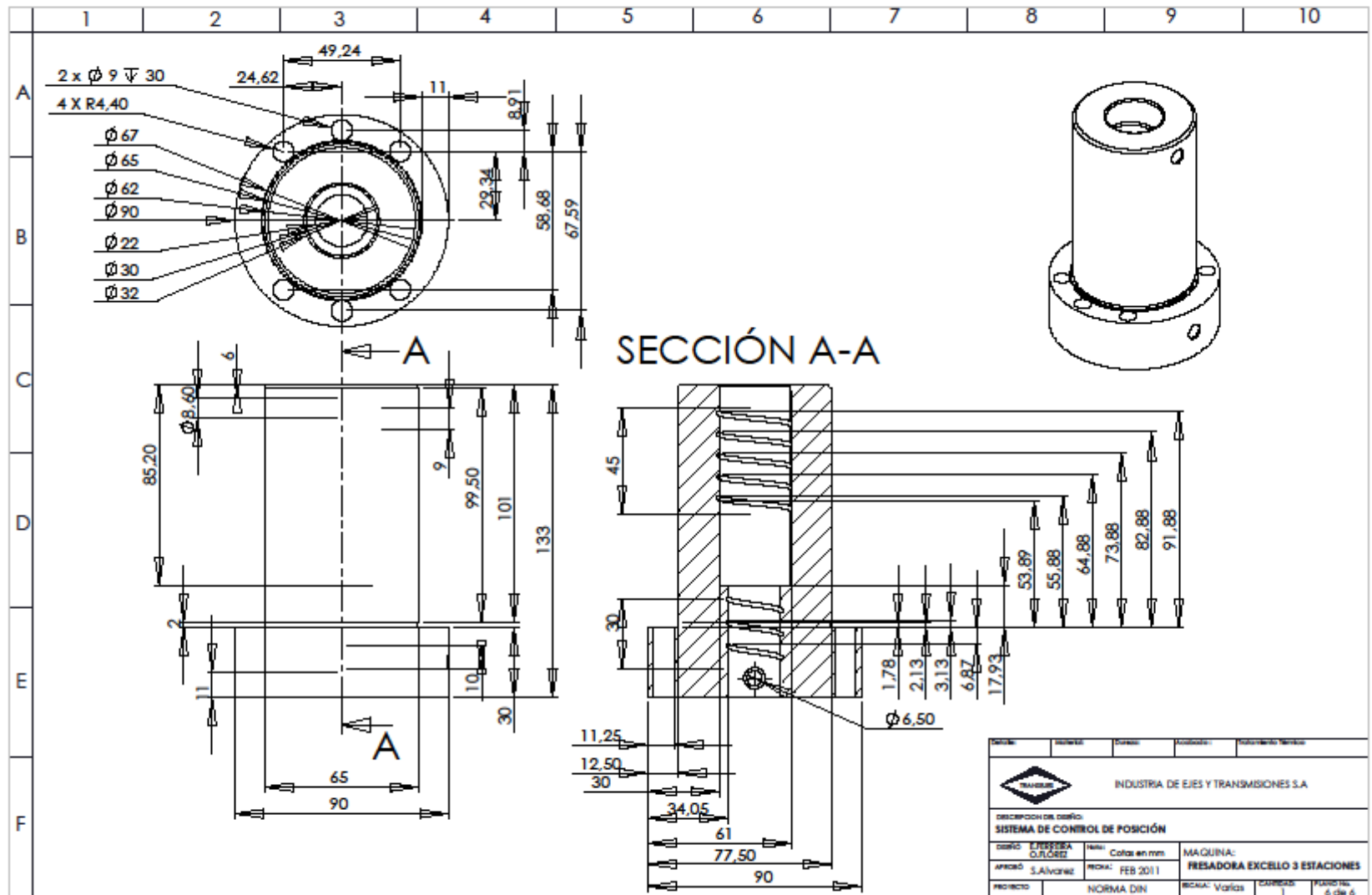
3. SISTEMA DE CONTROL DE POSICIÓN.



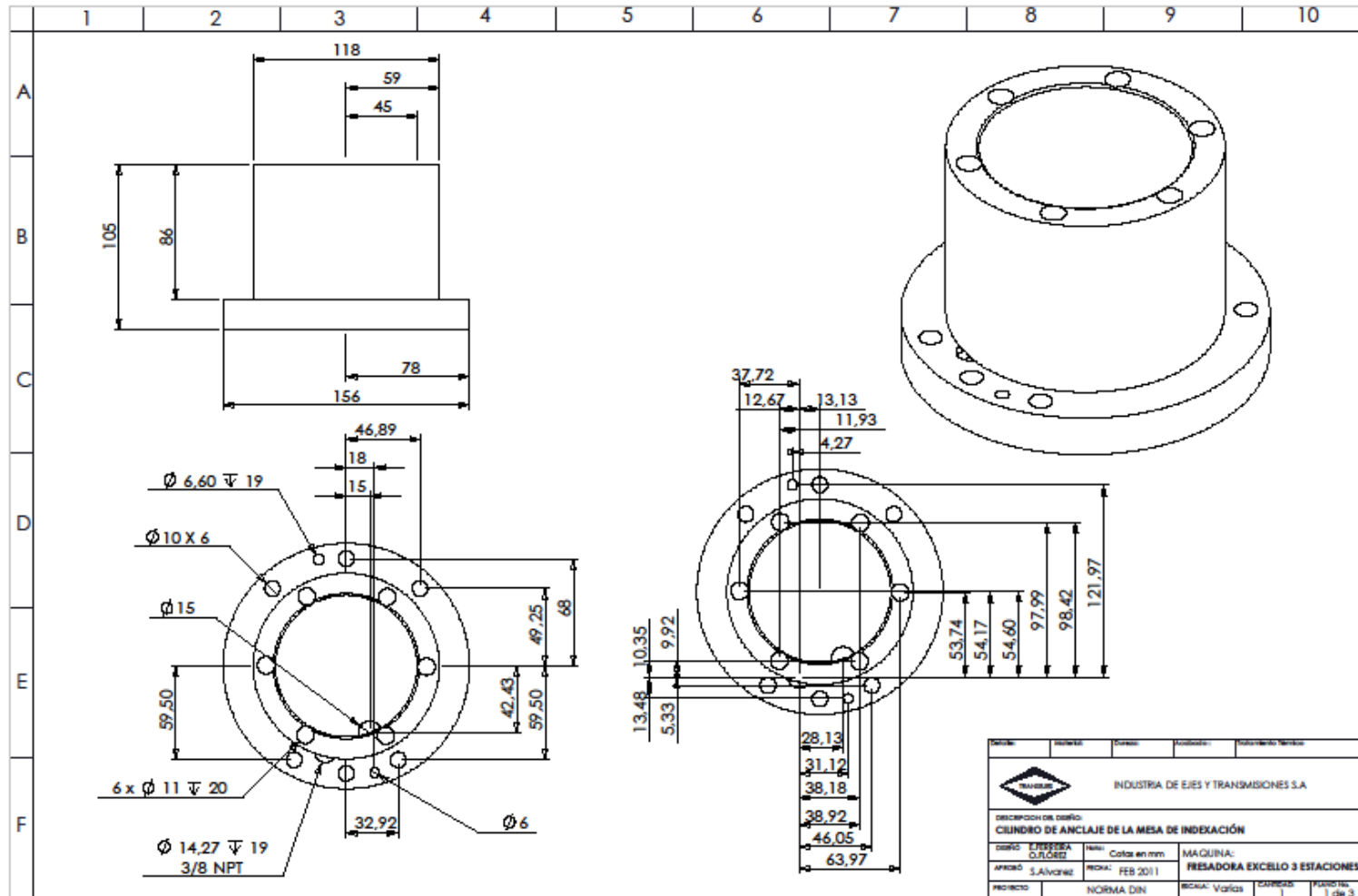


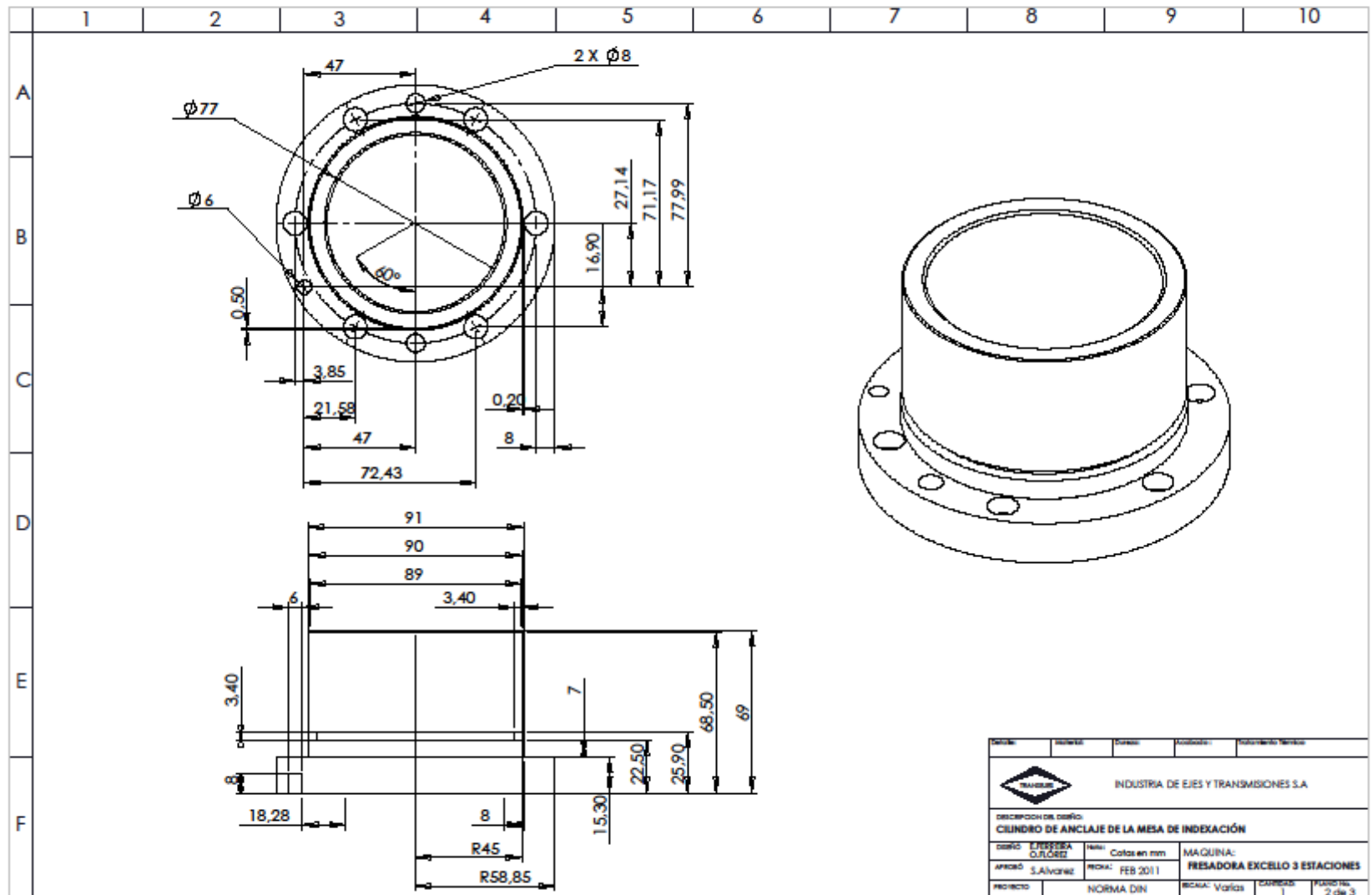


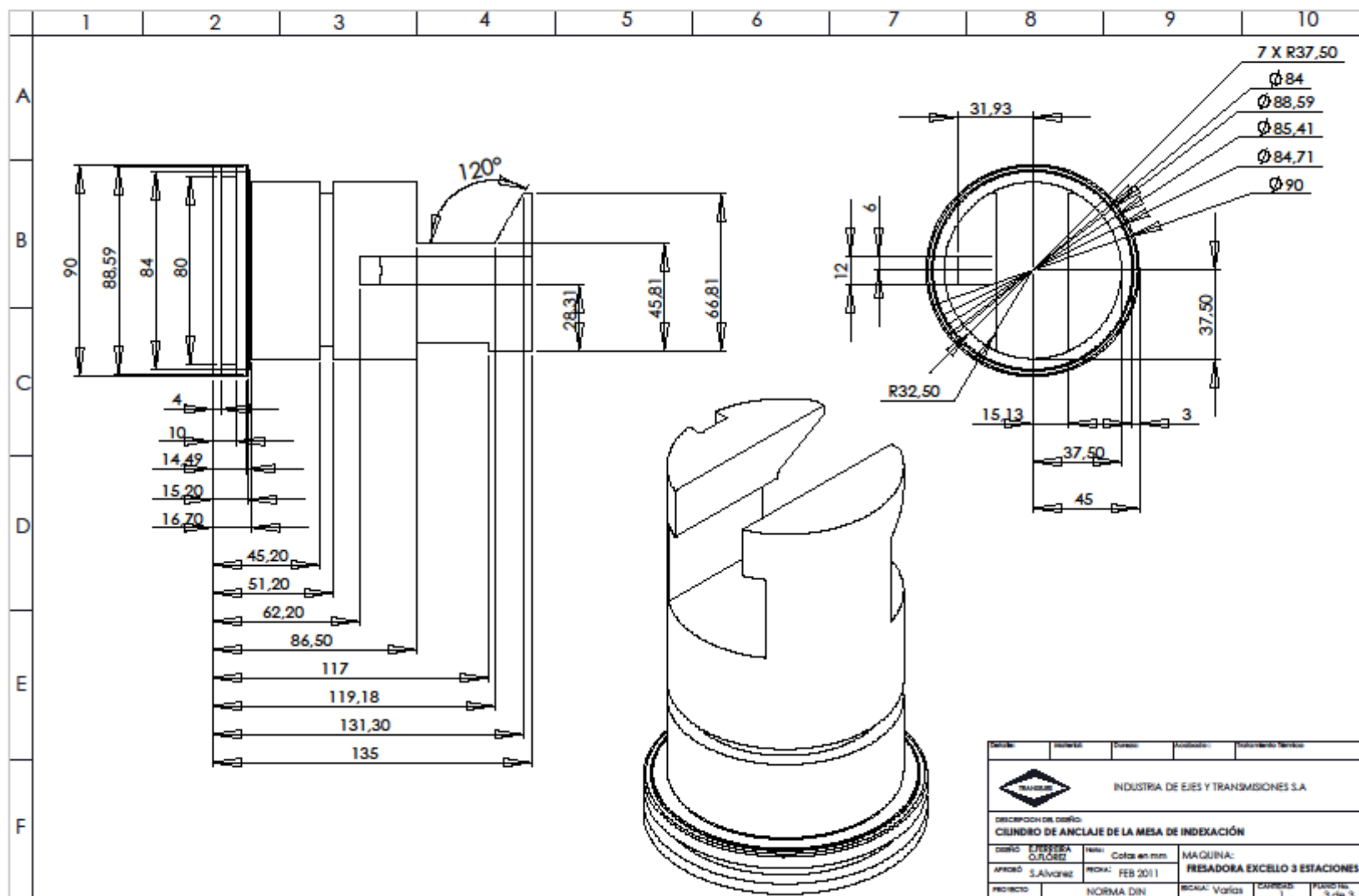




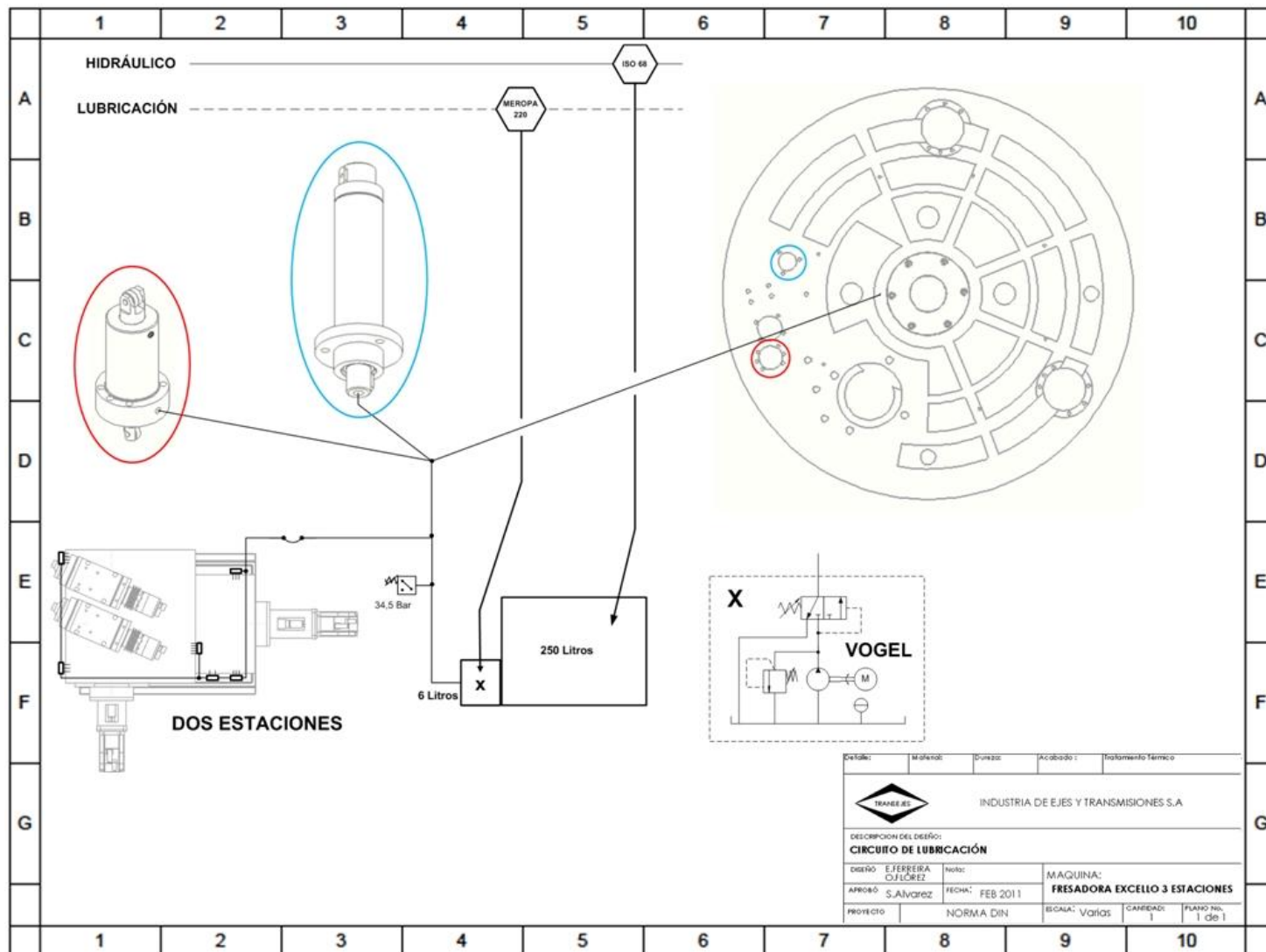
4. CILINDRO DE ANCLAJE DE LA MESA DE INDEXACIÓN.







ANEXO J. PLANO DE LUBRICACIÓN.



ANEXO K. VISTAS GENERALES DE LA MÁQUINA.

Figura 262. Vista Frontal de la Máquina

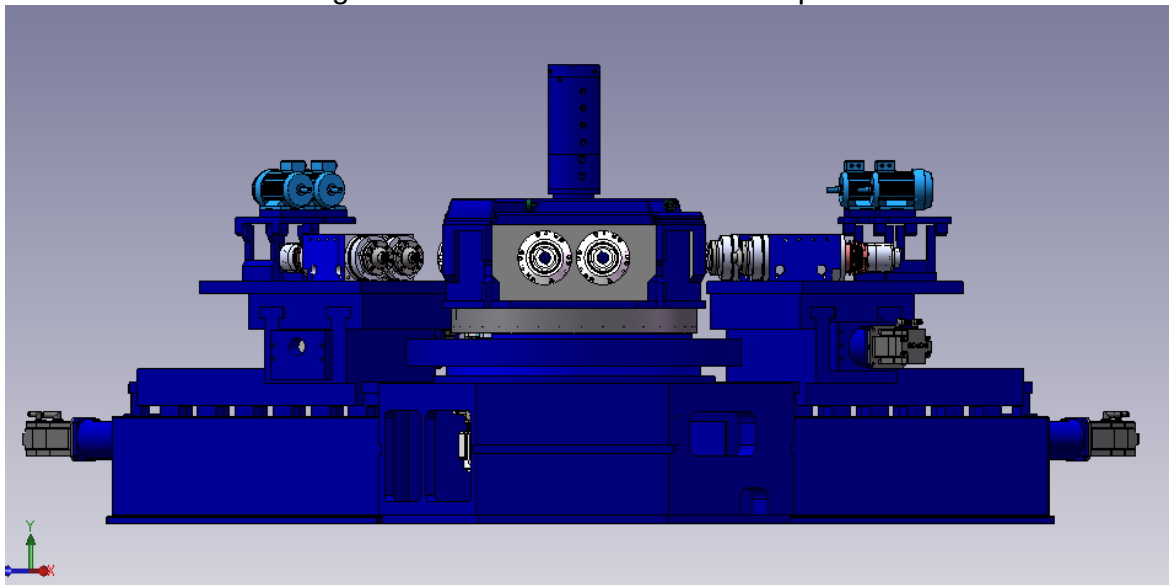


Figura 263. Vista Dimétrica de la máquina.

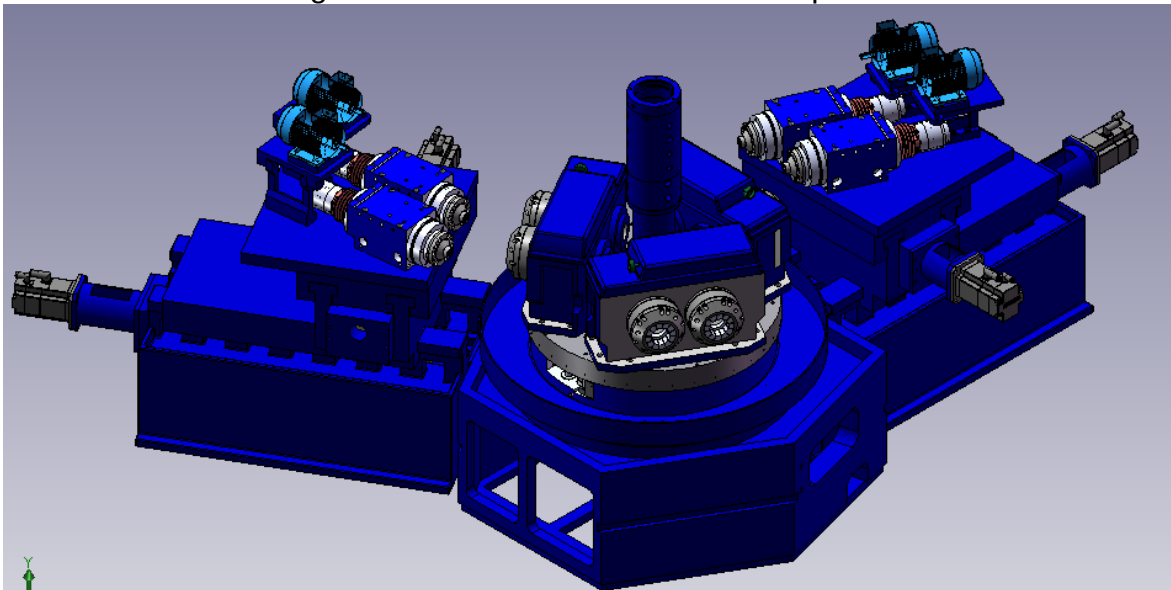


Figura. 264. Vista Inferior de la máquina.

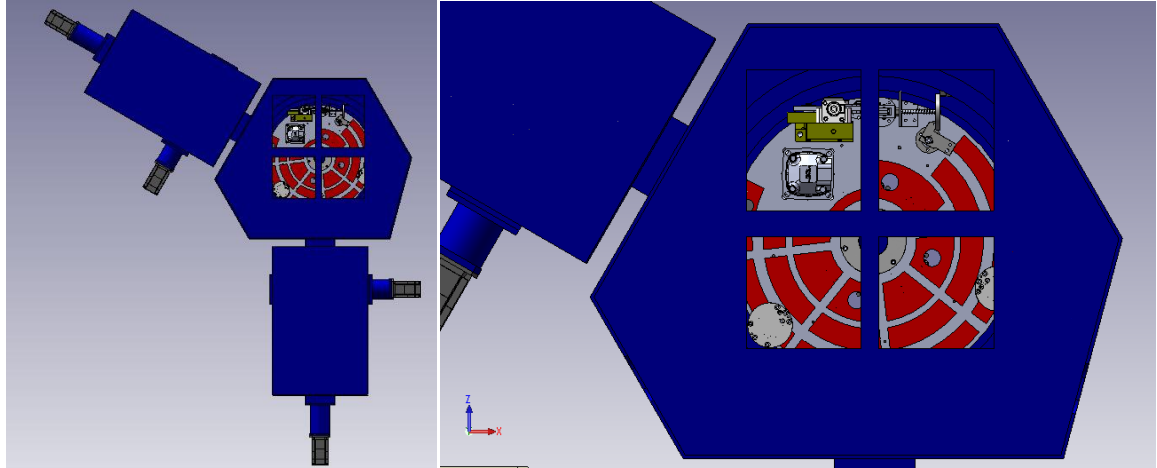


Figura 265. Vista Superior de la máquina.

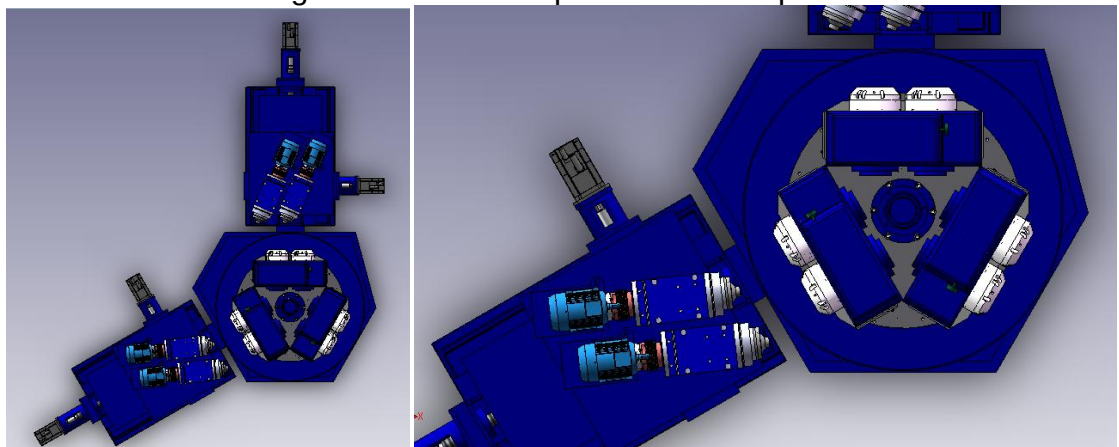


Figura 266. Vista Lateral Derecha de la máquina.

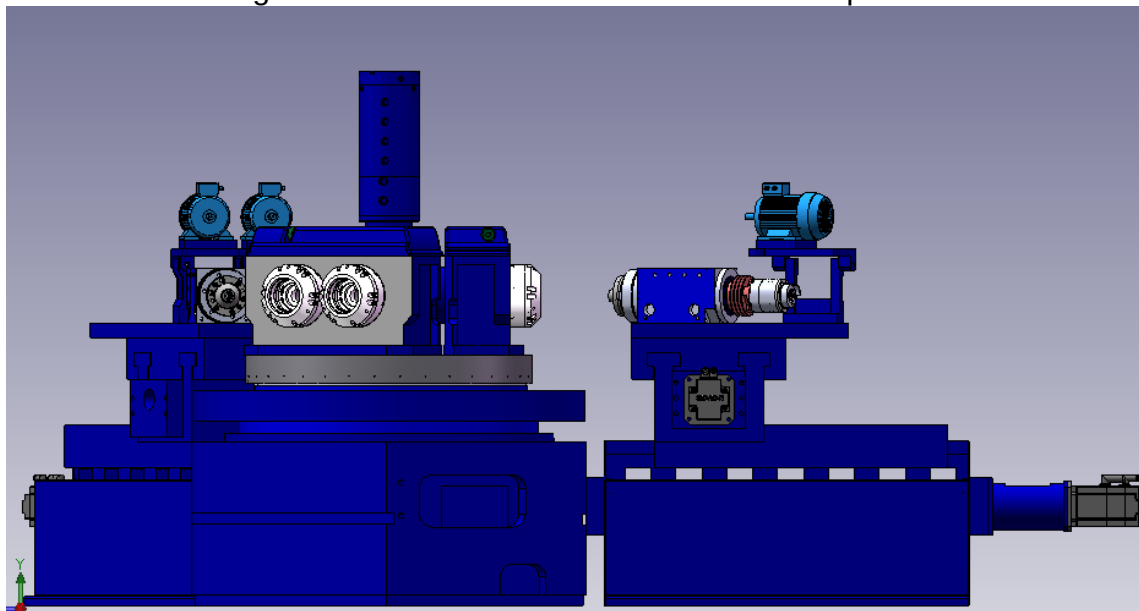


Figura 267. Vista Lateral Izquierda de la Máquina

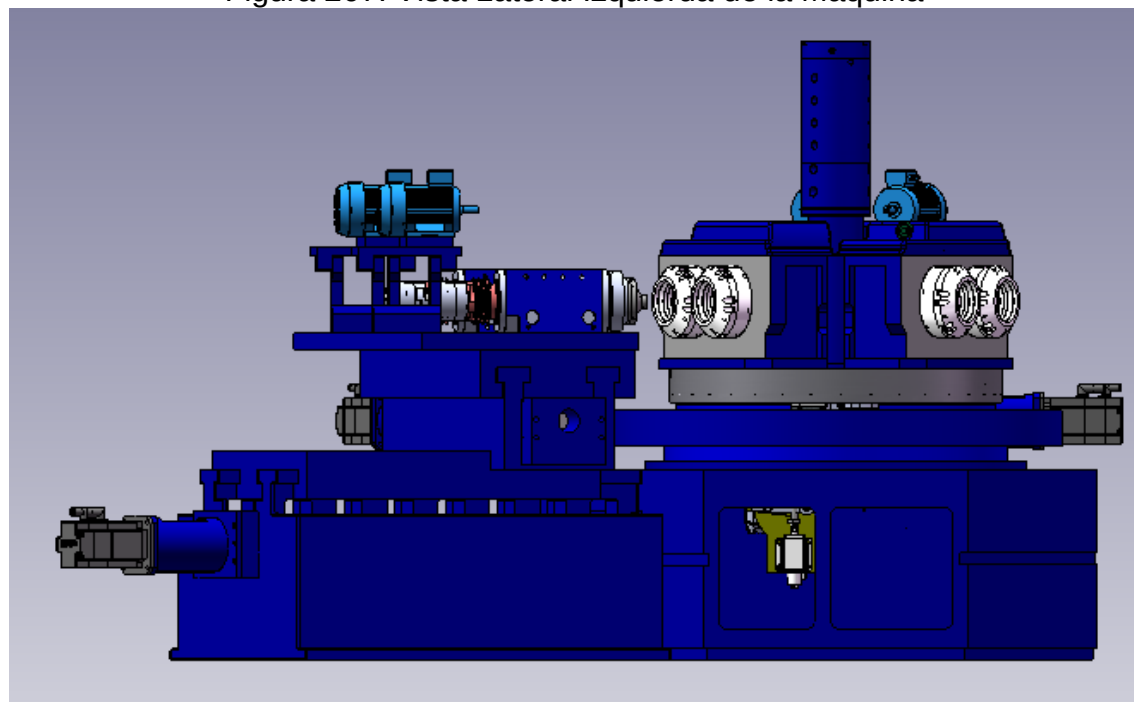


Figura 268. Vista Frontal Alterna.

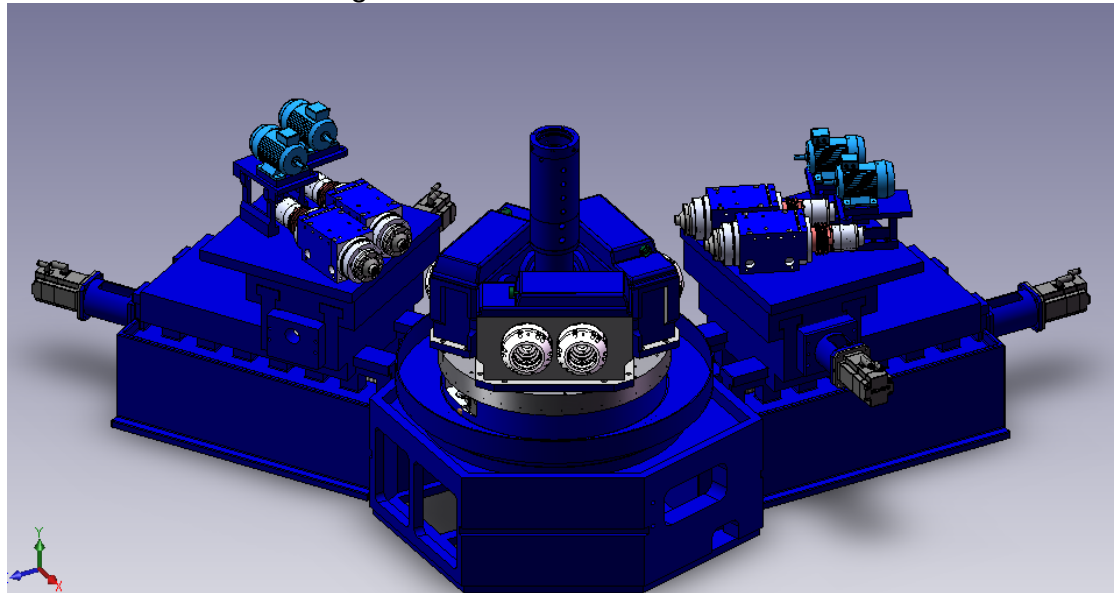
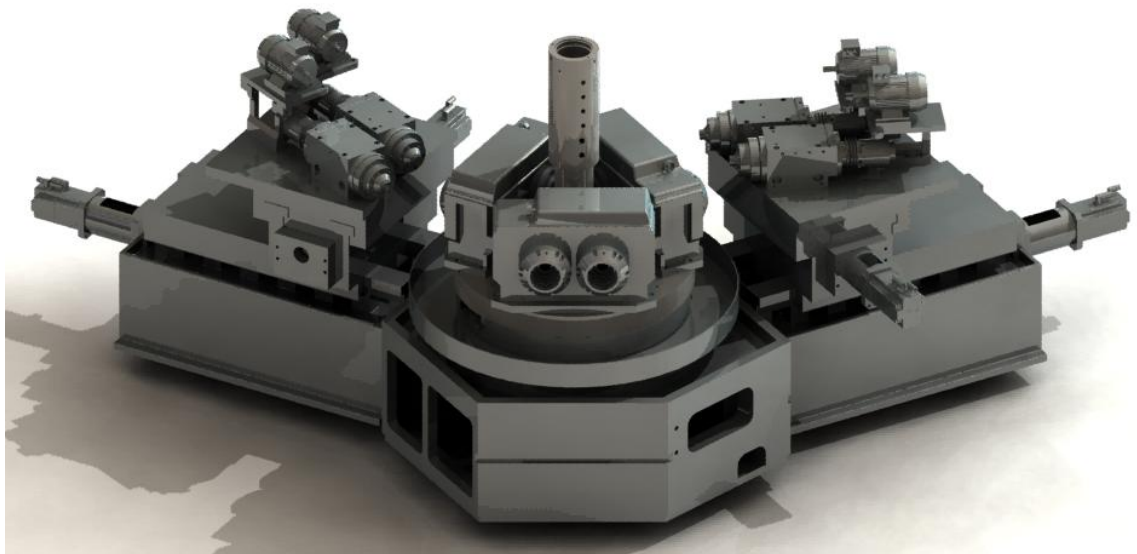


Figura 269. Vista Frontal Alterna Renderizada.



**ANEXO L. MANUAL GENERAL DE MONTAJE Y DESMONTAJE, OPERACIÓN
Y MANTENIMIENTO**