

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE
ALISTAMIENTO DE INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO EN LA EMPRESA
MARTHÉ ARIAS SUCESORES**

LUZ ADRIANA GUALDRÓN DÍAZ

CARLOS ALBERTO ANGULO MENDOZA

BUCARAMANGA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA FISICO MECÁNICAS

2005

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE
ALISTAMIENTO DE INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO EN LA EMPRESA
MARTHÉ ARIAS SUCESORES**

LUZ ADRIANA GUALDRÓN DÍAZ

CARLOS ALBERTO ANGULO MENDOZA

DIRECTOR DE PROYECTO: JUAN CARLOS MORENO MUÑOZ D.I.

DIRECTOR DE ESCUELA: EDGAR SARMIENTO D.I.

BUCARAMANGA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA FISICO MECÁNICAS

2005

Este proyecto lo dedico a mi Padre quien con sus enseñanzas de vida dejó en mi virtudes de amor, optimismo y fortaleza para conseguir los objetivos de los sueños propuestos; a mi Madre quien con su perseverancia y fe en Dios me ha brindado la tranquilidad espiritual necesaria para asumir cada reto en la vida y a mis hermanas que son la alegría de cada día.

Luz Adriana Gualdrón Díaz

A mi Madre Ana Rosa Mendoza y a mi Padre Argemiro Angulo, quienes me han apoyado durante el transcurso de mi carrera profesional y de mi formación como persona.

Carlos Alberto Angulo Mendoza

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis Padres Hernán Gualdrón y Yolanda Díaz, a mis hermanas Érika, Angélica y Diana por todo el esfuerzo, la dedicación y la colaboración prestada a lo largo de mi carrera; a todos aquellos que de alguna manera se hicieron partícipes en el transcurso de este proyecto, familiares, amigos, empresarios y docentes; y muy especialmente a la empresa Marthé Arias Sucesores y al director de nuestro proyecto Juan Carlos Moreno por guiarnos en este proceso de aprendizaje.

Luz Adriana Gualdrón Díaz

A mi Madre, quien ha sido la principal columna de mi formación, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de mi formación universitaria, a mis hermanos quienes han sido apoyo incondicional en los difíciles momentos, a Sandra España que ha creído firmemente en mis capacidades, a mi compañera de proyecto Luz Adriana, con quien he formado un inmejorable equipo de trabajo y a su Familia que estuvo siempre pendiente de todos los pasos dados durante la ejecución de este proyecto.

Carlos Alberto Angulo Mendoza

CONTENIDO

CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS

LISTADO DE TABLAS

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. INSTRUMENTALES ODONTOLÓGICOS	5
1.2. PRINCIPALES MARCAS	6
1.3. A NIVEL NACIONAL	6
1.3.1. EMPRESAS LOCALES	7
1.3.2. PROCESOS PRODUCTIVOS	8
1.3.3. MAQUINARIA Y HERRAMIENTA UTILIZADA	9
1.4. MARTHE ARIAS SUCESTORES	9
1.4.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	9
1.4.2. RESEÑA HISTÓRICA	11
1.4.3. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	13
1.4.4. INSTALACIONES	14
1.4.5. TIPO DE PRODUCTOS	16
1.4.6. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	20

1.4.7.	CARACTERÍSTICAS FORMALES	24
1.4.8.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	25
1.4.8.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS	27
1.4.8.2.	NORMAS	29
1.4.9.	PROCESO DE PRODUCCIÓN	30
1.4.10.	TIEMPOS Y VOLÚMENES	33
1.4.11.	ENTORNO ECONÓMICO Y DE MERCADEO.....	34
2.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	35
2.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	35
2.2.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	38
2.2.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	40
2.2.2.	ESTUDIO DE LOS MÉTODOS.....	51
2.2.3.	ESTUDIO DE TIEMPOS.....	69
2.2.4.	ESTUDIO ERGONÓMICO	77
2.3.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	103
2.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	104
2.5.	OBJETIVOS.....	105
2.5.1.	OBJETIVO GENERAL:	105
2.5.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	105
3.	MAQUINARIA DISPONIBLE EN EL MERCADO	107

3.1.	INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	107
3.1.1.	RECTIFICADORAS DE ALAMBRE	108
3.1.2.	CORTADORAS DE ALAMBRE	113
3.1.3.	ESMERILADO DE PUNTAS.....	118
3.1.4.	ENSAMBLE DE PUNTAS Y CUERPOS.....	119
4.	REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO	120
4.1.	REQUERIMIENTOS DE MARTHE ARIAS SUCESTORES.....	120
4.2.	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	123
5.	ALTERNATIVAS	130
5.1.	ALTERNATIVAS FUNCIONALES.....	130
5.1.1.	RECTIFICADO DE ALAMBRE	131
5.1.2.	CORTE DE ALAMBRE	139
5.1.3.	CONICIDAD DE PUNTAS	149
5.1.4.	ENSAMBLE DEL INSTRUMENTAL	151
5.2.	ANALISIS DE ALTERNATIVAS	155
5.2.1.	PRUEBAS DE Tensión Y COMPRESIÓN.....	155
5.2.2.	PRUEBA DE MICRODUREZA	159
5.3.	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FUNCIONALES.....	162
5.4.	ALTERNATIVAS DEL SISTEMA	186
5.4.1.	ALTERNATIVA 1 DEL SISTEMA.....	186

5.4.2.	ALTERNATIVA 2 DEL SISTEMA.....	189
5.4.3.	ALTERNATIVA 3 DEL SISTEMA.....	192
5.5.	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS.....	196
6.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	205
6.1.	DESARROLLO FORMAL ESTÉTICO.....	205
6.1.1.	EVOLUCIÓN DE LA ALTERNATIVA ESCOGIDA.....	207
6.2.	GEOMETRÍA DEL SISTEMA.....	218
6.2.1.	DISPOSITIVO SUJECCIÓN DEL MATERIAL	218
6.2.2.	DISPOSITIVO ENDEREZADO DEL ALAMBRE	218
6.2.3.	DISPOSITIVO CORTE DEL ALAMBRE	224
6.2.4.	DISPOSITIVO ENSAMBLE DEL INSTRUMENTAL.....	227
6.2.5.	SISTEMA HIDRÁULICO	232
6.2.6.	SISTEMA ESTRUCTURAL.....	233
6.3.	SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO	234
6.3.1.	ENDEREZADO, CORTE Y CONICIDAD.....	234
6.4.	RELACIÓN USUARIO MÁQUINA.....	241
6.4.1.	RELACIÓN DIMENSIONAL HOMBRE – MÁQUINA	242
6.5.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL: CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE LOS MATERIALES HIDRÁULICOS, MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS.....	250
6.5.1.	PROTECCIONES	272

6.6.	FABRICACIÓN DEL SISTEMA.....	272
6.7.	MONTAJE Y MANTENIMIENTO	276
6.7.1.	SISTEMA HIDRÁULICO	276
6.8.	COSTOS.....	287
7.	PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	296
7.1.	MÉTODO DE PRODUCCIÓN PROPUESTO	296
7.1.1.	MEJORA SOBRE LOS RECURSOS.....	302
7.2.	MEJORA DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN	303
7.3.	EVALUACION ECONÓMICA.....	310
7.3.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	314
	BIBLIOGRAFIA	317
	CONCLUSIONES	319
	ANEXOS	

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Esquema organizacional y administrativo de Marthé.....	13
Figura 2. Área de pruebas, bodega y zona administrativa	15
Figura 3. Área de producción	16
Figura 4. Vista de planta de zona de producción	16
Figura 5. Partes del Instrumental	21
Figura 6. Instrumental tipo 1.....	22
Figura 7. Instrumental tipo 2.....	22
Figura 8. Cuerpos para Instrumentales y diámetros	24
Figura 9. Partes componentes del cuerpo del instrumental.	25
Figura 10. Cuerpo ya mecanizado	41
Figura 11. Mecanizado de los cuerpos.	42
Figura 12. Presentación inicial del material	43
Figura 14. Operación de enderezado.....	44
Figura 15. Proceso de enderezado	44
Figura 16. Corte de puntas	45
Figura 17. Esmerilado	46
Figura 18. Proceso de empate.....	46

Figura 19. Dispositivos para el ensamble (Empatadores).....	47
Figura 20. Producto del empate de las partes activas	47
Figura 21. Enderezado de las partes activas.	49
Figura 22. Producto del enderezado de las partes activas	49
Figura 23. Refrentado del instrumental. Figura 24. Dispositivos usados.....	50
Figura 25. Función del refrentado.	51
Figura 26. Vista de planta de área de producción.....	53
Figura 27. Diagrama de recorrido	54
Figura 28. Excentricidades de agujeros	67
Figura 29. Defectos de fabricación de agujeros	67
Figura 30. Profundidades adecuadas e inadecuadas para el ensamble.....	68
Figura 31. Abolladuras del instrumental por fuerzas mal aplicadas	68
Figura 32. Tiempos generales para un ejemplo de producción.	75
Figura 33.Puesto de trabajo. Maquinado y corte de cuerpos.....	79
Figura 34.Puesto de Trabajo. Enderezado de alambre.....	79
Figura 35.Puesto de trabajo. Corte de partes activas	80
Figura 36.Puesto de trabajo. Conicidad de puntas	80
Figura 37.Puesto de trabajo. Ensamble de cuerpos	81
Figura 38.Afluentes de aire en la zona de trabajo.....	82
Figura 39.Afluentes de aire naturales y artificiales en la empresa	83

Figura 40. Dimensiones del tipo de luminaria utilizada en la empresa.....	85
Figura 41. Ambiente lumínico de la empresa	85
Figura 42. Posición del operario en el mecanizado de cuerpos	87
Figura 43. Posición adoptada por el operario en el enderezado de alambre	89
Figura 44. Martillos de enderezado.....	90
Figura 45. Posición de las extremidades superiores del operario enderezado	91
Figura 46. Posición del operario. Corte de partes activas.....	93
Figura 47. Posición de las extremidades superiores conicidad partes activas.....	94
Figura 48. Posición del operario en la mesa de esmerilado de puntas	95
Figura 49. Posición del antebrazo izquierdo y derecho en el ensamble.	97
Figura 50. Ensamble de instrumental. Posición de trabajo	98
Figura 51. Diagrama mano izquierda - mano derecha proceso de ensamble.....	102
Figura 52. Dispositivo 1. Enderezado por deflexión con fuerza infinita	132
Figura 53. Dispositivo 2. Enderezado por deflexión con hilera de rodillos	132
Figura 54. Enderezado por deflexión	133
Figura 55. Mecanismo de enderezado por deflexión	133
Figura 56. Dispositivo 1. Rectificado por tracción	134
Figura 57. Dispositivo 1. Rectificado por Torsión	135
Figura 58. Dispositivo 1. Rectificado por Rotación.....	137
Figura 59. Mecanismo de enderezado por rotación	137

Figura 60. Mecanismo de rectificado por rotación a baja revolución.....	137
Figura 61. Mecanismo de rectificado por rotación a alta revolución.....	138
Figura 62. Rediseño del mecanismo de rectificado por rotación.....	138
Figura 63. Corte del mecanismo de rectificado por rotación	139
Figura 64. Dispositivo 1. Corte con cuchilla plana.....	140
Figura 65. Movimiento rectilíneo de corte con cuchilla plana	141
Figura 66. Movimiento pivotado de corte con cuchilla plana	141
Figura 67. Detalle del Movimiento pivotado de corte con cuchilla plana	142
Figura 68. Dispositivo 2. Corte con cuchilla en ángulo.....	142
Figura 69. Detalle del corte con cuchilla en ángulo.....	143
Figura 70. Principio de la fuerza de golpe de un troquel	144
Figura 71. Corte por impacto con Troquel.....	145
Figura 72. Troqueles de corte por impacto	145
Figura 73. Dispositivo 1. Corte transversal con disco	146
Figura 74. Corte de alambre por tracción.....	147
Figura 75. Mecanismo de corte por tracción	148
Figura 76. Ensayo de prueba. Corte por tracción de alambre de 3 mm.....	148
Figura 77. Conicidad de puntas integrado al corte.....	149
Figura 78. Conicidad de puntas separado del corte. Esmerilado partes activas.	150
Figura 79. Detalle. Esmerilado de partes activas	151

Figura 80. Principio Dispositivo 1. Ensamble por presión posterior	152
Figura 81. Principio Dispositivo 1. Ensamble por presión anterior	153
Figura 82. Dispositivo 1. Ensamble por presión anterior	153
Figura 83. Ensamble por presión anterior	154
Figura 84. Dispositivo 2. Ensamble por tracción	154
Figura 85. Prueba de tensión	156
Figura 86. Prueba de compresión	157
Figura 87. Preparación de probetas para microdureza	160
Figura 88. Probetas de alambre para microdureza	160
Figura 89. Máquina para la medición de dureza	162
Figura 90. Alternativa 1 del sistema	187
Figura 91. Piezas que componen la alternativa 1	189
Figura 92. Alternativa 1 en perspectiva	189
Figura 93. Alternativa 2 del sistema	190
Figura 94. Piezas que componen la alternativa 2	191
Figura 95 . Alternativa 2 en perspectiva	192
Figura 96. Alternativa 3 del sistema	193
Figura 97. Piezas que componen la alternativa 3	194
Figura 98. Secuencia de las mordazas de ensamble de la alternativa 3	195
Figura 99. Alternativa 3 del sistema en perspectiva	195

Figura 100.Propuesta formal 1.....	209
Figura 101. Propuesta formal 1 en perspectiva.....	210
Figura 102. Propuesta formal 2.....	212
Figura 103. Propuesta formal 2 en perspectiva.....	213
Figura 104. Propuesta formal 3 en perspectiva.....	214
Figura 105. Propuesta formal 4.....	216
Figura 106. Propuesta formal 4 en perspectiva.....	217
Figura 107. Cambios al dispositivo de enderezado.....	219
Figura 108. Configuraciones boquillas alambres delgados y gruesos.	220
Figura 109. Desfase y distancias horizontales para calibres de alambre.....	220
Figura 110. Superficie del enderezador	221
Figura 111. Disposición del enderezador sobre la estructura.	222
Figura 112. Ubicación de los mandos	222
Figura 113. Deslizamiento vertical de los rodillos por columnas.	223
Figura 114. Transmisión del motorreductor hacia los rodillos de arrastre.....	224
Figura 115. Disposición de los troqueles.	225
Figura 116. Sistema deslizante y pistón para troqueles.....	225
Figura 117. Sensor de Proximidad.....	226
Figura 118. Tolda de recepción de las partes activas.	227
Figura 119. Apariencia del dispositivo empatador. Dispensador de cuerpos.....	228

Figura 120. Secuencia de prensado del cuerpo.....	229
Figura 121. Ubicación de la guía de los cuerpos.	230
Figura 122. Mecanismo de mordazas.	230
Figura 123. Distancia recorrida para el empate.	231
Figura 124. Estructura de la máquina	233
Figura 125. Introducción de las boquillas.....	235
Figura 127. Rodillos móviles y válvula libre.	237
Figura 128. Uso del enderezador.....	238
Figura 129. Apariencia del panel de control.....	240
Figura 130. Posición adoptada para disponer la chipa en la máquina.....	244
Figura 131. Colocación del alambre en la zona de enderezado y arrastre	245
Figura 132. Posición adoptada por el operario para programar el sistema.....	245
Figura 133. Nueva distribución de la planta de producción.....	297
Figura 134. Diagrama de recorrido propuesto.....	299
Figura 135. Diagrama de flujo. Operaciones y desplazamientos propuestos para el sistema completo.	301
Figura 136. Diagrama de Flujo. Tiempos y desplazamientos para el sistema propuesto	309

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Análisis Comparativo de atributos del instrumental producido por cada marca Fuente: La innovación tecnológica en la industria colombiana.	6
Tabla 2. Procesos Productivos estándar.....	8
Tabla 3. Objetivos y estrategias planteadas por Marthe.	11
Tabla 4. Instrumental Producido por Marthe.	20
Tabla 5. Dimensiones del instrumental	23
Tabla 6. Presentación del acero.....	26
Tabla 7. Composición química acero AISI 302	27
Tabla 8. Análisis Químico acero AISI 302.....	28
Tabla 9. Propiedades Mecánicas acero AISI 302	28
Tabla 10. Tratamientos Térmicos acero AISI 302	29
Tabla 11. Maquinaria y equipo utilizado por Instrumental Marthé.	30
Tabla 12. Procesos de fabricación de instrumental.....	32
Tabla 13. Contribución por Instrumental año 2003 - 2004	33
Tabla 14. Tiempos para el enderezado de alambre.....	71
Tabla 15. Rendimiento en la fase de enderezado de alambre.....	71
Tabla 16. Tiempos para corte de cuerpos.....	72
Tabla 17. Tiempos de empate de instrumental para dos operarios diferentes.....	74

Tabla 18.Requerimientos para el análisis y evaluación de dispositivos	129
Tabla 19. Prueba de compresión	159
Tabla 20. Requerimientos parametrizados para enderezado	165
Tabla 21.Evaluación de requerimientos para enderezado	168
Tabla 22.Requerimientos parametrizados para corte	170
Tabla 23.Evaluación de requerimientos para corte	173
Tabla 24.Requerimientos parametrizados para la conicidad de partes activas...	175
Tabla 25.Evaluación de requerimientos para la conicidad de partes activas	178
Tabla 26.Requerimientos parametrizados para el ensamble del instrumental	181
Tabla 27.Evaluación de Requerimientos para el ensamble de instrumental	184
Tabla 28.Dispositivos Seleccionados	186
Tabla 29.Requerimientos parametrizados para la evaluación de sistemas	199
Tabla 30. Evaluación de requerimientos para los sistemas propuestos.....	203
Tabla 31. Selección del sistema hidráulico	268
Tabla 32. Piezas y procesos de fabricación del sistema mecánico.....	275
Tabla 33. Piezas del sistema hidráulico y eléctrico	275
Tabla 34. Fuente: Manual de mecánica industrial, tomo II	286
Tabla 35. Costos de fabricación del sistema.....	295
Tabla 36. Rendimiento de la máquina en la fase de enderezado de alambre. ...	304

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ALISTAMIENTO DE INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO EN LA EMPRESA MARTHÉ ARIAS SUCESTORES*

AUTORES: GUALDRÓN, Díaz Luz Adriana,
ANGULO, Mendoza Carlos Alberto*.

PALABRAS CLAVES: INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO, PROCESOS DE FABRICACIÓN, MÁQUINA HIDRÁULICA, ENSAMBLE DE INSTRUMENTAL.

Este proyecto busca mejorar los cuellos de botella existentes en los procesos productivos de fabricación de instrumental odontológico de la empresa Marthé Arias Sucesores, por medio de la utilización de un sistema que reduzca los tiempos y las extenuantes jornadas a las que se someten los trabajadores en las operaciones de ensamble de instrumental; en su mayoría artesanales.

Un análisis y evaluación de tiempos y procesos lleva a la ubicación real del problema que pertenece al alistamiento de instrumental para el ensamble donde se identifican labores intermedias con altos índices de desperdicio de tiempo y materia prima en el enderezado, corte y la conicidad de las partes activas del herramental. Posteriormente de acuerdo a la metodología empleada se procede a la búsqueda y diseño de alternativas que puedan suplir las necesidades halladas. Por medio de la formulación de requerimientos se escogen los dispositivos idóneos para la configuración del sistema cuya evaluación se da técnicamente con la construcción y comprobación de modelos funcionales. Finalmente el sistema escogido de acuerdo a los parámetros establecidos se evalúa financieramente para saber el costo de fabricación y la rentabilidad que tendrá para la empresa a futuro.

* Proyecto de grado

* Facultad físico-mecánicas, Escuela de diseño Industrial, Héctor Julio Parra

SUMARY

TITLE: DESIGN AND PRODUCTION OF A MACHINE FOR THE OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF ENLISTMENT OF ODONTOLOGICAL INSTRUMENTAL IN MARTHÉ ARIAS SUCCESSORS COMPANY*

AUTHORS: GUALDRÓN, Díaz Luz Adriana,
ANGULO, Mendoza Carlos Alberto[†].

KEY WORDS: ODONTOLOGICAL INSTRUMENTAL, PROCESSES OF Production, Hydraulic Machine, ASSEMBLE OF INSTRUMENTAL.

The first object of this project is to minimize the bottle necks in the productive processes of the odontological instrumental on Marthé "Arias Successors" company, by means of the use of a system that reduces the production times and the long work that the workers are undergo in the different operations of assembling of instrumental; that are handmade in majority.

A serious analysis and evaluation of times and processes made on the company show us the real location of the problem that belongs to the enlistment of instrumental for the assembling where intermediate works are identified with high indexes of waste of time and matter in the straightening, cutting and the burnishing of the active parts of the instruments. Later on according to the used methodology we precede to the search the design of alternatives that can replace the found necessities. By means of the formulation of requirements, the adequate devices are chosen for the system configuration whose evaluation is given technically with the construction and confirmation of functional models. Finally, the chosen system according with the established parameters is evaluated financially to know the cost of production and the profitability that will have for the company to future.

* Project of Grade

[†] Facultad físico-mecánicas, Escuela de diseño Industrial, Héctor Julio Parra

INTRODUCCIÓN

Llevar a cabo un proceso de manufactura en el que se optimice la utilización de los recursos con los que cuenta una empresa ha sido la principal preocupación para los empresarios, sobre todo en lo referente a la reducción de costos que le lleven a posicionarse fuertemente ante la competencia y por ende, obtener mayores beneficios. Dicha situación se presenta en la actualidad en Marthé Arias Sucesores, empresa que cuenta con 27 años de experiencia en la fabricación de instrumental odontológico en nuestro país y posicionada como una de las mejores marcas a nivel nacional.

Debido a que el tipo de productos desarrollados por Marthé responden a una necesidad especial y no pertenecen a un mercado de alta demanda comparada con otro tipo de artículos, los procesos utilizados, así como las herramientas empleadas no son de fácil consecución, situación que les ha obligado a la implantación de soluciones de tipo genérico que implican la utilización de herramientas no especializadas y en ocasiones la realización de tareas de forma manual, situación que hace menos eficiente el trabajo al interior de la empresa.

Una de las soluciones que en muchas ocasiones implantan las empresas con productos de tipo especializado es la importación de maquinaria de alta tecnología y de altos volúmenes de producción y que por su costo generan un beneficio a un

tiempo medio, sin embargo; este tipo de soluciones no se sitúa dentro de las posibilidades de **Marthe**, ya que tales beneficios se obtendrían después de un período de tiempo bastante prolongado.

Por tales razones, la intención de este proyecto de grado va enfocada hacia la generación y puesta en marcha de una solución a un problema en donde intervienen gran cantidad de variables de alta complejidad mediante la labor de diseño y con la utilización de tecnología existente en nuestro medio, y que a un bajo costo, no dejen de ser altamente eficientes y duraderas.

La información en este documento está dividida en 7 capítulos que presenta el siguiente orden:

Capítulo 1: Marco teórico

Se realiza una ubicación general sobre el tema de los instrumentales odontológicos existentes en el mercado internacional y nacional, continuando con la presentación de la empresa Marthé en donde se realiza una descripción detallada de su actividad económica, los procesos y la cantidad y clase de productos fabricados.

Capítulo 2: Justificación del trabajo de grado

Se inicia con el planteamiento que realiza la empresa acerca de su problemática basados en los estudios de tiempos realizados con anterioridad y de acuerdo a

sus necesidades de alta producción. La justificación continúa con el estudio exhaustivo acerca de los métodos, tiempos y repercusiones sobre los recursos en una de las fases del proceso general, base para la identificación real del problema presentado.

Capítulo 3: Requerimientos del proyecto

Se da paso a la enumeración de los requisitos presentados por la empresa para la adaptación de un tipo de solución a las necesidades planteadas, contrastándolas con los requerimientos que como diseñadores planteamos para evaluación de las diferentes alternativas de tipo funcional que más adelante se presentan.

Capítulo 4: Alternativas

Se inicia con la recopilación de las alternativas existentes en el mercado que den solución parcial o total a las necesidades planteadas, para dar paso luego a la utilización de dispositivos de tipo funcional que se adecuen a cada uno de los procesos de fabricación propuestos, los cuales serán evaluados de acuerdo a los requerimientos mencionados. De igual manera se presentan alternativas para la totalidad del sistema como resultado de la combinación de los diferentes dispositivos y su posterior evaluación.

Capítulo 5: Desarrollo de la propuesta

Realización de la evolución de la alternativa seleccionada para el sistema de acuerdo a los diferentes aspectos que relacionan al diseño: Aspecto formal-estético, descripción de la geometría, secuencia de funcionamiento análisis estructural y relación usuario máquina. Finalmente se realiza la descripción del procedimiento a seguir para su fabricación.

Capítulo 6: Puesta en marcha del sistema

Se realiza una proyección acerca de la situación presentada en la empresa después de la implantación del sistema propuesto y las mejoras en la administración de los recursos, tiempos, métodos y aspecto financiero.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. INSTRUMENTALES ODONTOLÓGICOS

Los instrumentales odontológicos han sido herramientas fundamentales para la realización de tareas de se han utilizado desde el inicio del hombre, cuando recurrían a herramientas fabricadas en piedra para la extracción de piezas dentarias con caries u otro tipo de enfermedad dental en el año 3000 antes de cristo, hasta el siglo II donde el médico griego Galeno recomendó en sus escritos la utilización de limas en la extracción de la caries. Posteriormente hacia el año 1728 d.c. el padre de la Odontología Pierre Fauchard diseña y describe en su texto el cirujano dentista, las herramientas con métodos precisos para la limpieza mantenimiento y extracción dental. Con el tiempo conforme avanzaban las investigaciones científicas y tecnológicas las herramientas adquirieron un aspecto y material de acuerdo a su función y especialidad en la odontología. Es allí cuando se normaliza el instrumental y se clasifica de acuerdo a su composición, categoría y el riesgo potencial de infección.

1.2. PRINCIPALES MARCAS

Los Instrumentales de gran calidad y reconocimiento a nivel mundial son en su mayoría alemanes y estadounidenses con un altísimo nivel competitivo gracias a la calidad que le otorgan a sus productos materiales, mano de obra y la tecnificación de sus empresas. Las marcas destacadas en el mercado de instrumental son HU-FREYDE, PREMIER, DIXON y SUPER-DENT. A continuación se hace un análisis comparativo de atributos del instrumental producido por cada marca.

ATRIBUTO	HU- FREYDE	PREMIER	DIXON	SUPER DENT
Calidad	EXCELENTE	EXCELENTE	REGULAR	REGULAR
Precio	REGULAR	BUENO	BUENO	EXCELENTE
Servicio al cliente	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
Cubrimiento	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Diseño	BUENO	BUENO	REGULAR	REGULAR

Tabla 1. Análisis Comparativo de atributos del instrumental producido por cada marca
Fuente: La innovación tecnológica en la industria colombiana.

1.3. A NIVEL NACIONAL

A nivel nacional el mercado de instrumental odontológico lo abarcan grandes empresas extranjeras y pequeñas empresas nacionales dedicadas a la elaboración artesanal de piezas odontomédicas; estas microempresas producen

aproximadamente entre el 40 y 45% de la producción nacional. La competencia en el país es bastante exigente debido a que las empresas europeas y estadounidenses desarrollan instrumental con altos niveles de calidad y producción.

Es importante resaltar que hoy en día la competencia más fuerte está representada por los productos que entran al país de manera ilegal como el instrumental Pakistaní de contrabando cuyo precio está muy por debajo incluso del de empresas extranjeras.

Las empresas nacionales dedicadas a la fabricación de instrumental más conocidas son: MUNDO DENTAL, MARBETH, MARTHÉ, SPECIALIZED INSTRUMENTAL DENTAL, DENTALES ROHER, DINIX DENTAL, DENTALES RIGO, MARTHÉ INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO, de las cuales las 7 últimas se encuentran en la región.

1.3.1. EMPRESAS LOCALES

Desde hace 25 años en Santander se han consolidado empresas de instrumental odontológico entre las cuales tenemos:

Marthé Arias sucesores, Dentales Roher, Dinix dental, Dentales Rigo y Specialized instrumental Dental.

Estas microempresas santandereanas han logrado expandirse a mercados ecuatorianos, chilenos y peruanos con amplias políticas de calidad.

1.3.2. PROCESOS PRODUCTIVOS

Los procesos productivos estándar para las microempresas santandereanas son:

PROCESO PRODUCTIVO	DETALLE DE OPERACIÓN
1. Torneado de los cuerpos	- Corte de varilla - Marcado del cuerpo - Ejecución de bahías
2. Corte de alambre	- Corte con cizalla del alambre
3. Ensamble del instrumental	- Prensado del cuerpo - Ensamble del instrumental
4. Enderezado de puntas	-Enderezado de puntas
5. Torneado de los cuerpos	- Elaboración de Conos - Moleteado del cuerpo - Rectificado de puntas
6. Elaboración parte activa	- Doblado de puntas - Lijado con esmeril - Pulido de puntas
7. Acabado del instrumental	- Marcado del instrumental - Lavado del instrumental - Brillado del instrumental

Tabla 2. Procesos Productivos estándar de las microempresas de instrumental santandereanas. Fuente: Información recopilada por el autor.

Debido a que estas empresas están ubicadas en espacios reducidos la organización de algunas de ellas no es la idónea debido a que el proceso no es lineal y presenta demoras y choques en el desarrollo de las operaciones.

1.3.3. MAQUINARIA Y HERRAMIENTA UTILIZADA

Las tecnificación de las microempresas santandereanas de instrumental odontológico en un rango de 1 a 10 se encuentran en el 4 nivel, por sus procesos ineficientes originados por la infraestructura y la falta de maquinaria que ayuden a optimizar los procesos. La gran mayoría cuenta con un máximo de dos tornos mecánicos para la elaboración de los cuerpos así como un taladro de árbol, una cizalla manual y uno o dos esmeriles.

Las herramientas encontradas son de golpe como martillos y de sujeción como tenazas y alicates.

1.4. MARTHE ARIAS SUCESTORES

1.4.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre: Instrumental Marthe (Arias Sucesores Ltda.)

NIT. No. 804.005.829-8

Localización: Cra 25 No 30 - 42, teléfono (57) (7) 6802379 Bucaramanga.

Representante Legal: Nancy Nelly Arias García.

URL: www.marthe.com.co

E-mail: ariasuc@virtual.umb.edu.co

Sector Industrial: Metalmecánica (instrumental odontológico en acero inoxidable).

Régimen de impuestos: Común

Capital: Privado

Estructura de propiedad: Empresa familiar.

Cubrimiento Nacional: Principales ciudades del País.

Certificaciones de calidad: Federación Odontológica Colombiana (F. O. C.), Universidad Santo Tomás (Bucaramanga), Sociedad Colombiana de Operatoria y Biomateriales, Universidad San Martín (Bogotá), Armada Nacional, ISO 9001 en proceso.

MISIÓN. Estamos comprometidos en la fabricación de instrumental de alta calidad para el área de odontología; mejorando continuamente nuestros procesos productivos y participando en la investigación y desarrollo de nuevos diseños, que nos permitan satisfacer las expectativas de nuestros clientes.

VISIÓN. Será la empresa líder en el país en fabricación de instrumental odontológico involucrando procesos innovadores y altas tecnologías que nos permitan ser acreditados nacional e internacionalmente por la calidad de nuestros productos.

OBJETIVOS	ESTRATEGIAS
Producir y comercializar instrumental odontológico de alta calidad que sea competitivo en el mercado nacional e internacional.	Buscar e implementar más diseños, materias primas y tratamientos de los materiales.

Optimizar las diferentes áreas de la empresa para mejorar los procesos productivos.	Vincularnos en los diferentes programas existentes como Expopymes, Carsed, Mejoramiento continuo.
Ampliar las líneas de productos y así lograr mayor cobertura en el área de la salud	Tener una actitud abierta a nuevas propuestas.
Velar por el bienestar integral del equipo humano para mejor desempeño y productividad.	Motivar e incentivar tanto económica como emocionalmente a los empleados. Tomar en cuenta los aportes y sugerencias de cada trabajador y crearles un sentido de pertenencia de la empresa.

Tabla 3. Objetivos y estrategias planteadas por Marthe.

1.4.2. RESEÑA HISTÓRICA

Hacia 1977 el señor Carlos Arias Perilla inicia en Bucaramanga un proyecto empresarial consistente en la fabricación de máquinas de corte de telas. Estas máquinas fueron vendidas en todo el país posicionándose rápidamente en el mercado nacional y en el peruano, convirtiéndose por su precio en una competencia para las marcas americanas. Sin embargo hacia 1981 la insuficiencia de recursos obligó al cierre de la fábrica.

Paralelo a esto y gracias al reconocimiento por su ingenio el señor Carlos Arias recibe una propuesta para fabricar instrumentos de odontología basada en un instrumental Alemán, las copias realizadas fueron de alta calidad dimensiones exactas y buena apariencia con un acero resistente a la oxidación en el proceso

de esterilización. A partir de este momento y con la misma infraestructura de la fábrica de máquinas de corte de tela, el señor Carlos Arias comienza la fabricación de instrumental odontológico que tuvo gran acogida entre los comerciantes y los docentes en Bogotá. Los instrumentales eran basados en catálogos Alemanes uno de ellos que sirvió de inspiración para el nombre de la empresa; Martín – Marthé.

Varias fueron las claves del posicionamiento de Marthé, una de ellas la retroalimentación existente por los docentes que las utilizaban para propósito educativos, así mismo el precio del instrumental que lo hacia competitivo en el mercado colombiano.

Marthé durante 17 años sostuvo una infraestructura pequeña que abastecía alrededor de 60 depósitos dentales del país en dos temporadas, al inicio de cada semestre universitario.

El trabajo conjunto a la universidad Santo Tomás y la aceptación de la Federación Odontológica Colombiana han hecho que la empresa haya logrado un reconocimiento mayor.

Es entonces cuando el señor Carlos Arias decide retirarse hacia 1998 por razones de salud, continuando con la empresa sus hijas Nancy Nelly Arias García y Socorro Arias de Montes. Desde aquel momento se inicia un fortalecimiento económico de la empresa con la ampliación de nuevas líneas de productos y la exportación de estos a países latinoamericanos.

El trabajo conjunto a la universidad Santo Tomás y la aceptación de la Federación Odontológica Colombiana han hecho que la empresa haya logrado un reconocimiento mayor y se encuentre compitiendo en el mercado con marcas europeas y americanas por su calidad y con las pakistaníes por su precio.

1.4.3. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La estructura corresponde a una microempresa, con una capacidad productiva que la hace muy competitiva, en la cual todas las áreas dependen directamente de la gerencia, pero manteniendo una comunicación constante entre cada una de estas dependencias con el fin de generar los reportes pertinentes ante cualquier eventualidad; el detalle de esta organización se puede apreciar en el siguiente esquema.

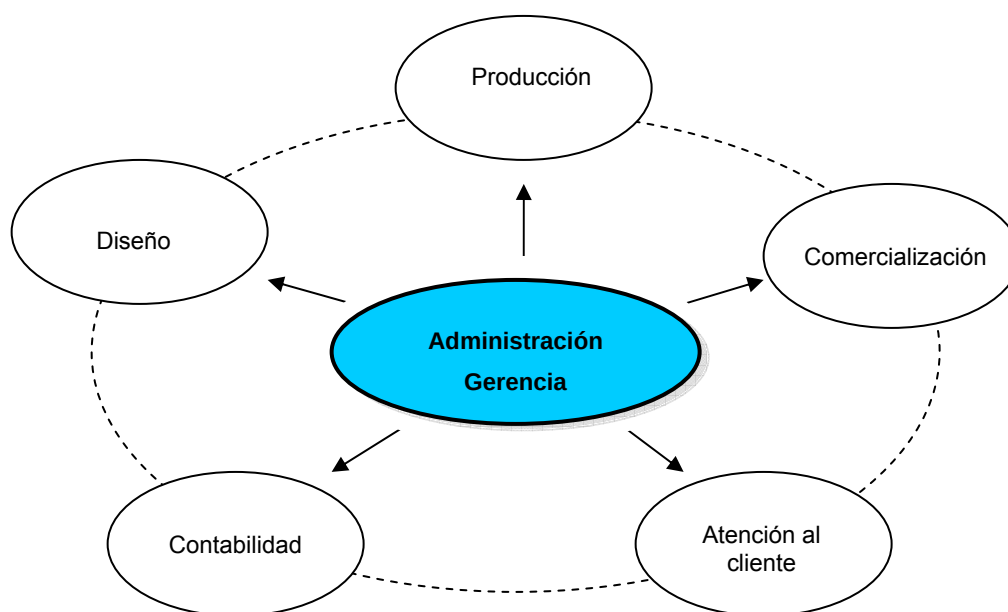


Figura 1. Esquema organizacional y administrativo de Marthé.

La planta de personal ha estado constituida desde sus inicios como se aprecia en el siguiente cuadro. El tiempo promedio de servicio en el área de producción es por lo general prolongado, debido a que la mano de obra requerida es de tipo especializado, lo que demanda un tiempo de introducción necesario para que el operario se capacite en el tipo de tareas a desarrollar.

Areas	No empleados	Tiempo promedio de servicio
Administrativa	4	2 años
Producción	8	4 años
Ventas	4	1 año

1.4.4. INSTALACIONES

La fábrica de Marthé se encuentra ubicada en la Carrera 25 # 30 - 42, sector céntrico de Bucaramanga, en una casa-lote, de dos niveles, de aproximadamente 200 m² de área construida; en el segundo nivel funciona el área de pruebas y bodega, en tanto que en un primer sector del primer piso se encuentra el área administrativa (gerencia, secretaría, y sala de atención), y más hacia el fondo, el área de producción (maquinado y almacén de troqueles y materia prima). Los detalles de estas instalaciones se pueden ver en el siguiente plano:



Figura 2. Área de pruebas, bodega y zona administrativa



Figura 3. Área de producción

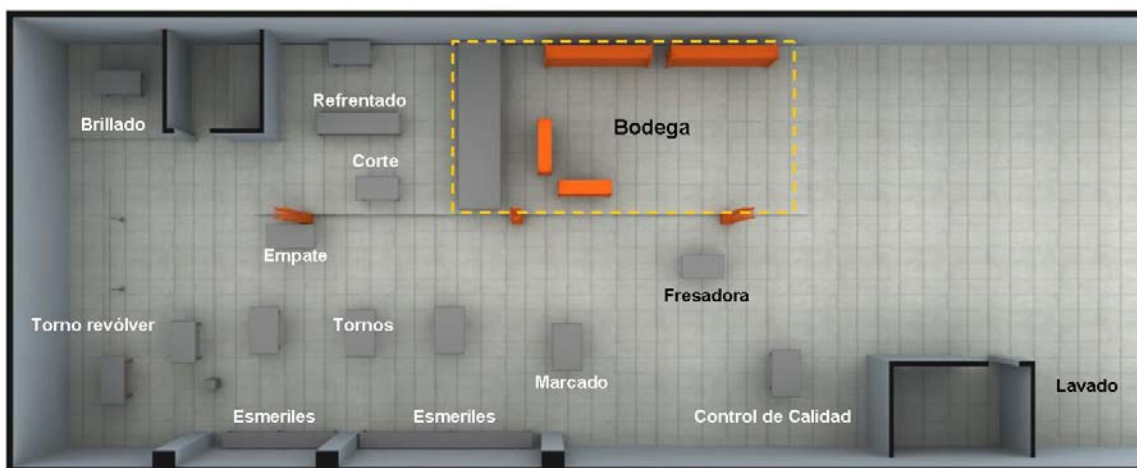


Figura 4. Vista de planta de zona de producción

1.4.5. TIPO DE PRODUCTOS

Durante 27 años Marthé ha sido pionera a nivel nacional en la fabricación de instrumental contando hoy día con más de 250 referencias en el área de operatoria y otras seis especialidades de la odontología los cuales, se han posicionado en el mercado gracias a las siguientes características:

- Diseños adecuados a los percentiles de la población Colombiana.
- Alta calidad y resistencia, tanto por la materia prima utilizada como por los procesos de producción.
- Precios competitivos frente a la competencia de marcas americanas y alemanas presentes en el mercado nacional.

- Posibilidad de variabilidad en las características físicas del instrumental según las necesidades del cliente.
- Excelentes terminados y presentación.

El instrumental producido por Marthé de acuerdo al campo de acción se describe a continuación:

INSTRUMENTAL PARA OPERATORIA		
Aplicador de Docal	Cinzel cavidades	Mercaptano
B. Doble #28-29	Condensador #1,2,3	Mortonson # 1,2
B. Sencillo #28 g	B. sencillo #29 p	Biselador No. 1
Cemento doble	Cemento Extralarga	Cemento SencillaCorta
Cera Vehe	Esteróbalo # 28 g, 29	FP3
Gritman	H- B 29-34 p	Hollembach #1, 2
Horqueta #32 g,34p	Meza incizal con tornillo	Recortador de Borde #1
Rellenador conductos B40	Surcos #21, #21B g	Tallador de Fram #2
Tallador de Lecron	Tallador de roach	Woodson 31,2,3
B. Cúspides	Condensador Cónico	Bisturí de Orban
Cemento Sencilla larga	Glick #1, #2	Tallador de Roach
Recortador de ionómetro	Tallador de Fram 6-10 doble	Cleoid Discoid

INSTRUMENTAL PARA EXAMEN		
Cabos para espejos #5	Explorador doble #5	Explorador sencillo corriente
Explorador doble #5 redondo	Explorador sonda y mixto	Cucharilla paralela
Explorador #23 redondo	Ward #1 y #2	Sonda O.M.S.
Cucharilla mixta	Espejos completos	Pinza algodонера

INSTRUMENTAL PARA PERIODONCIA

CK4,CK6	Raspador de sarro	Cureta de Gracey 1/2", 3/4", 5/6", 7/8", 9/10", 11/12", 13/14", 17/18"
Sonda Williams	Cureta de Mc Call 13/14", 17/18"	
Cureta de Jacquette 31/32" 30/36	Excavador 63-64	Excavador 65-66
Excavador 61-62	Sonda periodontal	Sonda de Navers

INSTRUMENTAL PARA ENDODONCIA

Cánulas para cirugía "c"	Eyector Micro (aguja 16)	Pieza para empacar y cortar conos
HB endodóntico	Cucharilla endodóntica	Hot carrier (transportador de calor) 4
Cucharilla endodóntica #1 micro	Microespejo #1,2,3,4	
Microespejo mediano endodóntico	Retro – obturador micro	Espaciador para caminos 0.25
Retro obturador apical #18	Explorador endodóntico	Obturador B-30, B-40
Eyector #2,3,4	Stropko irrigador	Retrocondensador endodóntico.
Cleoid-discoïd endodóntico	Pinza para microcirugía	Espaciador A-25, A-30, A-40
Microespejo pequeño endodóntico	Retro obturador curvo 8 mm	

INSTRUMENTAL PARA PEDIATRIA

Aplicador de Dycal doble	Bruñidor surcos #21	Explorador doble pediátrico
Cabo espejo pediátrico #4	Explorador Sencillo Pediátrico	Arco de Young
Formas plásticas	Bruñidor de Bola Sencillo	C-K-P
Bruñidor F.P.3	Cleoid Discoïd Pediátrica	Pinza algodónera pediátrica
Condensador de Amalgama #1 SE	Recortador de ionómero ped.	Bruñidor Mixto bola 21
Tallador de Fram#2	Bruñidor mixto H-B pediátrico	Espejo pediátrico completo
Aplicador de Sellantes	C-K-Mini	Mortonson #1 CAP ped.
Bruñidor Horqueta Sencillo	Cucharilla minidoble	Tallador de Fram 6-10

INSTRUMENTAL PARA CIRUGÍA ORAL

Abrebocas adultos	Elevador Bein DL34 (recto grueso)	Espátula 7-A
Elevador Bein DL35	Ensanchador de hueso #1,2,3	Adaptador Manual
Gancho de piel	Cureta Lucas #1 pequeña	Elevador Seldin 23 pediátrico
Cureta de Lucas #2 grande	Elevador Seldin 23 tipo HF	Martillo para cirugía
Elevador Seldin 68 palno	Osteótomo No. 1,2,3,4,5	Elevador Apical der. Izq., recto
Periostótomo o elevador de periostio	Elevador Bein DL pediátrico	Elevador Seldin DL 226 uña gato der.
Elevador Bein DL32 (recto delgado)	Elevadores de Pott izq., Der.	Pinzas Adson
Separador de Minesota	Retractor de Colgajo (2,3)	Elevador Flohr DL 238 (acanalado izq.)
Pinzas para suturas	Elevador Flohr DL239 (acanalado der.)	Elevador tercio final recto
Abrebocas pediátrico	Elevador Seldin 23	Hacha #1 y2
Disector de Freer	Elevador Seldin DL225 uña gato izq.	Peristótomo de Molt
Elevador Bein DL33	Elevador Tercio Final der., izq.	Separador de Farabeu

INSTRUMENTAL PARA ORTODONCIA

Director de Cadeneta	Director de Ligadura	Portaelásticos
Director de Ligadura con estrías	Empujador de bandas metálicas	

INSTRUMENTAL PARA REHABILITACIÓN Y ESTÉTICA ORAL		
Alam Boloccia	Elevador Pac curvo (posterior)	Tallador Universal de resinas TUR
P.K. Marthé #1	P.K. Thomas #1	Darby Perry
Espátula para moldear resina PMR # 1,2,3,4,5	Espátula para contornear resina PCR	Espátula para tallar resina PTR # 1,2,3
Elevador PAC recto anterior	Espátula SCODB	Retractor de Encías
Extractor de núcleos	Tallador de Lomos	Espátula de porcelana #1,#2,#3
Baja puentes o extractor de coronas	Interproximal (PMR #6)	Paralelómetro
Empacador de hilo retractor	Heliomolar P-1	I – R # 1,2 liviana

Tabla 4. Instrumental Producido por Marthe.

1.4.6. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Los marcos de referencia para la fabricación de cada producto se han ido presentando por la competencia europea y estadounidense así como por la inquietud de odontólogos del país.

La variación dimensional del instrumental más allá de diferenciar cada producto se hace con el fin de perfeccionar la función a la que se le ha destinado, los grandes diámetros y longitudes pueden llegar a presentar molestias en odontólogos y pacientes, por lo que se hace necesario el redimensionamiento de algunas piezas y productos. Dicha tarea está a cargo de diseñadores de Marthé con la colaboración de profesionales de la odontología que se encargan de hacer pruebas y experimentaciones hasta encontrar el mejor diseño. Por tal razón se

puede asegurar que el instrumental que fabrica Marthé es adaptado a los percentiles colombianos, lo que crea confiabilidad al cliente en sus productos¹.

El instrumental se fabrica en acero inoxidable y consta de dos partes importantes: el **cuerpo** que es la parte por donde el odontólogo toma el instrumental y la punta o **parte activa**, la cual es la herramienta que hace contacto con la boca el paciente.

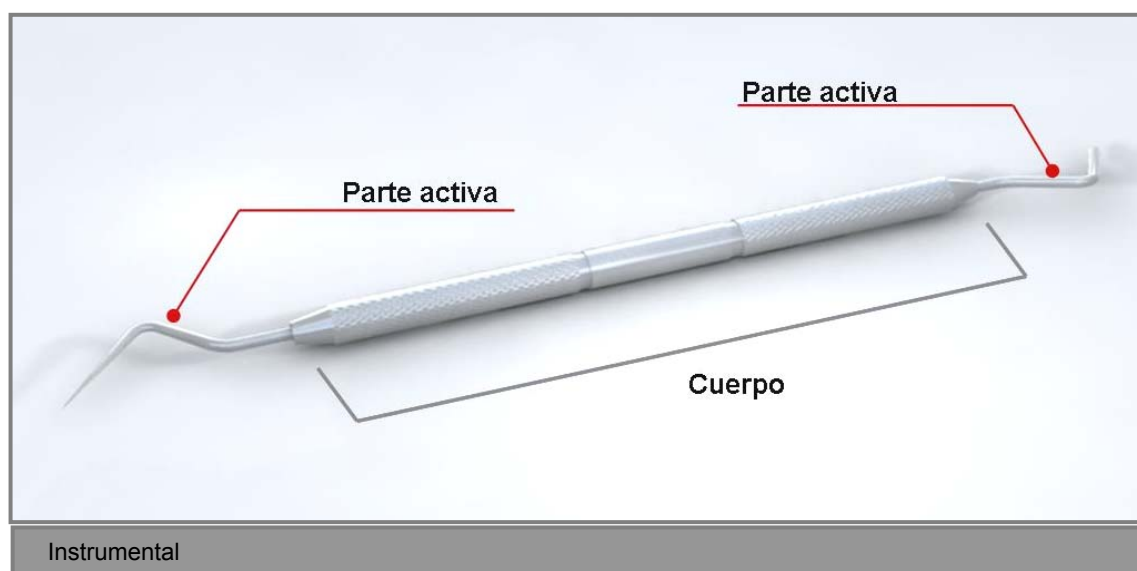


Figura 5. Partes del Instrumental

Dependiendo del número de partes activas que contenga el instrumental puede ser de dos tipos:

¹ La innovación tecnológica en la industria colombiana. Un estudio de dos cadenas industriales

Instrumental tipo 1: una perforación para una parte activa

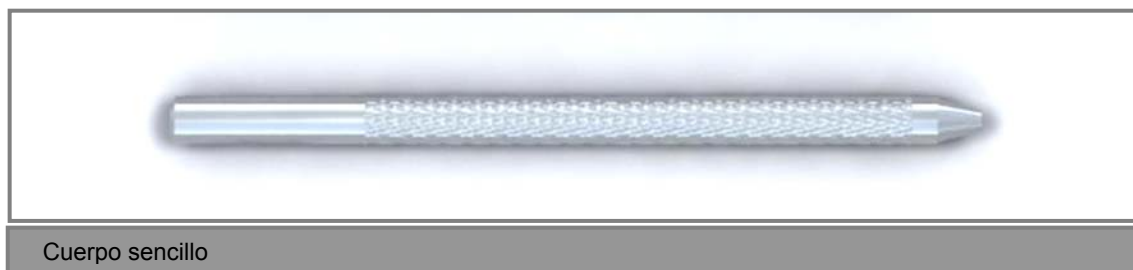


Figura 6. Instrumental tipo 1

Instrumental tipo 2: doble perforación para dos partes activas

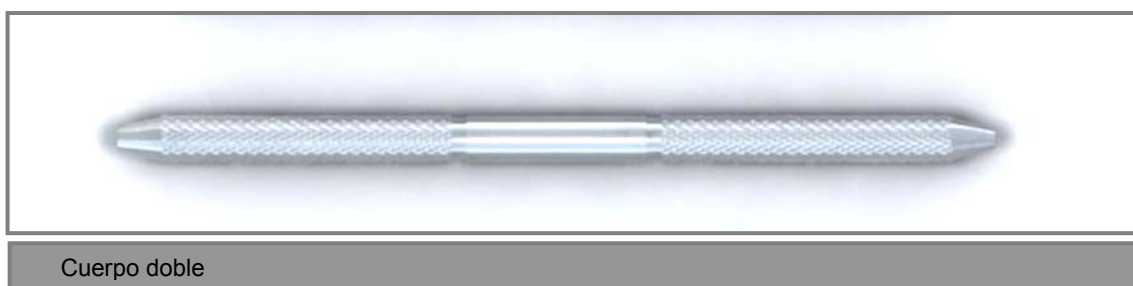


Figura 7. Instrumental tipo 2

Los intervalos dimensionales que se manejan en Marthé para el la fabricación de los cuerpos son los siguientes:

ESPECIFICACIONES DEL INSTRUMENTAL A ENSAMBLAR										
VARI LLA	CUE RPO	LARGO TOTAL	BAHIAS		CONOS		PUNTAS		AGUJEROS	
Ø pulgadas	TIPO	mm.	No	Longitud mm.	No	Longitud mm.	Ø mm.	Longitud mm.	Ø mm.	Prof mm.
3/16	Sencillo	80	1	30	1	3	1.5	32	1.4	7

7/32	Doble	90	2	35	2	5	2.0	35	1.9	9
1/4	mixto	100		38		6	2.7	36	2.6	
		107		40			3.0	38	2.9	
		120		48				40		
		130		50				42		
		140		76				43		
								45		
								51		

Tabla 5. Dimensiones del instrumental

Las diferentes combinaciones entre longitudes, diámetros y tipos de cuerpos que se pueden presentar, acompañados de las longitudes y diámetros de las partes activas han sido agrupadas en 23 estándares que permiten mayor facilidad al momento de ordenar la producción. De dichos estándares se obtienen las cerca de 230 referencias de instrumentales que pasan por el proceso de empate; los detalles de estos se pueden observar en los anexos A.

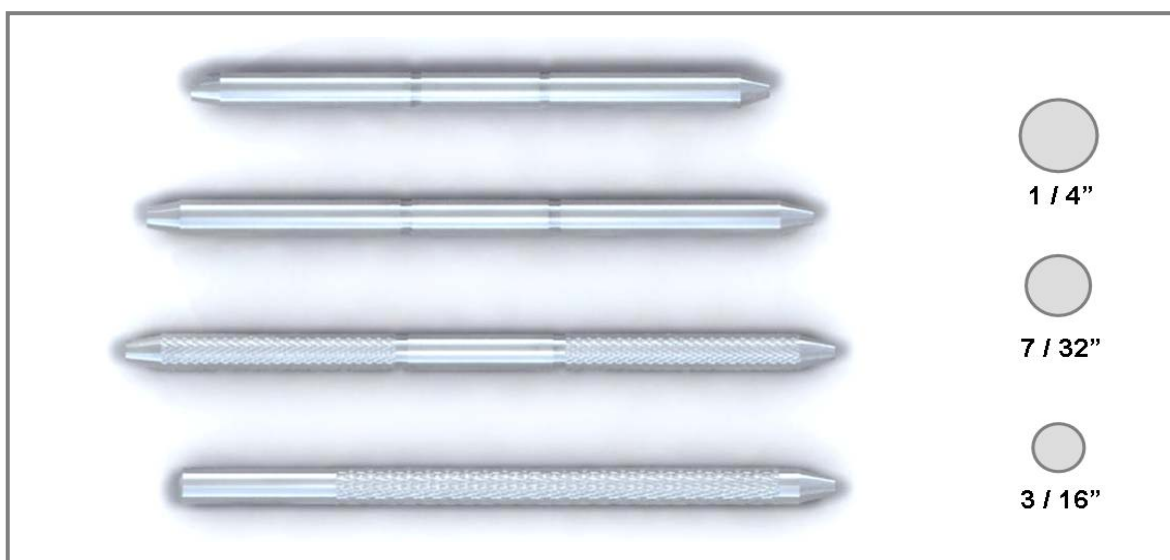


Figura 8. Cuerpos para Instrumentales y diámetros

1.4.7. CARACTERÍSTICAS FORMALES

Uno de los rasgos más importantes del instrumental son los acabados y la presentación que logran con procesos de lavado y brillo; el moleteado exterior que le otorga buena apariencia al instrumental y ayuda al odontólogo en la manipulación y buen agarre de la herramienta.

Cada instrumental requiere unos límites de flexibilidad diferentes dependiendo del tipo de material a manipular (resinas o acrílicos) o de la función que vaya a desempeñar. La diferenciación de estos productos está en la adaptación que hacen a la contextura y fisionomía de la población colombiana para lo que utilizan formas y dimensiones diferentes a cualquier instrumental importado.

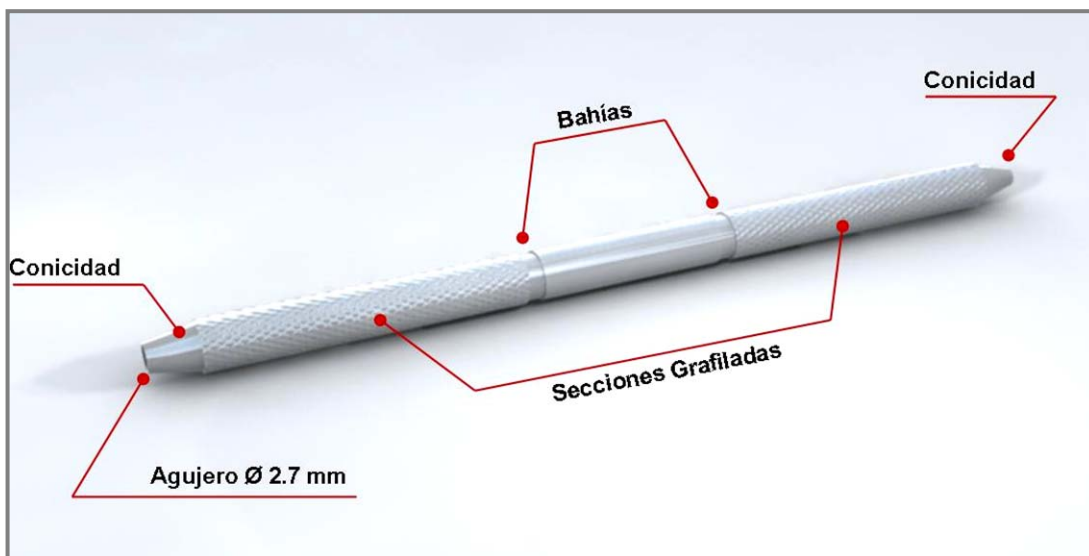


Figura 9. Partes componentes del cuerpo del instrumental.

En los cuerpos del instrumental se encuentran rasgos característicos como: la conicidad en las puntas, las bahías que demarcan las zonas de agarre y marcado del instrumental; los espacios delimitados para asir el herramental están grafilados para darle mayor agarre, el cual se realiza en pasos posteriores al igual que el estampado del instrumental.

El acero inoxidable brinda un acabado espejo a los instrumentales, además de resistencia a la corrosión y al desgaste lo que le otorga al instrumental una vida útil mayor.

1.4.8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los insumos que utiliza la empresa son netamente aceros inoxidables con diferentes propiedades de acuerdo a su uso; debido a que las partes activas

deben estar sometidas a grandes esfuerzos durante su uso, su resistencia es mayor que el acero utilizado en el cuerpo del instrumental, requiriendo así de un mayor límite elástico.

En el cuadro se muestran las materias primas utilizadas por Marthé para la fabricación de herramientas (instrumental) odontológicas.

PRESENTACION DEL ACERO			
ALAMBRE acero inox.302 (diámetro)	VARILLA acero inox. 304 (diámetro)	TIUBING acero inox. 304 (diámetro)	LAMINA Inox. 304
1.5mm	3/16”	1/4”	7/64”
2.0mm	7/32”		
2.7mm	1/4”		
3.0mm			
5.0mm			
6.0mm			

Tabla 6. Presentación del acero.

El cuerpo del instrumental se fabrica con acero austenítico AISI 304 y las partes activas del instrumental con acero austenítico AISI 302; estos aceros inoxidables se pueden considerar como aceros de mediana resistencia con extraordinaria ductilidad, gran resistencia a la corrosión atmosférica y al agua del mar, al ataque de ácidos alimenticios, ciertos ácidos minerales, la mayoría de los ácidos

orgánicos y muchos otros agentes corrosivos. El acero de las partes activas es más dúctil y por lo tanto más resistente a esfuerzos y cargas que el AISI 304¹.

La organización de los diferentes instrumentales dependiendo del número de conos, bahías y de partes activas se encuentra estandarizada en la empresa como se demuestra en los anexos A.

1.4.8.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS

ACERO AUSTENÍTICO AISI 304

COMPOSICIÓN QUÍMICA					
C	Cr	Ni	S	Mn	Si
0.08%	18.0%	8.0%	0.030%	≤	≤
----	20.0%	10.5%	----	2.00%	1.00%

Tabla 7. Composición química acero AISI 302

Propiedades:

Buena resistencia a la corrosión, excelentes propiedades de conformación en frío y soldabilidad, no se garantiza la resistencia a la corrosión intercrystalina.

Aplicaciones:

¹ Compañía General de Aceros. Catálogo de productos.

Piezas varias, electrodomésticos, industria agrícola y alimenticia.

ACERO AUSTENÍTICO AISI 302

Presentación: únicamente en alambre.

Referencias: DIN X10Cr-Ni 188-8

SAE 30302

UNI X15CN1808

ANÁLISIS QUÍMICO	
COPUESTO	CANTIDAD (%)
C máx.	0.15
Mn máx.	2
P máx.	0.045
S máx.	0.03
Si	1
Cr	17-19
Ni	08-Oct

Tabla 8. Análisis Químico acero AISI 302

Propiedades Mecánicas:

PROPIEDADES MECÁNICAS		
	Laminado en caliente	Hipertemple
Resistencia a la tracción Kg/mm ²	60/70	50
Límite elástico Kg/mm ²	35	40
Alargamiento %	30	35
Reducción área %	40	40
Dureza Brinell 30/10	270	150/180

Tabla 9. Propiedades Mecánicas acero AISI 302

Tratamientos Térmicos:

Tratamiento	Forja	Hipertemple
Temperatura °C	930/1200	1010/1120
Medio Enfriamiento	aire	agua

Tabla 10. Tratamientos Térmicos acero AISI 302

1.4.8.2. NORMAS

Actualmente no existe normatividad para empresas dedicadas a la elaboración de material e instrumental odontológico en Colombia debido a que la oferta es poca y la necesidad es puntual; además de representar un porcentaje muy bajo en la fabricación de instrumental a nivel mundial.

Las empresas europeas y estadounidenses representan para las microempresas colombianas un estándar de Calidad y diseño por medio de la utilización de materiales quirúrgicos con propiedades anticorrosivas de alta resistencia al desgaste; permitiéndoles competir de una manera equilibrada; siendo éste el único patrón a seguir actualmente para la manufactura de material odontológico.

La Federación Odontológica Colombiana junto con Marthé Arias Sucesores a partir del año 2000 empezó a crear normas para estandarizar el vocabulario utilizado por las empresas y microempresas manufactureras de herramental

odontológico. De igual manera el Icontec le hizo un llamado para la creación de un comité organizador cuyo objetivo a largo plazo es el de la creación de normatividad para regular la fabricación de instrumental odontológico en el país, ya que la única norma desarrollada por ellos ha sido la norma técnica colombiana **NTC 2242 del 86/11/19** referente a los términos utilizados en odontología. .

1.4.9. PROCESO DE PRODUCCIÓN

La empresa Marthé Arias Sucesores, cuenta con una planta de producción en la cual se llevan a cabo la totalidad de los procesos de fabricación del instrumental que van desde el procesamiento de la materia prima hasta el empaque del producto ya terminado, para la cual se valen de la ayuda de un aporte fundamental de la mano de obra especializada y de la maquinaria y equipo referenciados en la siguiente tabla.

MAQUINARIA Y EQUIPO	
Torno revólver	Prensa # 5
Cizalla mixta (Cuchilla y enderezadora)	Motortool o Foredom
Torno paralelo de 40 cm entre puntos	Torno paralelo 50 cm entre puntos
Torno paralelo de 15 cm entre puntos	Taladro grande de banco
Taladro pequeño de banco	Esmeril de ½ HP (3) y ¾ HP (4)
Taladro Fresador	Pulidora (2 puestos)
Mesón lijadoras (5 puestos)	Marcadora de presión
Marcadora de rodillo	

Tabla 11. Maquinaria y equipo utilizado por Instrumental Marthé.

Los programas de mejoramiento continuo en la empresa han permitido fortalecer dichos procesos, optimizándolos y además estableciendo políticas de producción a corto, mediano y largo plazo que han llevado a la empresa a un desarrollo tecnológico. Los procesos de fabricación de instrumental a grandes rasgos se pueden enmarcar en 11 etapas comprendidas en 3 fases que hacen referencia al avance del acabado del instrumental. Dichas etapas a su vez comprenden uno o varios procesos individuales definidos de la siguiente manera:

FASE	ETAPA	PROCESO
FASE DE INICIO	1. CORTE DE CUERPOS	Taladrado de la varilla
		Realización de Conos
		Demarcación de los espacios del grafilado
	2. ALISTAMIENTO PARA EMPATE DE PUNTAS	Enderezado de Alambre
		Corte de Puntas
		Realización de Semipuntas
		Empate
	3. REFRENTADO DE PUNTAS	Enderezado de Puntas empatadas
		Refrentado de Puntas
	4. MAQUINADO DE PUNTAS	Aproximación de medidas
		Diseño de la parte activa en el torno
	5. TERMINADO DE PUNTAS	Esmerilado
		Aproximación de Medidas
		Lijado
		Realización de dobleces

FASE DE FINALIZACIÓN	6.GRAFILADO DE LOS CUERPOS	Lijado del cuerpo
		Moleteado del cuerpo
	7. MARCADO DEL INSTRUMENTO	Marcado del cuerpo
		Numeración (de acuerdo al tipo de instrumental)
		Lijado (de acuerdo al tipo de instrumental)
	8. BRILLADO DEL INSTRUMENTO	Pulido del instrumento
		Brillado total del instrumento
	9. LAVADO DEL INSTRUMENTO	Lavado del instrumento
		Secado del Instrumento
	10. CONTROL DE CALIDAD	Revisión de instrumental de acuerdo a patrones establecidos
	11. EMPAQUE DEL INSTRUMENTO	Corte del poliestireno expandido.
		Realización del empaque
		Empaque del instrumento

Tabla 12. Procesos de fabricación de instrumental.

El proceso productivo de Marthé obedece a satisfacer una demanda bajo pedido. Los procesos de manufactura del instrumental son realizados por personal idóneo que se valen de la técnica de ingeniería de detalle para los procesos posteriores de terminado y finalización del producto¹.

¹ VARGAS, Marisela. La innovación tecnológica en la industria colombiana. Un estudio de dos cadenas productivas. Edición Bogotá, Octubre de 2003. Impreso en Colombia. Pág 12-121.

1.4.10. TIEMPOS Y VOLÚMENES

Marthé cuenta con el 55% de la participación nacional; su nivel de producción actual es de aproximadamente 1500 unidades mensuales y el tiempo para la elaboración de cada instrumental depende de su complejidad. Partiendo del corte y finalizando en el pulido y lavado de los cuerpos, el instrumental se puede elaborar entre 24 y 60 minutos, con un promedio de fabricación de 42 minutos. Los procesos de fabricación de instrumental odontológico son en su mayoría artesanales y dependen de la habilidad del operario y del entorno del puesto de trabajo, el tiempo de fabricación de herramental. La contribución por instrumental para los periodos de 2003 y 2004 de acuerdo a su especialidad se encuentran representados a continuación:

CONTRIBUCION POR INSTRUMENTAL 2003-2004				
PRODUCTO	PRODUCCIÓN 2002	CONTRIBUCIÓN A VENTAS	PRODUCCIÓN 2003	CONTRIBUCIÓN A VENTAS
Operatoria	2267	22.2%	1566	16.0%
Exámen	1700	16.6%	1718	17.5%
Periodoncia	693	6.8%	547	5.6%
Ortodoncia	95	0.9%	34	0.3%
Endodoncia	714	7.0%	767	7.8%
Cirugía Oral	533	5.2%	569	5.8%
Pedriatría	535	5.2%	313	3.2%
Rehabilitación y Estética Oral	3555	34.8%	3357	34.2%
Especiales	119	1.2%	942	9.6%
TOTAL	10.211	100%	9.813	100%

Tabla 13. Contribución por Instrumental año 2003 - 2004

1.4.11. ENTORNO ECONÓMICO Y DE MERCADEO

La cantidad de instrumental mensual fabricado por Marthé es netamente sobre pedido para atender los siguientes mercados nacionales:

- Estudiantes de Odontología de I a X semestre.
- Odontólogos generales, en la práctica de su profesión.
- Odontólogos que adelantan estudios de educación continua o de postgrado.
- Odontólogos especializados en el ejercicio profesional.
- Clínicas, hospitales y entidades del sector salud en general.
- Instituciones de educación que ofrecen programas académicos en el área de la odontología.

Para el año 2004 las exportaciones se realizaban únicamente a Chile; desafortunadamente para el año 2005 fueron canceladas debido a la baja rentabilidad de los productos. Pese a esta situación las intenciones de la empresa son las de continuar con los programas que le permitan abrirse a nuevos mercados y le lleven a posicionarse internacionalmente. Con miras a la exportación de sus productos a países sur americanos, Marthe se encuentra en la capacitación para la acreditación de la norma ISO 9000 y 9001 que los certifica como una empresa con altos niveles de calidad. Las proyecciones son las de aumentar la producción para el año entrante en un 15% a fin de llevar las expectativas de la empresa en cuanto a requerimientos para exportación a países como España, Perú y Chile que según estudios realizados por la empresa junto con Proexport muestran a estos países como clientes potenciales.

2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

Este proyecto ofrece una respuesta a las necesidades de mejoramiento continuo presentado por la empresa Marthé Arias Sucesores, en el área de producción de instrumental odontológico, en donde se mostrará la capacidad del Diseñador Industrial para el planteamiento y puesta en marcha de soluciones a problemas particulares y de alta complejidad.

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La identificación de un problema dentro su entorno, se realiza inicialmente mediante la observación de los efectos negativos sobre los intereses de la empresa o sobre sus proyecciones y objetivos; de esta manera, Marthé, plantea como su principal problema la ineficiencia de los procedimientos seguidos en uno de los procesos de fabricación de instrumental odontológico conocido como empate de puntas o partes activas, ubicado dentro de la etapa de alistamiento (ver ***descripción del proceso general* pág. 36**), situación que presentaba un cuello

de botella manifestado por demoras en el proceso productivo y por consiguiente un aumento en los precios de venta del producto final.

Tal inquietud corresponde a la necesidad que como empresa se tiene de competir fuertemente en el ambiente internacional y aumentar sus márgenes de producción, en donde la prioridad deberá ser ante todo, la de optimizar sus procesos, reducir los tiempos de ejecución del producto, ofrecer mejores precios y en este orden de ideas, obtener mayores márgenes de utilidad.

Sin embargo, nuestra labor como diseñadores nos lleva a un análisis integral del proceso en donde no sólo se tengan en cuenta las necesidades de alta producción propuestas por la empresa sino las que corresponden a la simplificación y mejora de métodos comprendidas en cuatro aspectos importantes, a saber:

- **Factor Humano:** dado que el recurso más importante de cualquier empresa es el humano; se tiene como principal punto a evaluar la acción que el operario ejerce en cada puesto y las repercusiones sobre su salud a mediano y largo plazo.
- **Calidad del producto ofrecido:** Las buenas condiciones con que son entregados los productos al usuario final, y la correspondencia de cada uno de éstos frente a los requisitos mínimos de calidad necesarios para garantizar una vida útil prolongada, determinarán en gran medida la aceptación y el desempeño de la empresa en un ambiente competitivo.

- **Plazo o tiempo de fabricación:** La velocidad y efectividad con que son realizadas todas las tareas para la fabricación de los productos demandados conocido como **plazo global** es fundamental para este tipo de empresas en donde el trabajo se realiza sobre pedido, pues en este caso el plazo de entrega es un factor decisivo para el cliente. El segundo aspecto son los **plazos parciales** que se refieren a la agilidad de cada uno de los procesos para evitar los cuellos de botella y asegurar un adecuado flujo del trabajo en el que no se vea afectado el plazo global de fabricación.
- **Precio de coste:** todos los factores anteriormente mencionados tienen una repercusión directa sobre el costo del producto, elemento que le permitirá a la empresa lograr una aceptación, mayor competitividad en el mercado y adecuados márgenes de utilidad.

La identificación de tales problemas dentro del entorno de trabajo, se ha de realizar por medio de un estudio consciente que lleve a identificar en qué medida están afectando a la empresa y más adelante a seleccionar la mejor solución a adoptar mediante la labor de diseño industrial.

2.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Como parte del mejoramiento continuo de la empresa, Marthé Arias Sucesores realizó un estudio de tiempos hacia Noviembre de 2003 para detectar demoras en las fases de fabricación de instrumental. Las conclusiones para las fases de terminado y finalización de instrumental fueron las siguientes:

- La experiencia de cada trabajador influye notablemente en los tiempos de operación de acuerdo al periodo de labor que llevan dentro de la empresa.
- Una de las piezas con procesos más largos dentro de estas fases fue la **espátula mercaptano** con un ciclo de 72 minutos.
- Se pudo observar que las interrupciones que existen dentro de las operaciones son debidas a la verificación constante con el Jefe de Producción de las medidas y formas de las piezas.
- Las sillas utilizadas para el área de lijado no son las adecuadas para el trabajador, lo que genera posturas incorrectas.
- Los operarios no poseen protección para el ruido constante de los esmeriles, tornos y procesos de troquelado.

Finalizado el estudio la empresa implementó un programa de mejoramiento con dotación de equipos de protección industrial, y capacitación a los operarios para su correcta utilización en el puesto de trabajo; además de estandarizar algunos procesos con el fin de reducir tiempos en la fase de finalización.

Este y otros estudios realizados en el transcurso de 2004 para las dos fases finales de fabricación de instrumental, demuestran que las demoras reales del

proceso completo se encuentran en la **fase de inicio** y que es allí donde la empresa debe dirigir sus esfuerzos para la optimización del procedimiento completo. De acuerdo a estudios de observación, la gerencia identificó que la parte crítica de la fase de inicio se encuentra en el **empate de los cuerpos**. Los argumentos allí mostrados hacen referencia a la cantidad de tiempo demandada para la realización de dicha tarea por cada instrumental, lo que genera un cuello de botella sobre la producción total. No obstante, dicha observación se realizó teniendo en cuenta experiencias de trabajo anteriores, en donde existía una considerable reducción en el tiempo de este proceso mediante la utilización de un dispositivo de operación manual diseñado por Carlos Arias (Fundador de Marthé) en el que se ejecutaba el empate simultáneo de 5 instrumentales de cuerpo doble con elevada eficiencia, el cual fue subutilizado cuando comenzó a presentar notorios signos de deterioro. En el **anexo B** se presenta un detalle de dicho dispositivo con la explicación de su funcionamiento.

Es evidente que este punto de vista no nos permite visualizar el panorama general en el que se pueda detectar verdaderamente el foco del problema, sino que por el contrario nos daría paso a generar soluciones parciales que en nada mejoren la situación. Tales circunstancias nos llevan a la realización de un estudio de todo el entorno del proceso de empate de cuerpos, y de los procesos adyacentes en los cuatro aspectos que corresponden a la simplificación y mejora de métodos anteriormente mencionados (Factor humano, Calidad del producto, Tiempo de fabricación y Precio de coste).

Para explicar mejor el contexto de dicho estudio, realizamos a continuación una descripción de los procesos que intervienen en la fase de inicio, acompañada de las funciones del operario y la maquinaria con que éste realiza cada tarea, seguida de gráficos explicativos que muestran la transformación que se le realiza a la materia prima.

2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

La fase de inicio comprende diversas operaciones que van desde el maquinado de los cuerpos hasta su ensamble con las partes activas; estas operaciones están normalizadas en la empresa para procesos posteriores de maquinado de puntas y terminado del instrumental, representando un paso obligatorio para las 230 de las 250 referencias que en Marthé se fabrican. En su orden, los procesos que comprenden la etapa de corte de cuerpos son:

2.2.1.1 Corte de cuerpos

Esta etapa comienza con la preparación del material mediante el esmerilado de las puntas de la varilla, operación que facilitará su introducción al torno revólver. Una vez puesto allí, se realiza el mecanizado, el cual, tiene la función de conformar los cuerpos de acuerdo a las necesidades de cada instrumental. De esta manera, se obtienen cuerpos con diferentes diámetros, longitudes y operaciones como los canales transversales o bahías, conos y orificios a los

extremos del cuerpo. El cuerpo entonces pasa de ser una varilla de sección circular, a tener una apariencia similar a la que se ve en la siguiente figura.



Figura 10. Cuerpo ya mecanizado

En término general, el proceso es eficiente y no representa demoras para la empresa, ya que el torno revólver facilita la ejecución de dichas operaciones con alto rendimiento. De esta manera, los tiempos y volúmenes de producción dependen del pedido mensual y en menor medida de la habilidad del operario.

La presentación del material a maquinar es en varilla de acero inoxidable AISI 304 y de acuerdo al estilo del instrumental a producir los diámetros de este varían entre 3/16", 7/32" y 1/4"; así mismo la referencia del instrumental y los planos de éste ayudan al operario junto con un calibrador a desarrollar un trabajo de buena calidad.



Figura 11. Mecanizado de los cuerpos.

Posterior a estos procesos, los cuerpos pasan a una lijadora radial donde se retira la rebaba producto del maquinado en el torno revólver. De aquí el instrumental pasa a ensamble donde espera el enderezado, corte y conicidad de las puntas para ser ensamblados.

MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS			
ESMERIL	TORNO REVÓLVER	CALIBRADOR	LIJADORA

2.2.1.2. Enderezado del alambre

Este proceso es completamente manual y se efectúa para poder realizar la posterior operación de ensamble de las puntas. En esta parte, el alambre es enderezado mediante la acción constante del impacto generado por el operario con un martillo sobre una base de madera. La presentación del material en el mercado es en rollo o chipa y sus propiedades elásticas lo hacen particularmente difícil de maniobrar a la hora de enderezar manualmente.



Figura 12. Presentación inicial del material

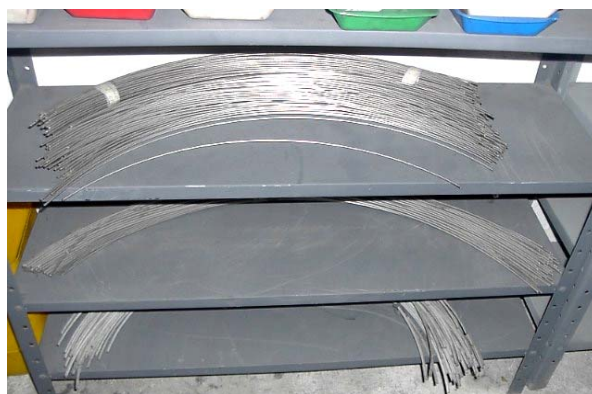


Figura 13. Cortes del alambre en tramos

Los alambres que utiliza la empresa son de 1.5 mm, 2.0 mm, 2.7 mm y 3.0 mm de diámetro y para facilitar el enderezado y maquinado posterior, el rollo es cortado en tramos de 70 cm.



Figura 14. Operación de enderezado



Figura 15. Proceso de enderezado

2.2.1.3. Corte del alambre

Una vez enderezado el alambre se abre paso al corte de las partes activas. La longitud para el corte depende del instrumental que la empresa esté fabricando sobre pedido en ese momento; variando en longitudes de 32 mm a 62 mm. El corte se realiza con cizalla y se hace manualmente con un tope para graduar la

longitud de la parte activa, posteriormente, se corrobora la medida con un calibrador.



Figura 16. Corte de puntas

2.2.1.4. Conicidad del Alambre

Para ser introducidas las partes activas en el cuerpo del instrumental requieren de una conicidad en los extremos, la cual ayuda a encaminar la parte activa al agujero del cuerpo para realizar un ensamble perfecto, a la vez que suprime el defecto de rebaba generado en el corte. Este trabajo es desarrollado por uno o dos trabajadores en el esmeril. Con el fin de agilizar el proceso, los operarios toman de 2 a 4 partes activas en su mano para esmerilarlas a la vez.



Figura 17. Esmerilado

2.2.1.5 Ensamble o Empate

El ensamble del instrumental consiste en introducir la punta o parte activa dentro de los orificios en los extremos del cuerpo por la acción de la presión o el impacto. Para tal efecto, el operario sujeta el cuerpo en una prensa de banco y por medio de golpes introduce un extremo de la parte activa en la perforación del cuerpo del instrumental.



Figura 18. Proceso de empate.

Con el fin de facilitar la labor, la empresa ha fabricado unos dispositivos conocidos como empatadores los cuales son cilindros con una perforación en sentido longitudinal, cuyo diámetro depende del calibre del alambre a empatar (1.5 mm a 3 mm); estos empatadores evitan que la pieza de alambre sufra una deformación al momento del impacto, ya que la sujetan en toda su longitud.



Figura 19. Dispositivos para el ensamble (Empatadores)

Este proceso es manual, y el tiempo de ejecución depende de la fuerza y agilidad con que el operario ejecute los golpes.

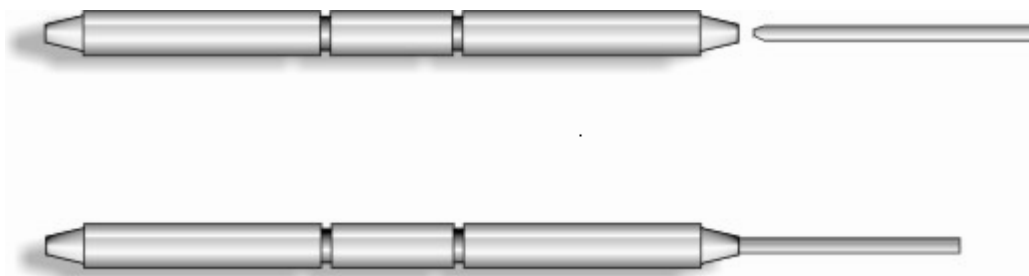


Figura 20. Producto del empate de las partes activas

Con el proceso de empate quedarían listos los instrumentales para el mecanizado de las puntas, sin embargo, aquí se obtienen un par de variables que dificultan la uniformidad que se requiere, por un lado se encuentra que el alambre ya empataado sufre una considerable deformación por flexión a causa del impacto, y por otro lado, las longitudes de las partes activas son desiguales debido a que no se introdujo la cantidad suficiente dentro del agujero del cuerpo, así que tendrán que ser corregidas las puntas en los siguientes pasos:

2.2.1.6. Enderezado de las puntas ya empataadas.

La deformación de las partes activas ya empataadas por lo general se presenta en la zona donde se encuentra incrustada en el cuerpo, de manera que el proceso que sigue para su enderezado tendrá que realizarse por medios manuales aplicándole flexión y utilizando herramientas de sujeción y fuerza como las pinzas y alicates. Este proceso depende exclusivamente de la habilidad del operario, quien es el que determina por inspección visual que la parte activa quedó completamente derecha y su importancia radica en que la pieza pase luego a ser mecanizada en el torno, para lo cual deberá evitar cualquier deformación o bote.



Figura 21. Enderezado de las partes activas.

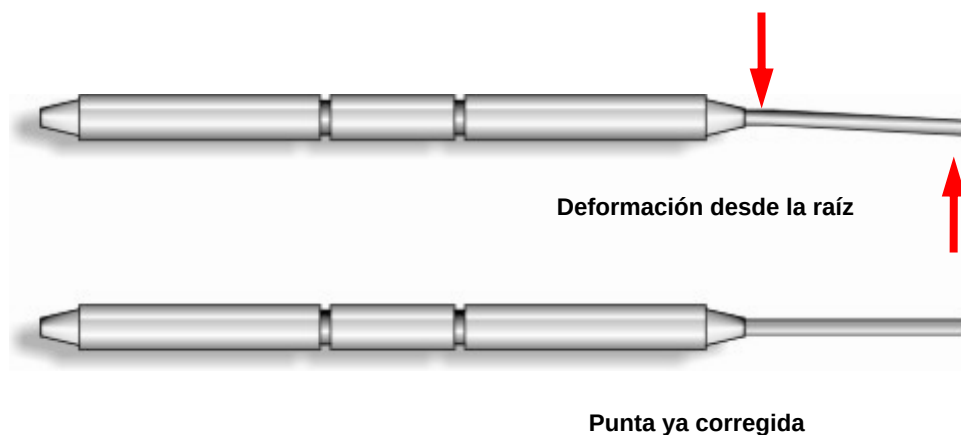


Figura 22. Producto del enderezado de las partes activas

2.2.1.6. Enderezado de las puntas ya empatadas.

Finalmente, la variedad en las longitudes de las partes activas ya empatadas requieren de un rectificado posterior, el cual se realiza en un puesto de trabajo especial que dispone de una prensa móvil para los cuerpos y un disco de corte impulsado por un motortool eléctrico, en este paso las puntas de todos los instrumentales son cortadas a la medida especificada para pasar luego al mecanizado en torno. El proceso en términos generales es lento porque la velocidad de avance que se usa para el corte es baja, y requiere del prensado de cada instrumental.



Figura 23. Refrentado del instrumental.



Figura 24. Dispositivos usados.

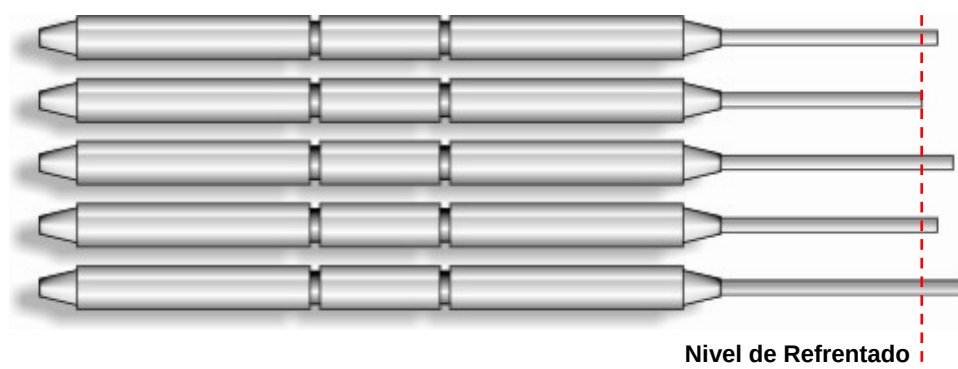


Figura 25. Función del refrentado.

Con el proceso de refrentado se da paso al mecanizado de las partes activas con el que se finaliza la fase de inicio en la producción de instrumental odontológico, la cual, de acuerdo al estudio realizado por la gerencia se ha identificado como la de mayor demora en los procedimientos generales. La anterior descripción nos da paso al análisis integral de los puestos de trabajo, iniciando con la observación de los métodos y tiempos que nos determina el lugar exacto y la magnitud de los cuellos de botella en el proceso general y otros datos en términos de producción.

2.2.2. ESTUDIO DE LOS MÉTODOS

El análisis de los métodos, inicialmente nos dará una idea de las situaciones presentadas actualmente al interior del área de producción relacionadas con aspectos como:

- Orden del flujo de producción.
- Ambiente y condiciones de trabajo.

- Eficiencia en la realización de las tareas y la respuesta al cliente.
- Generación de costos de producción innecesarios¹.

En el siguiente plano se muestra la distribución de planta sobre la que se trazará el diagrama de recorrido de los procesos de alistamiento y ensamble de partes activas y cuerpos.

Los recorridos que realizan los operarios para la realización de todos los procesos se muestran en el diagrama de recorrido, sobre el cual se han trazado los diferentes desplazamientos de los procesos de alistamiento de cuerpos (en línea amarilla), y los de las partes activas (líneas azules).

¹ Análisis y Mejoramiento de los Procesos de la Empresa. Capítulo 6. Edición Bogotá. Pág 55-88.

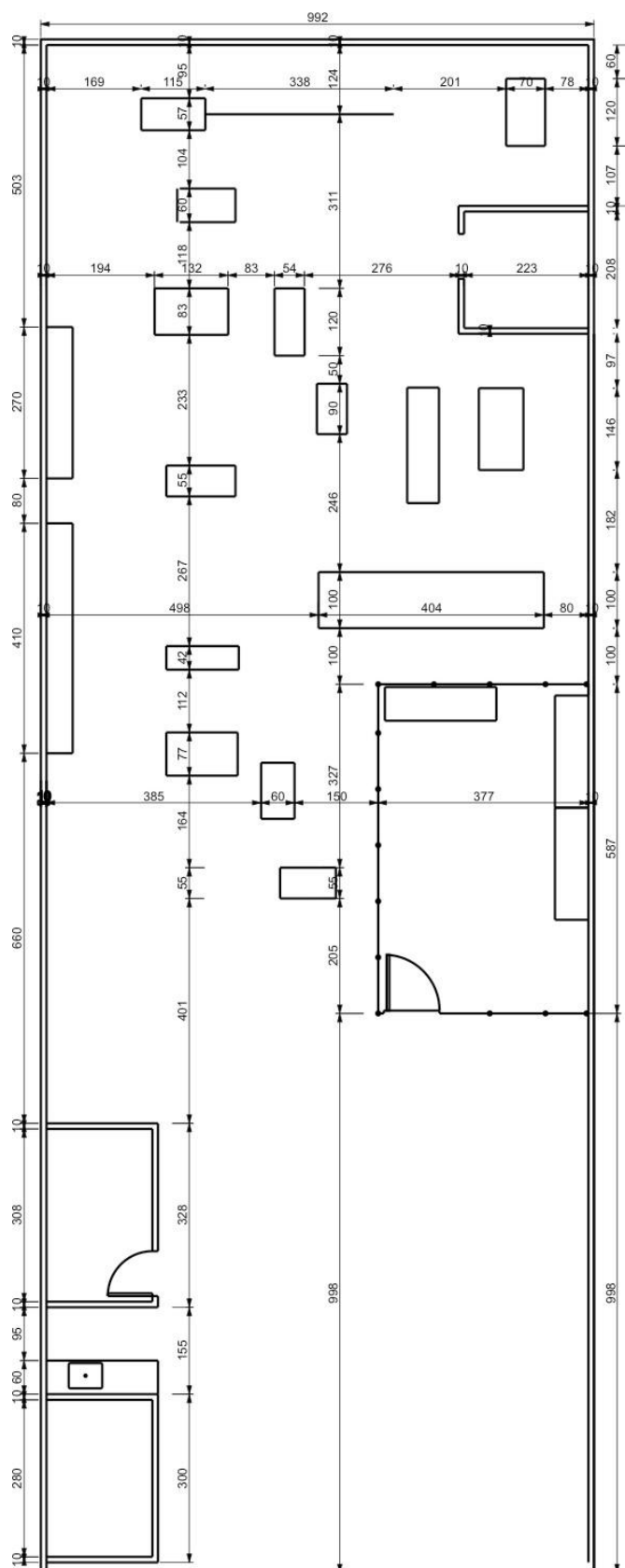


Figura 26. Vista de planta de área de producción.

Esc. 1:20. Medidas en cms.

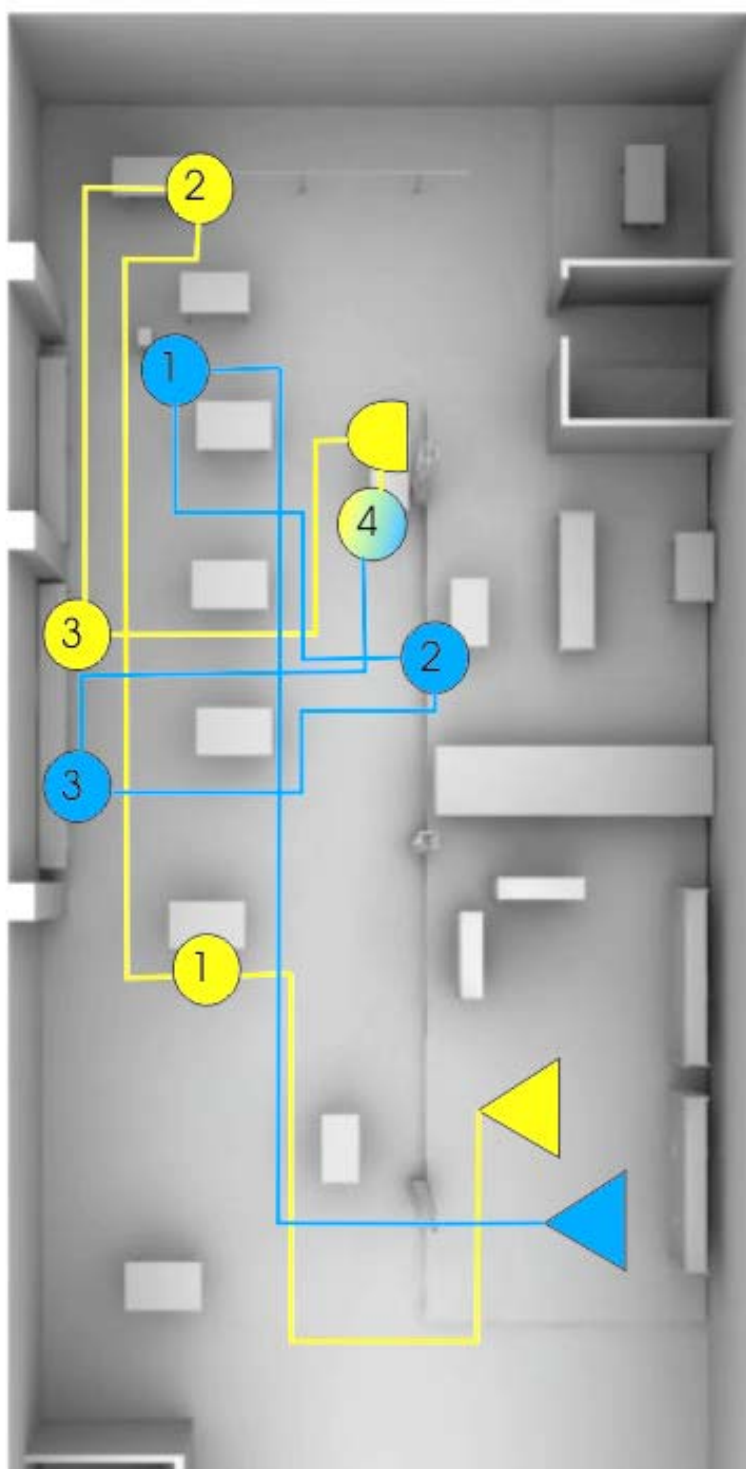


Figura 27. Diagrama de recorrido

La numeración colocada sobre el gráfico corresponde a los procesos realizados en cada línea de la producción:

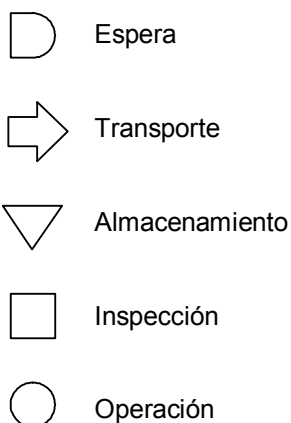
- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Esmerilado de la varilla. | 5. Enderezado del alambre |
| 2. Corte y maquinado de cuerpos | 6. Corte del alambre |
| 3. Esmerilado de cuerpos | 7. Conicidad de las partes activas |
| 4. Empate con partes activas | 8. Empate con los cuerpos |

Sobre los gráficos anteriormente mostrados se pueden realizar las siguientes observaciones:

- En los procesos que van desde el alistamiento de los cuerpos y partes activas hasta el empate, se realiza una serie de desplazamientos muy prolongados y en diferentes direcciones que se cruzan entre si, lo que deja entrever una distribución de puestos de trabajo que se deberá mejorar para el buen flujo de las operaciones.
- Los recorridos se efectúan en ocasiones en espacios angostos y alrededor de maquinaria que puede presentar peligro por las altas temperaturas o velocidades de operación.
- Las herramientas para la realización de las diferentes tareas se encuentran en lugares lejanos muy distantes del lugar de operación, lo que implica unos desplazamientos al inicio y al terminar la labor.

- La puerta de entrada a la bodega está orientada hacia el lado opuesto donde se encuentran todos los puestos de trabajo, lo cual implica un desplazamiento mayor cuando se requiere el empleo de diferentes materiales y herramientas en cada una de las labores.
- La localización de elementos estructurales de la construcción de las instalaciones, y su cercanía a otros elementos como paredes, generan espacios virtuales que no pueden ser utilizados, y que en la mayoría de ocasiones intervienen en lugares de alto tráfico.
- La proximidad de puestos de trabajo como los esmeriles a las paredes compartidas con el vecindario, con el tiempo han creado malestar, debido a que allí se generan vibraciones de alta intensidad, y por tiempos prolongados.
- Los transportes de material, de grandes dimensiones, como el caso de la varilla de 6 m hacia el torno revólver, se realizan por toda la extensión de la planta de producción, lo cual requiere de gran cuidado con el fin de evitar los choques con la maquinaria que allí se encuentra dispuesta y las tareas que se están ejecutando.
- La labor de enderezado no cuenta con una ubicación definida sobre la planta de producción, así que tiene un traslado permanente, de acuerdo a las facilidades de espacio, luz y ruido; situación que va en detrimento del adecuado flujo de operaciones.

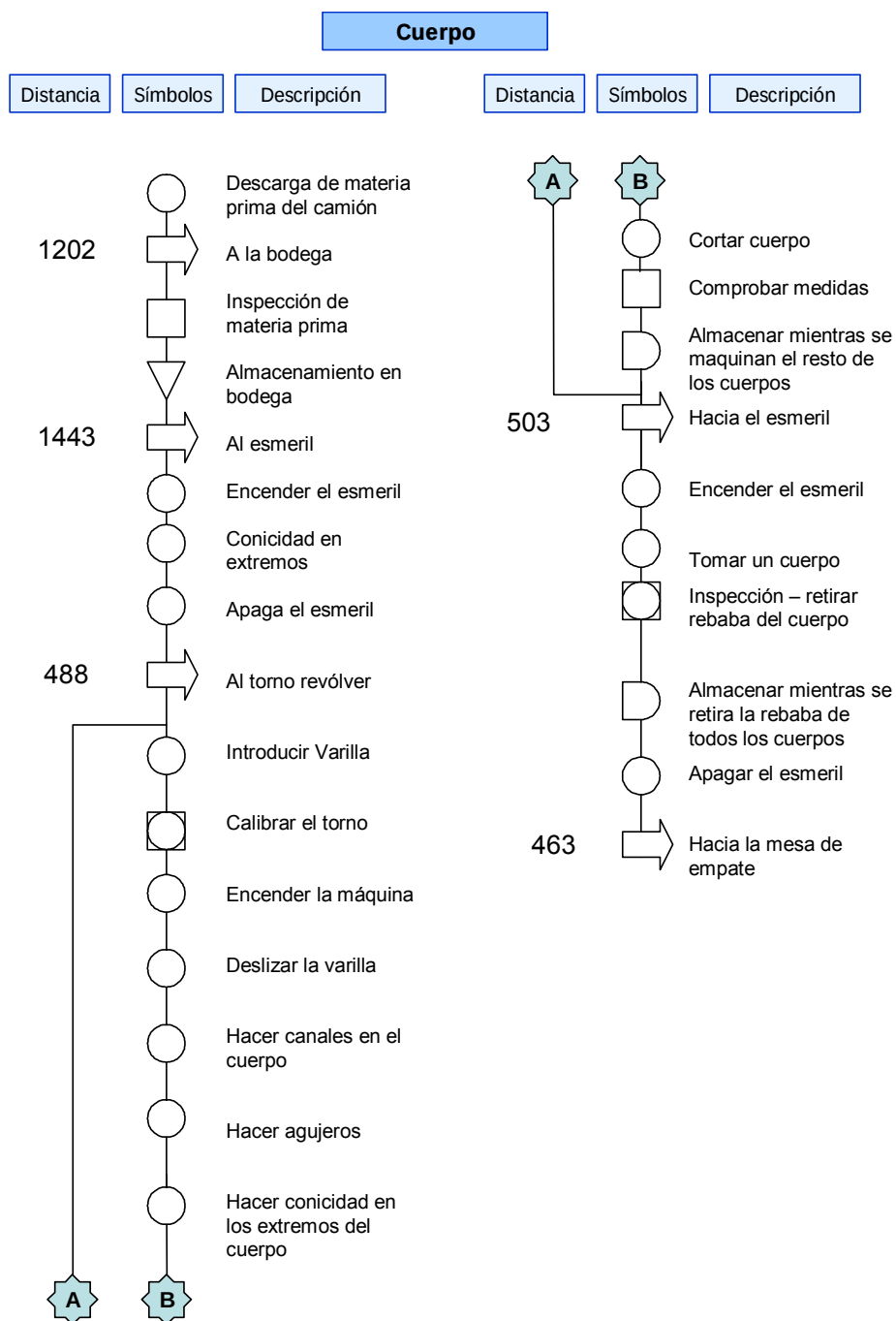
- El siguiente aspecto hace referencia a los diagramas de flujo detallados sobre las mismas operaciones (alistamiento de cuerpos y puntas para empate), en donde se podrán detectar aquellos procedimientos que están generando pasos y esperas innecesarios, y que están afectando la totalidad del proceso.



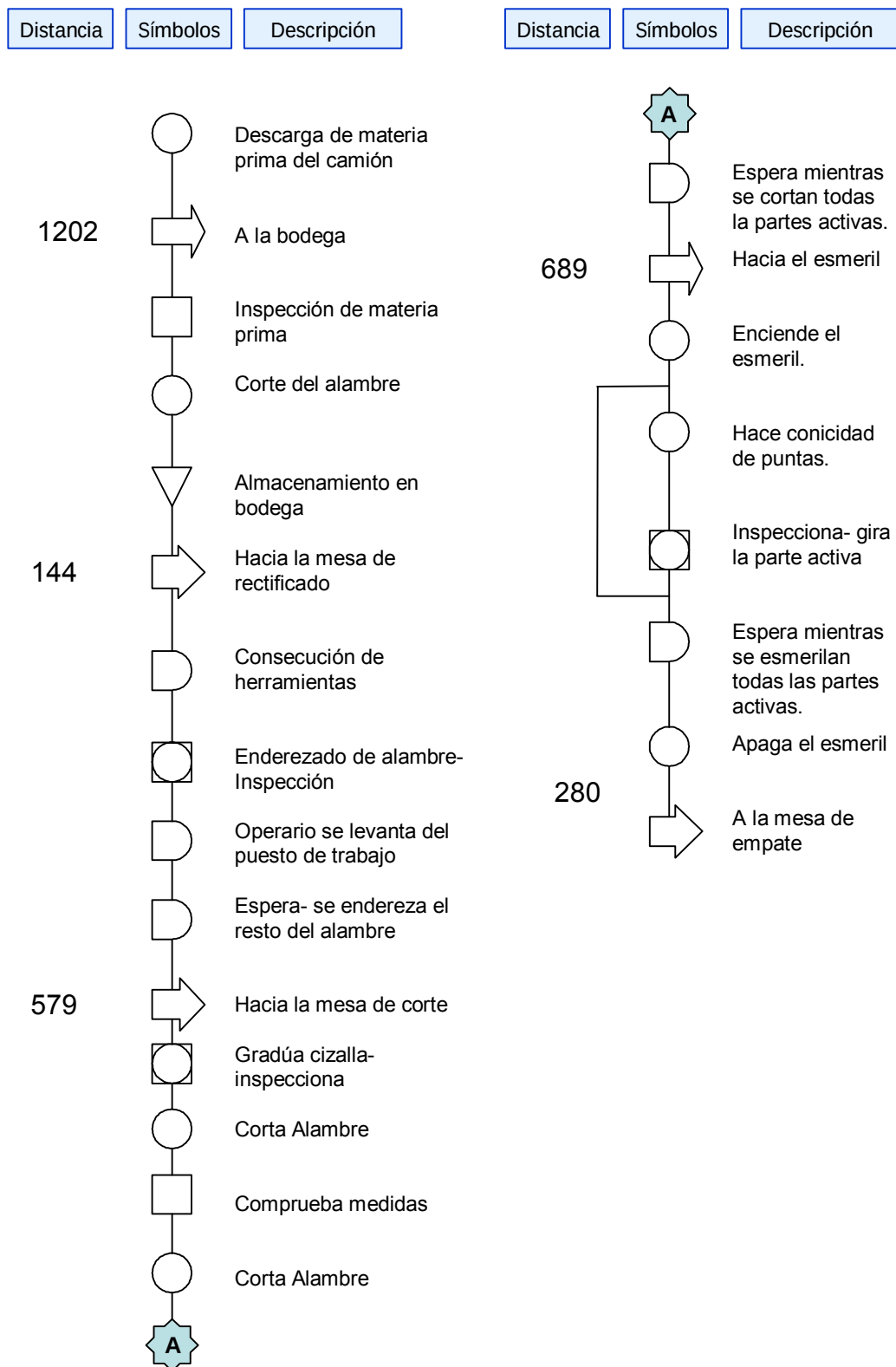
La simbología utilizada es la establecida por la ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) en 1947, y se describe a continuación:

- **Operación:** Se define como la alteración intencional de un objeto en una o más de sus características. Una operación representa una fase principal del proceso y generalmente se realiza en una máquina o en un puesto de trabajo.
- **Transporte:** Se efectúa cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento forma parte de una operación o de una inspección.

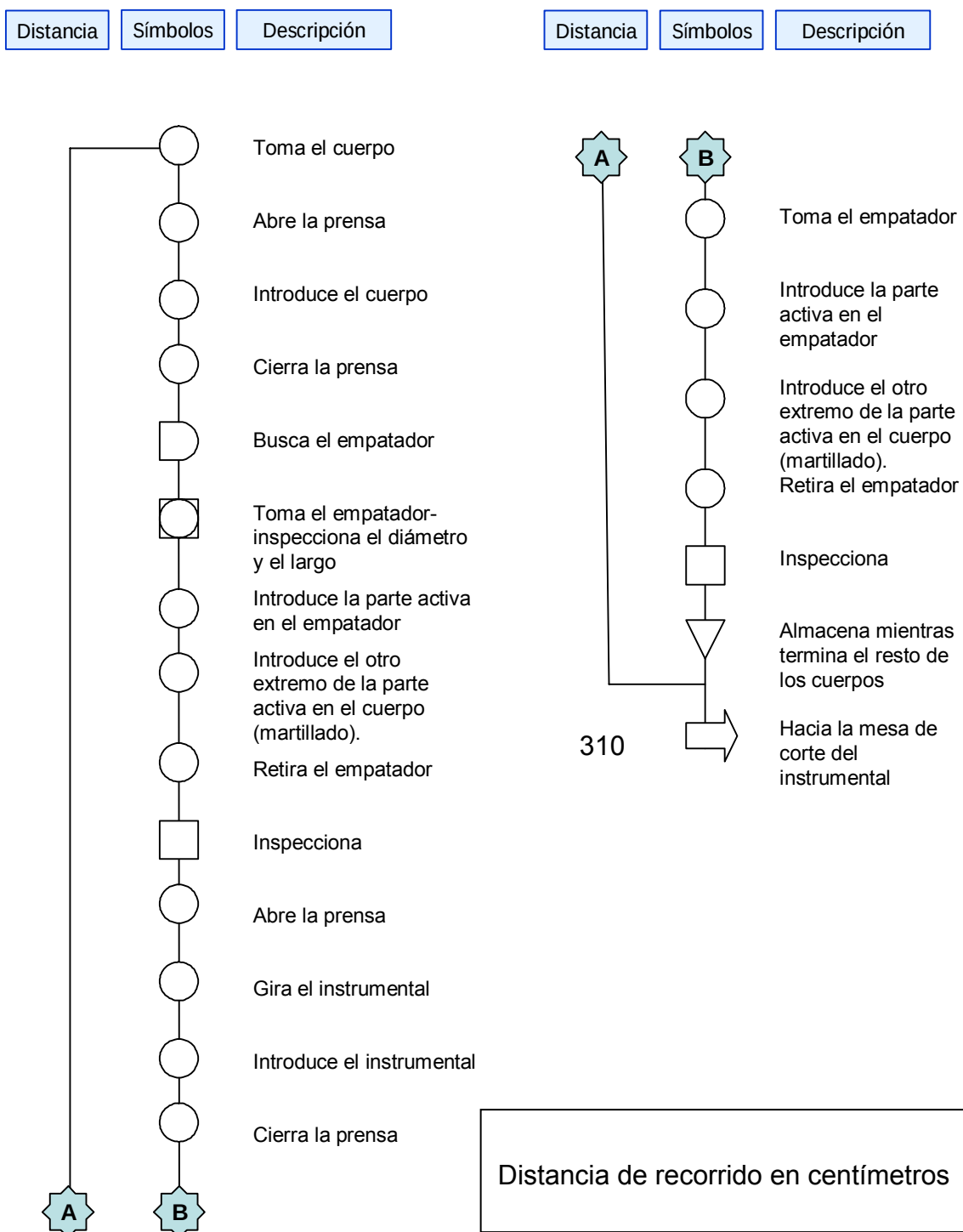
- **Inspección:** Tiene lugar cuando se examina un objeto para su identificación, o se verifica en cuanto a calidad o cantidad.
- **Espera:** Se generan cuando las circunstancias, excepto las inherentes al proceso, no permitan la ejecución inmediata de la acción siguiente prevista.
- **Almacenamiento:** Cualquier reposo de materia prima, producto en proceso o terminado por un tiempo establecido, el cual no se puede retirar sin la correspondiente autorización.



Parte Activa



Empate



En el anexo C se podrá observar con detalle el diagrama de flujo para el proceso completo de alistamiento y empate de cuerpos y partes activas. De igual manera se muestran los diagramas de proceso para estas mismas etapas.

De acuerdo a la descripción de los procesos y basados en los anteriores diagramas, se pueden describir los efectos negativos observados que se generan sobre el proceso general, los recursos y sobre el producto.

Efectos sobre el proceso general

Es de destacar que se presentan una serie de demoras en los procesos que retrasan el flujo normal de operaciones y que obedecen a diferentes causas; en ocasiones por la necesidad de consecución de herramientas en lugares diferentes del lugar de trabajo, lo cual no es una espera representativa. En segundo lugar, y en mayor proporción las demoras obedecen a los procedimientos mismos que no están funcionando de manera lineal, sino que por el contrario, generan el almacenamiento de producto en proceso antes de la siguiente tarea. Estas situaciones se presentan a lo largo de la mayoría de la etapa de alistamiento, en los siguientes procesos:

- **Corte de cuerpos:** Los cuerpos que se van obteniendo ya conformados con sus respectivos conos, agujeros y bahías reposan en las bandejas sobre el torno revólver mientras se fabrica un número considerable de ellos (cerca de 20 cuerpos), para poder pasar al siguiente proceso que corresponde al refrentado en el esmeril.

- **Enderezado de alambre:** Se programan tareas que van desde uno hasta 20 tramos de alambre, los cuales deberán estar completamente corregidos para poder pasar al corte. Esta labor es la que necesita de mayor atención, disposición del operario y la que genera grandes represamientos de producto.
- **Corte del alambre:** Para el corte, este tipo de situaciones se presenta igualmente, pero tiene menores efectos negativos, ya que los tiempos que se manejan son inferiores a los presentados en los dos procesos anteriores, además, la tarea que le sigue (esmerilado de las puntas) requiere que un número considerable piezas cortadas para que sea ágil.
- En el proceso de **empate de puntas**, se requiere igualmente que el número de cuerpos y partes activas esté siendo despachado en forma sincronizada, por lo que se prefiere siempre tener gran cantidad de piezas para evitar demoras innecesarias.

Estas situaciones se presentan a menudo porque las tareas que van desde el enderezado del alambre hasta el empate, son realizadas por un solo operario, lo que hace necesario que se produzca un mayor número de piezas por tarea antes de llegar a la siguiente. En las ocasiones en las que se dispone de más de un operario para estas tareas, se presentan tales situaciones debido al gran desplazamiento que tienen que realizar cuando se inicia la siguiente labor, de tal manera que resulta contraproducente un proceso lineal en estas condiciones.

En otro tipo de aspectos, se puede evidenciar que la empresa no se encuentra preparada para aumentar su producción sin someter a su personal a trabajos extras, lo que implica agotamiento físico y fatiga de los operarios que en alguna medida pueden repercutir en instrumental defectuoso y pérdidas en los costos de producción.

Efectos sobre los recursos

Los recursos con los que cuenta la empresa se pueden resumir en los siguientes: materia prima, infraestructura, recursos energéticos y recurso humano, sin embargo, los efectos a nivel de infraestructura ya fueron analizados en la anteriormente junto con el diagrama de recorrido, y los efectos que se generan sobre el los operarios se detallarán en el estudio ergonómico.

Materia Prima: Tanto en el corte de cuerpos como en el de las partes activas, se requiere el uso del material por tramos que faciliten su manipulación, así las varillas para los cuerpos utilizan los tramos comerciales de 6 m, pero el corte de partes activas utiliza tramos de 70 cm aproximadamente debido a que las longitudes mayores le generan complicaciones al operario en el proceso de enderezado. El seccionamiento de este material produce un desperdicio considerable si se tiene en cuenta el número de piezas que se obtendrán de cada tramo, de tal manera que para las partes activas se tiene:

Longitud del material: 700 mm.

Longitud promedio de las piezas: 42 mm.

Número de piezas por tramo: 14 piezas.

Desperdicio de material: 30 mm. Equivalentes a 4,2 %

Si se tiene en cuenta que mensualmente se producen aproximadamente 1500 instrumentales, entonces se utilizarían alrededor de 214 tramos de los que se obtiene un desperdicio de 6420 mm, con lo que se estarían dejando de fabricar cerca de 76 partes activas para 38 instrumentales mensualmente. Aunque esta cifra no es representativa en términos de costos, si se podría obtener una reducción considerable en el desperdicio si no existiera la necesidad de seccionar el material en tramos.

Aplicando el mismo tipo de razonamiento sobre el proceso de corte de cuerpos, se obtiene que la cantidad de desperdicio es realmente bajo (1,5% aprox.), con lo que se podrían obtener cerca de 24 instrumentales de 120 mm. Sin embargo, debido a que la presentación comercial del material aquí utilizado es de tramos de 6 m, la cantidad de desperdicio es inevitable de reducir.

Recurso energético: La principal fuente de energía empleada en Marthé para la realización de las labores (diferente del recurso humano) es la eléctrica, la cual los provee para el accionamiento de la maquinaria; sin embargo, para esta sección, su utilización se reduce al torno revólver para el maquinado de los cuerpos, al esmeril para su refrentado y la realización de la conicidad en las partes activas y finalmente al Motortool para el refrentado de las partes activas. Podemos entonces ver lo indispensable que resulta la mano de obra en este tipo de tareas, lo que da

mayor actuación al tipo de herramientas manuales, desplazando a un segundo lugar a las eléctricas.

Efectos negativos sobre el producto.

La cantidad de variables manejadas a este nivel por concepto del mecanizado de las diferentes piezas generan dificultades al momento de estandarizar el producto, tal es el caso de la correcta uniformidad en la longitud y el rectificado de las partes activas después del empate, situación que le lleva a realizar dos pasos posteriores (enderezado y refrentado de las partes activas) para su correcto mecanizado en el torno.

De igual manera, en pasos como el mecanizado de los cuerpos se genera diferentes tipos de accidentes que dificultan la igualdad en las piezas, como producto de una incorrecta calibración de las partes del torno, provocando bahías de mayor profundidad, conos desiguales y secciones de longitud variada. Tal vez la variable más importante aquí presentada es la desigualdad en la realización de los agujeros sobre los extremos de los cuerpos, que en ocasiones se efectúa en forma excéntrica y daña la simetría del instrumental o provoca que los diámetros sean mayores a los deseados. Una toma de datos sobre un muestreo en el que se hacen evidentes estos defectos se puede observar en el anexo D.

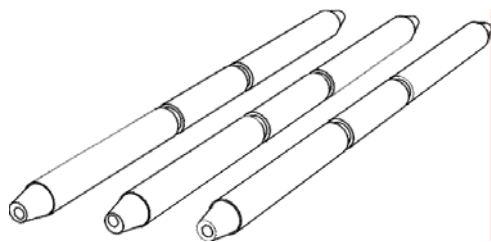


Figura 28.excentricidades de agujeros

El empate de las partes activas y cuerpos genera a menudo tres clases de accidentes. El primero de ellos tiene que ver con la diferencia de diámetros entre el agujero y el calibre del alambre, pues en ocasiones no hay la suficiente fuerza de ajuste para mantener la parte activa en el interior del agujero (figura 28). El segundo defecto es producido por la poca profundidad con que son empatadas las partes activas, dejando poca sección en contacto y pudiendo ser extraídas con la fuerza realizada durante el uso del producto ya terminado; la profundidad adecuada es de 9 mm (figura 29). El tercero de ellos se presenta cuando la fuerza realizada para el empate se hace de manera inadecuada (en dirección diferente a la axial), provocando grietas sobre los bordes de los agujeros en el cuerpo, por lo que tiene que ser reemplazado completamente (figura 30).



Figura 29.Defectos de fabricación de agujeros

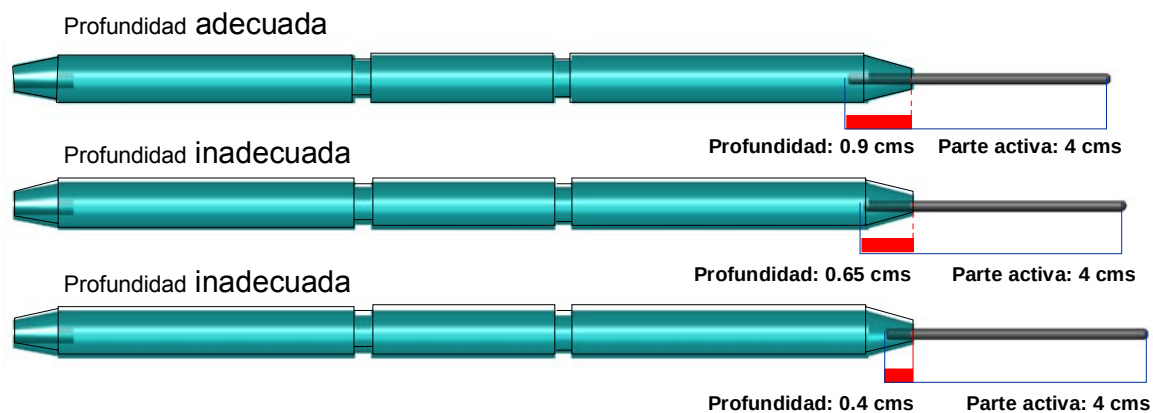


Figura 30. Profundidades adecuadas e inadecuadas para el ensamble



Figura 31. Abolladuras del instrumental por fuerzas mal aplicadas

Las operaciones que se realizan durante todo este proceso, ya sean de tipo manual o con la ayuda de una máquina pueden deteriorar en alguna medida las características de calidad del producto si no se cuentan con los correctivos como un adecuado mantenimiento y calibración de las máquinas, o por el contrario, cuando los operarios no cuentan con la habilidad que les da una correcta capacitación.

2.2.3. ESTUDIO DE TIEMPOS

Una vez estudiados los efectos que llegan a producir los métodos utilizados en el proceso productivo, damos paso a realizar el estudio de tiempos que nos mostrará en forma cuantificada las repercusiones que tienen de las demoras, cuellos de botella, plazos de entrega parciales y los procesos mal establecidos sobre la producción total. Como ya pudimos percibir, las etapas para fabricación de instrumental son bastantes dispendiosas debido a procesos artesanales que dependen de la habilidad neta del operario en su puesto de trabajo.

Iniciamos el registro de los tiempos (Anexos E) de producción con el proceso de mecanizado de cuerpos, para los cuales, se han tomado como base los instrumentales ST3 y ST11, que son de doble parte activa (ANEXOS A)

2.2.3.1. Tiempo de maquinado de cuerpos

El tiempo demandado en el maquinado de cada uno de los cuerpos varía considerablemente de acuerdo a razones como acomodación del operario al puesto de trabajo, los ajustes que realiza a la máquina a la mitad del proceso y el cansancio mostrado después de una jornada de trabajo.

CUERPO	TIEMPO (min, seg, cs.)
1	02'05,95'''
2	01'01,32'''
3	00'46,77'''
4	00'50,14'''

5	00'51,09'''
6	00'55,32'''
7	01'13,60'''
8	01'47,28'''

En promedio se tiene que el proceso de mecanizado toma 00' 50,20'' (cincuenta segundos y veinte centésimas) por cuerpo. Si se tiene en cuenta el tiempo necesario para los ajustes iniciales de la máquina y el montaje del material, el tiempo promedio por cuerpo asciende a 00' 56,32'', los cuales se han dividido en la cantidad de instrumentales que se obtienen del tramo (48 cuerpos).

2.2.3.2. Tiempo de alistamiento de partes activas

Los tiempos de las tres fases de alistamiento para dos partes activas son los siguientes:

9. Enderezado de alambre: Se tiene en cuenta en esta etapa el tiempo desde que el operario toma el tramo de alambre hasta que queda completamente derecho y lo coloca en la superficie sobre el puesto de trabajo. La variación de los tiempos registrados en este proceso depende en una primera instancia del calibre del alambre, el cual, de acuerdo a las condiciones de operación genera mayores dificultades para calibres delgados por su alta sensibilidad al impacto, caso contrario a lo que sucede con los más gruesos. En el siguiente cuadro se pueden observar los tiempos tomados para siete tramos de cada calibre, en donde se ve claramente dicha condición.

CALIBRE (mm.)	TIEMPOS (min, seg, cs)						
	1	2	3	4	5	6	7
3	03'17''18'''	03'17''89'''	03'05''26'''	03'35''38'''	04'35''14'''	04'40''32'''	04'43''06'''
2.7	04'16''08'''	04'21''00'''	05'00''01'''	03'50''39'''	04'41''84'''	04'39''18'''	04'45''82'''
2	03'23''98'''	02'17''92'''	02'04''34'''	02'53''31'''	03'00''90'''	02'33''08'''	02'35''86'''
1.5	04'53''07'''	04'12''46'''	04'17''10'''	02'52''08'''	04'25''05'''	03'50''39'''	03'45''38'''

Tabla 14. Tiempos para el enderezado de alambre.

La segunda razón para la variación de dichos tiempos hace referencia a la habilidad y la fatiga del operario, a cual va aumentando cuando más tramos ha enderezado. El rendimiento en esta fase un comportamiento similar al se muestra en el siguiente gráfico que relaciona las variables de tiempo y cantidad de trabajo para tramos de alambre de calibre 3.0 mm.

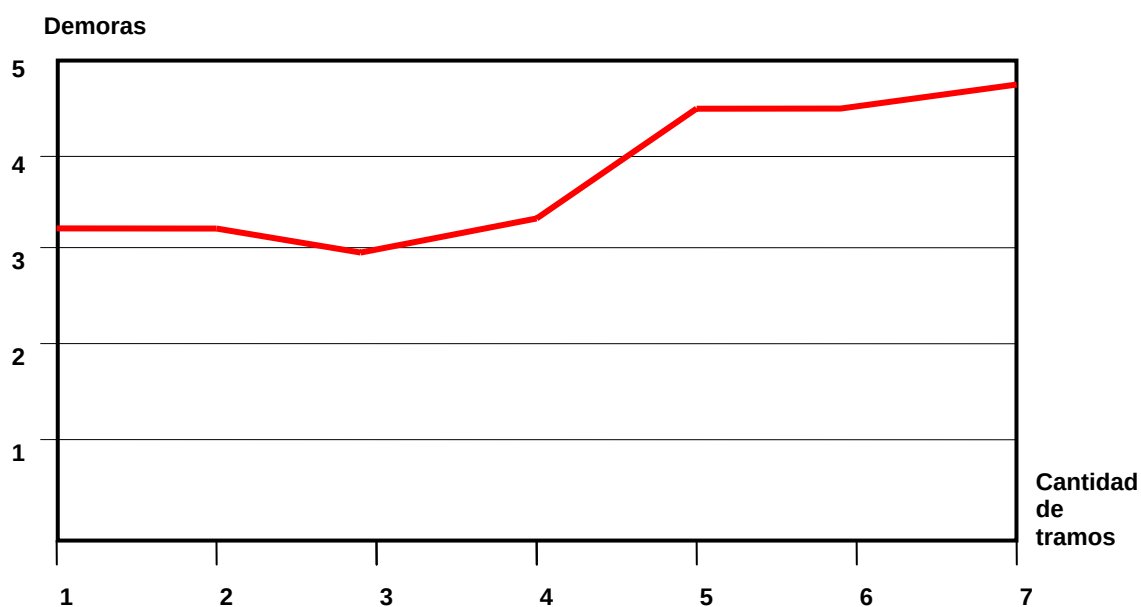


Tabla 15. Rendimiento en la fase de enderezado de alambre.

10. Corte de Alambre: El proceso comienza después del enderezado de todos los tramos, lo que genera un represamiento en el plazo parcial de entrega de la tarea. Este proceso desde el punto de vista de los tiempos es bastante ágil y no representa ninguna demora, ya que en promedio se cuenta con de 00'02''06''' (dos segundos y seis centésimas de segundo) por parte activa. De igual manera se han considerado los tiempos de desplazamientos del operario y ajustes de la cizalla para el montaje del material. En el siguiente cuadro se encuentran consignados los tiempos tomados para tres varillas de 3.0 mm utilizadas en el ST 11.

VARILLA	PARTES ACTIVAS	TIEMPO (min,seg,cs.)
1	12	00'20,16''
2	14	00'23,15''
3	4	00'10,84''
Promedio parte activa	1	00'02''06'''

Tabla 16. Tiempos para corte de cuerpos.

El rendimiento que presenta este proceso es constante, debido a que los tiempos con que se ejecutan son realmente reducidos comparados con los de enderezado, y no repercuten en el cansancio del operario.

11. Conicidad en las partes activas o semi puntas: el tiempo registrado para el esmerilado de 30 partes activas d 3.0 mm pertenecientes al ST11 fue de 02'13,36'', lo cual indica un promedio para efectuar esta operación en 2 partes

activas (4 extremos) de 00'08''54''' (ocho segundos y cincuenta y cuatro centésimas). La variación presentada es igualmente alta dependiendo del operario que lo realice ya que utilizan técnicas diferentes, ya sea esmerilando una punta a la vez o tomando grupos de 2 o tres partes activas a la vez. En estos tiempos se estima el desplazamiento del operario hacia el esmeril y los intervalos que toma introducir las puntas en el recipiente con agua para eliminar el calentamiento.

2.2.3.3. Tiempo de ensamble de instrumental

Al igual que en los anteriores procesos, se presenta una alta variación en los tiempos registrados, pero en esta oportunidad no son relevantes las condiciones que dependen de la cantidad de trabajo, pues la labor presenta un alta velocidad, ni de las variables dimensionales de los instrumentales a empatar, sino que por el contrario dependen exclusivamente de la agilidad del operario quien realiza la acción, como se puede ver en el siguiente cuadro que compara el trabajo realizado por dos operarias diferentes para cuerpos de $\varnothing 7/32$ y partes activas de calibre 2.7 mm.

CUERPO/ TIEMPO	OPERARIAS	
	SOCORRO	AURORA
1	00'41''18'''	00'25''31'''
2	00'34''68'''	00'28''81'''
3	00'38''40'''	00'23''34'''
4	00'44''42'''	00'23''28'''

Tabla 17.
Tiempos de
de

5	00'46''30'''	00'24''37'''
6	00'37''88'''	00'21''62'''
7	00'41''49'''	00'23''70'''
8	00'37''00'''	00'28''66'''
9	00'39''37'''	00'26''38'''
10	00'40''25'''	00'25''68'''
11	00'43''57'''	00'22''46'''
12	00'37''45'''	00'23''63'''
13	00'45''45'''	00'23''16'''
14	00'39''29'''	00'21''09'''
15	00'40''70'''	00'23''40'''
Promedio	00'37''87'''	00'24''32'''

empate

instrumental para dos operarios diferentes.

Los diferentes registros en los tiempos para todos los estándares que maneja la empresa se encuentran consignados en los anexo E. Ya registrados los tiempos individuales en todas las fases de alistamiento y empate para cuerpos y partes activas, se presenta a continuación un ejemplo para la producción de 20 instrumentales tipo **ST5-A**.

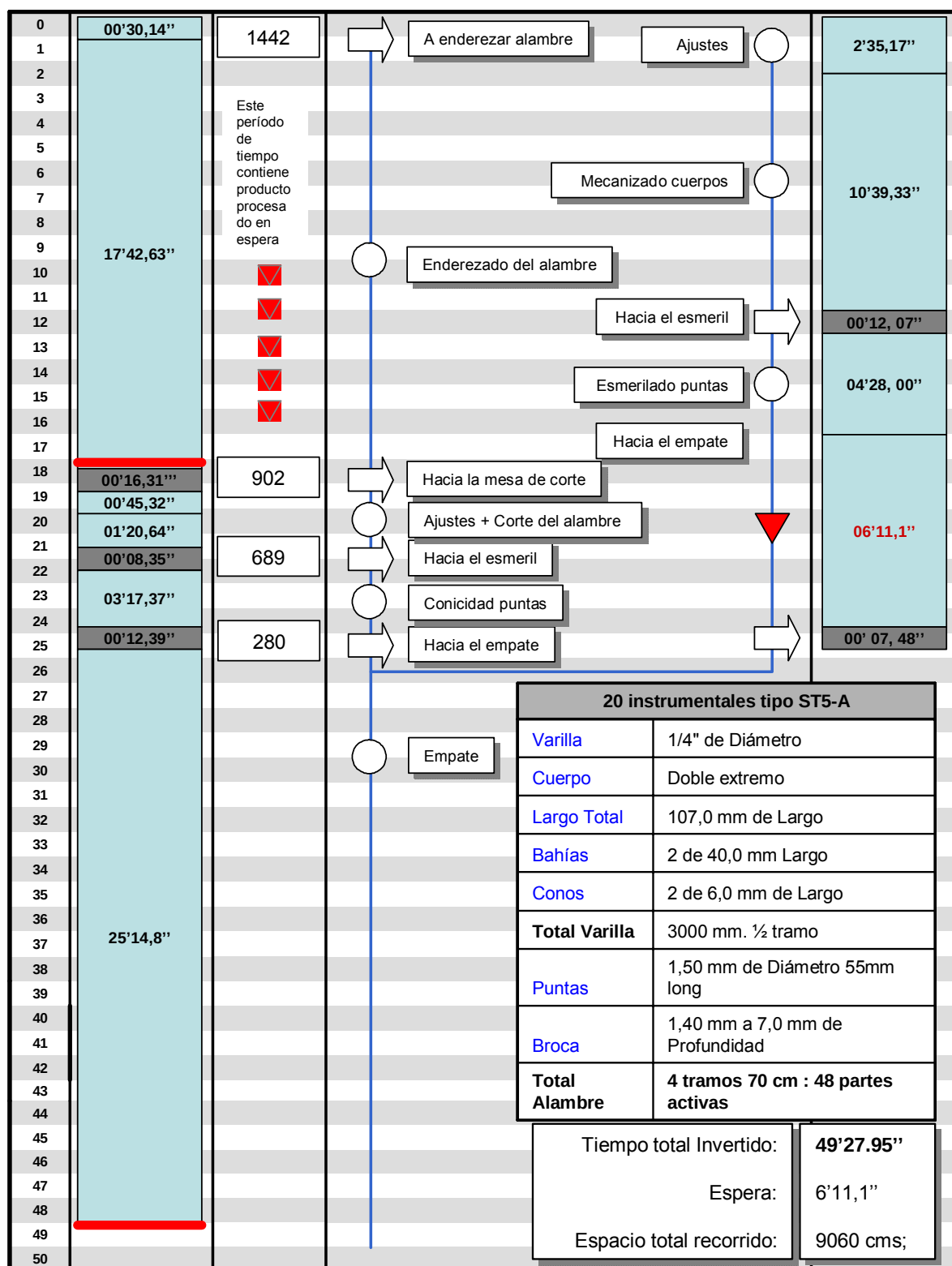


Figura 32. Tiempos generales para un ejemplo de producción.

En la columna izquierda se encuentra el tiempo acumulado del proceso general y en las columnas verdes el tiempo parcial de cada operación.

T/	ALISTAMIENTO CUERPOS			ALISTAMIENTO PUNTAS			
	Ajustes	Mecanizado cuerpos	Esmerilado	Enderezado del alambre	Corte del alambre	Conicidad puntas	Empate
0	2'35,17"			00'30,14"			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7		10'39,33"		17'42,63"			
8							
9							
10							
11							
12		00'12, 07"					
13							
14			04'28, 00"				
15							
16							
17							
18				00'16,31"			
19					00'45,32"		
20			06'11,1"		01'20,64"		
21							
22					00'08,35"		
23						03'17,37"	
24							
25				00' 07, 48"		00'12,39"	
26							
27							
28	20 instrumentales tipo ST5-A						
29	Varilla	1/4" de Diámetro					
30	Cuerpo	Doble extremo					
31	Largo Total	107,0 mm de Largo					
32	Bahías	2 de 40,0 mm Largo					
33	Conos	2 de 6,0 mm de Largo					
34	Total Varilla	3000 mm. ½ tramo					
35	Puntas	1,50 mm de Diámetro 55mm long					
36	Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad					
37	Total Alambre	4 tramos 70 cm : 48 partes activas					
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							

25'14,8"
Tiempo total Invertido: 49'27.95"
Espera: 6'11,1"
Espacio total recorrido: 9060 cms;

Las líneas fuertes rojas son los cuellos de botella que se presentan en esta fase, los cuales se ven acrecentados cuando la producción es mayor. Este tipo de situaciones se vería reducido si el proceso tuviera un comportamiento lineal, aunque como ya dijimos, hay gran cantidad de factores que imposibilitan dicha condición.

2.2.4. ESTUDIO ERGONÓMICO

Dentro de los recursos con que cuenta una empresa, el más valioso sin duda es el humano, capaz de aprender, autoprogramarse, improvisar y generar soluciones ante cualquier situación inconveniente. De tal manera que la programación de las labores dentro de los procesos productivos debe evitar situaciones que representen el deterioro de cualquiera de sus facultades. Basados en estas premisas, presentamos a continuación el estudio realizado al entorno de trabajo definido dentro de la fase de alistamiento y empate de cuerpos y partes activas.

2.2.4.1 Entorno del puesto de Trabajo

Para analizar cada uno de los puestos de trabajo de Marthé Arias Sucesores en la etapa del proceso seleccionada, se clasificarán las interrelaciones de dichos puestos y del hombre con su entorno de acuerdo a los modelos descritos por Mondelo, a saber:

- Relaciones Dimensionales
- Relaciones Ambientales
- Esfuerzos de trabajo - Análisis de herramientas.

Cabe recordar que la interacción del hombre con el espacio que lo rodea genera en él cambios determinantes que afectan su desempeño en el puesto de trabajo.

RELACIONES DIMENSIONALES

Cada uno de los puestos de trabajo que comprende el proceso de alistamiento se pueden observar en el diagrama de recorrido que se mostró en la figura 27.

Los operarios son rotados semanalmente por cada una de las etapas del proceso de alistamiento; Los mesones de trabajo han sido normalizados dimensionalmente así como las luminarias para prestarles un adecuado ambiente de trabajo a sus operarios:

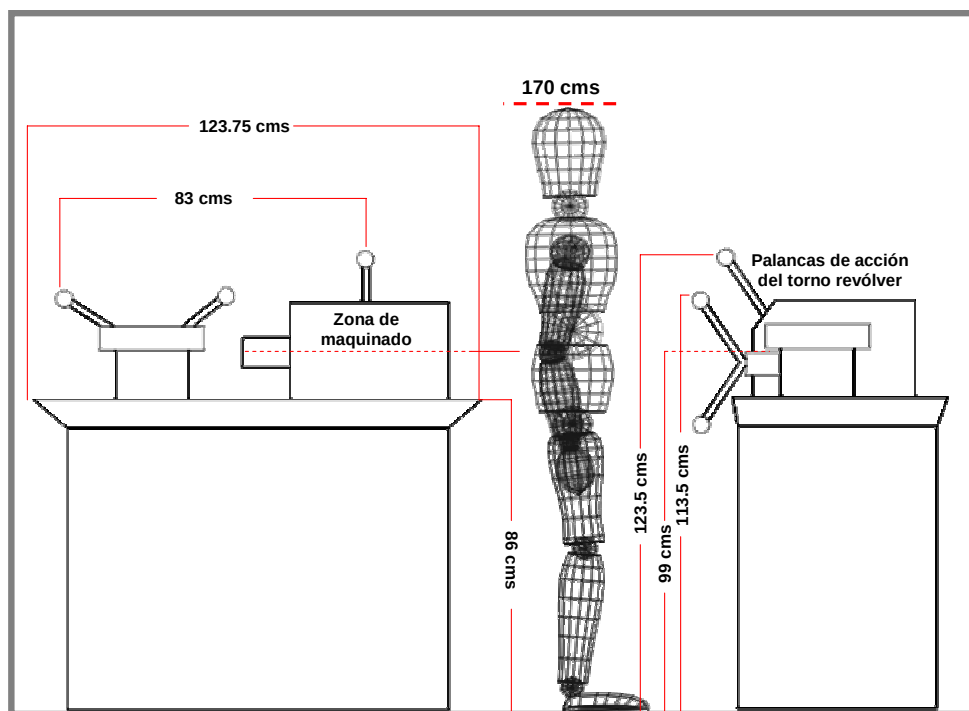


Figura 33. Puesto de trabajo. Maquinado y corte de cuerpos

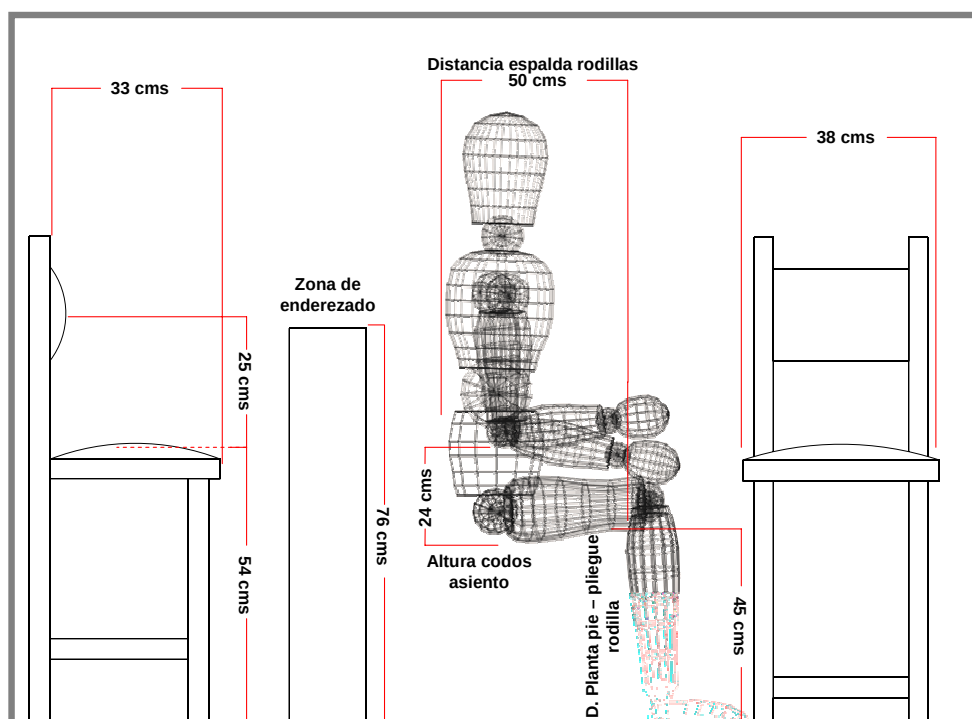


Figura 34. Puesto de Trabajo. Enderezado de alambre

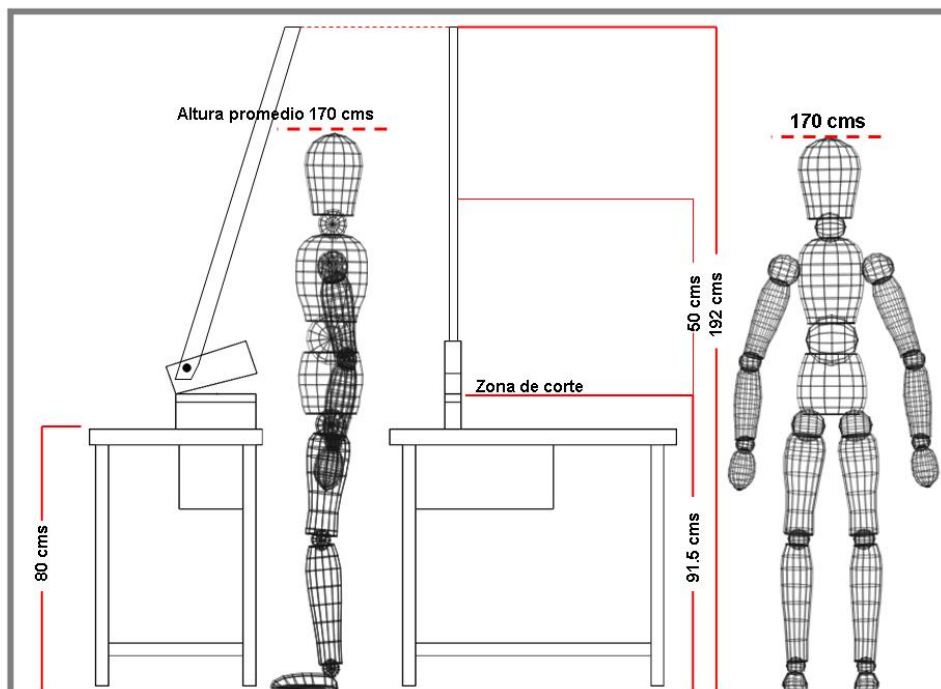


Figura 35. Puesto de trabajo. Corte de partes activas

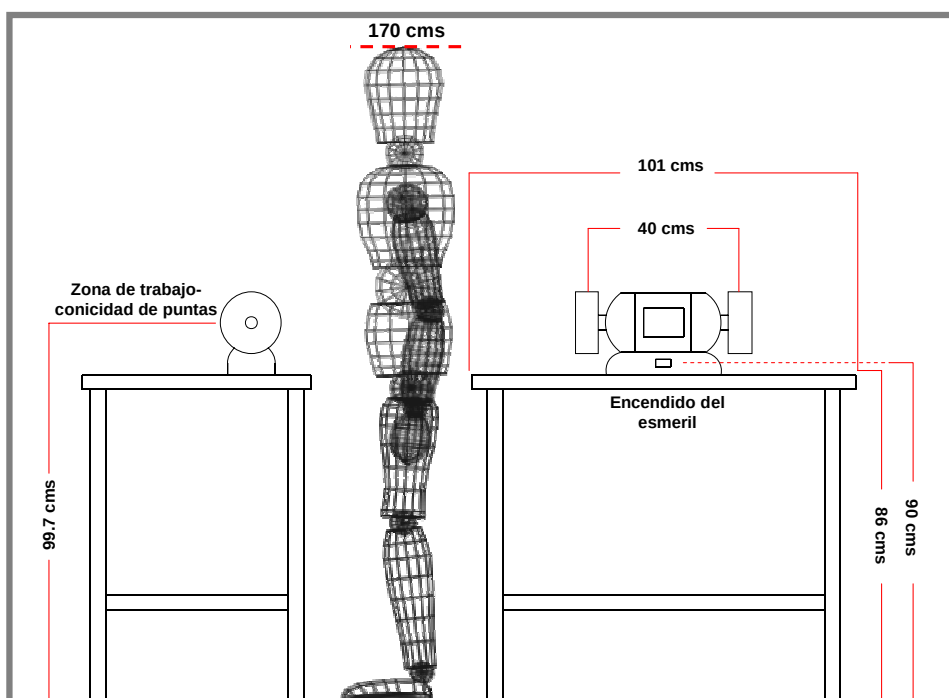


Figura 36. Puesto de trabajo. Conicidad de puntas

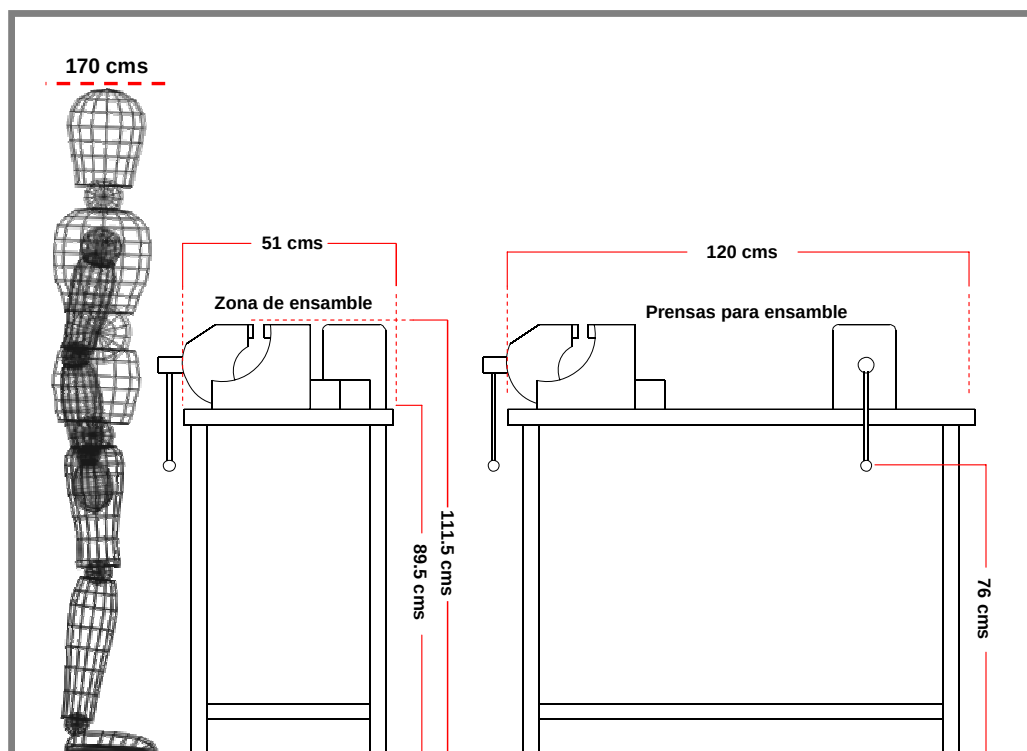


Figura 37. Puesto de trabajo. Ensamble de cuerpos

RELACIONES AMBIENTALES

El entorno de trabajo influye notablemente en el comportamiento del operario y por ende en su rendimiento. Temperaturas elevadas, constante ruido e iluminación defectuosa origina irritabilidad, disminución de las capacidades físicas, incomodidad entre otros. A continuación se presenta el análisis de cada uno de los agentes que intervienen en las relaciones ambientales, con los cuales podemos llegar a encontrar las repercusiones de las condiciones laborales sobre los trabajadores.

Ambiente Térmico

Es definido por varios factores como el tipo de vestido, la temperatura del aire, la velocidad del mismo entre otros que generan en el operario diversas formas de reacción y por ende demoras en los procesos de una empresa.

En Marthé, los operarios se encuentran uniformados con batas y pantalones de dril que les permiten transpirar y mantener la temperatura corporal, los trabajos que realizan no están expuestos a altas temperaturas por el contrario se realizan a temperatura ambiente; la sudoración que presentan es resultado de los esfuerzos que deben realizar en sus puestos de trabajo así como el tiempo de exposición en los mismos. El sitio de trabajo está completamente ventilado por los afluentes de aire localizados en la parte superior de los muros laterales de la empresa como se muestra en la gráfica y por los ventiladores puestos en las columnas de la empresa.



Figura 38. Afluentes de aire en la zona de trabajo



Figura 39. Afluentes de aire naturales y artificiales en la empresa

Ambiente Acústico

La generación de ruido en la empresa está dada por las diferentes máquinas y herramientas que allí se manejan, dentro de las que se encuentran los tornos mecánicos, esmeriles y el golpe de los martillos sobre superficies metálicas, para tal efecto los operarios están dotados de orejeras que ayudan a aminorar los decibeles que reciben constantemente y por períodos de tiempo que se prolongan desde el inicio de la jornada laboral hasta el final del día. Desafortunadamente, este tipo de dotación no es utilizada con frecuencia, debido tal vez a la falta de concientización propia del operario.

Las vibraciones generadas por los tipos de maquinaria utilizada no alcanzan a generar en los trabajadores trastornos nerviosos pero si ocasionan distracción, irritabilidad y pequeñas dolencias; además del tiempo de trabajo que deben

laborar que se suman al agotamiento físico y a la disminución del rendimiento al final de la jornada.

Ambiente Lumínico:

La falta de iluminación natural dentro de la empresa se ha mitigado en cada puesto de trabajo por la disposición de luminaria fluorescente, que equipada con difusores impide la visión directa de la lámpara logrando efectos positivos en las tareas que requieren precisión en la operabilidad de las máquinas y en los acabados del producto final.

La ubicación de cada lámpara se describe en el gráfico. La luminaria utilizada es de color blanco que muestra los colores reales del material que se está maquinando. El agotamiento visual de los operarios se refleja por la disposición de sus cuerpos en el puesto de trabajo, la inclinación de la cabeza hacia el plano transversal demuestra también el mal dimensionamiento de los mesones de trabajo así como el desgaste visual que se genera en una jornada con trabajo de alta precisión debido a la sollicitación excesiva de los músculos ciliares.

La jornada laboral tiene 3 pausas de descanso que varían entre los 20 minutos y la hora ayudando al operario a recuperarse de las extenuantes tareas realizadas; la rotación de los trabajadores por cada puesto de trabajo en la jornada conlleva a

mantener un mejor dominio y atención sobre cada proceso, lo que no significa que exista una fatiga visual y muscular al cabo de un tiempo extendido.

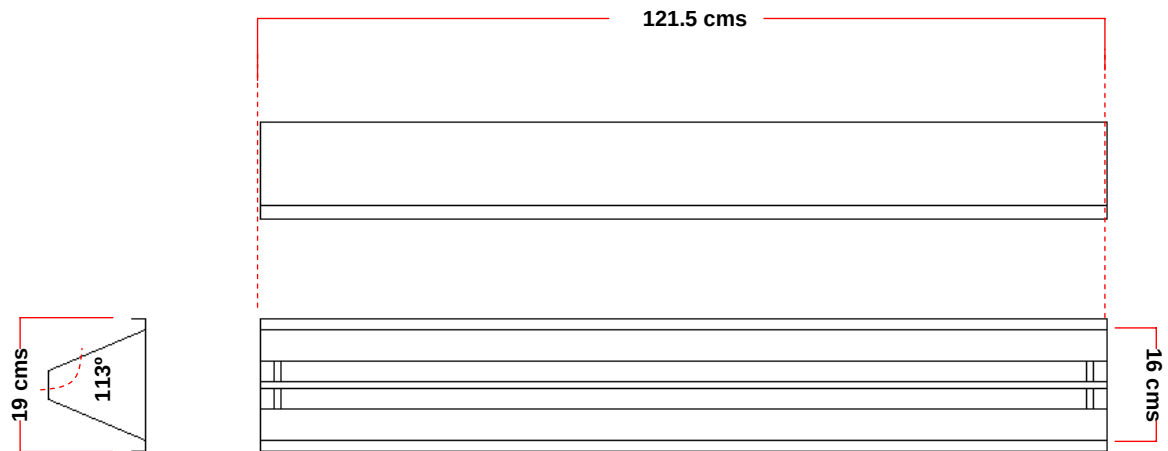


Figura 40. Dimensiones del tipo de luminaria utilizada en la empresa



Figura 41. Ambiente lumínico de la empresa

ESFUERZOS DE TRABAJO – ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS

Los procesos de inicio como son, maquinado de los cuerpos, enderezado de alambre, corte del alambre, conicidad de puntas y ensamble del instrumental implican hasta cierto punto movimientos inadecuados, uso desmedido de las capacidades motrices, así como el inconveniente empleo de algunas herramientas, los cuales pueden terminar en serias repercusiones sobre la salud de los operarios. De tal manera que se muestra a continuación un análisis del detalle postural en cada uno de los procesos mencionados acompañado de las posibles consecuencias que le pueden acarrear al trabajador.

Maquinado y corte de cuerpos

La posición bípeda del operario es consecuencia de los movimientos que tiene que efectuar el operario para maquinar el cuerpo en el torno revólver. Las extremidades superiores están sometidas a esfuerzos paralelos al plano sagital con desviaciones angulares de la mano y la muñeca del eje neutro en el momento en que se opera la máquina. La precisión que requieren los cuerpos al ser maquinados obliga al trabajador a inclinar repetidas veces su cuerpo, cuello y cabeza paralelos al plano sagital.

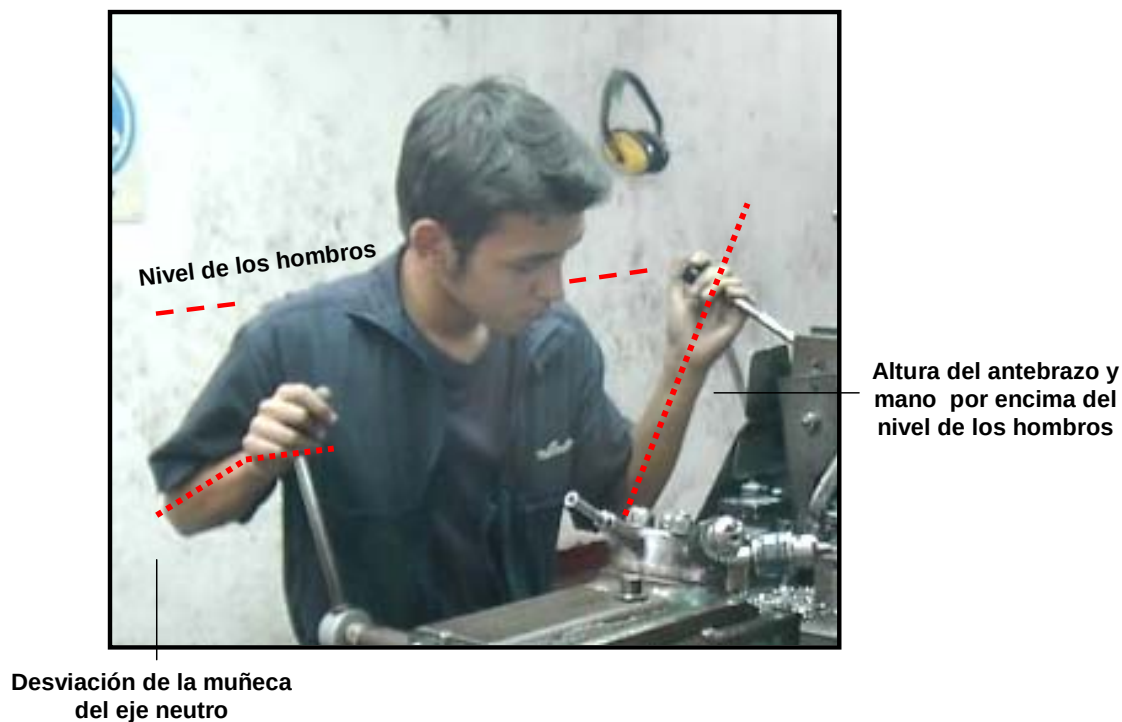


Figura 42. Posición del operario en el mecanizado de cuerpos

CONSECUENCIAS

El permanecer mucho tiempo de pie en esta operación puede provocar dolores de espalda debido a las repetidas contracciones de los músculos esterno cleido mastoideo situados en la parte anterior del cuello que generan extensiones prolongadas del trapecio y los músculos intertransversos e interespinosos situados en la parte posterior del cuello y en el interior de la espina dorsal. También se genera inflamación de las piernas, problemas de circulación sanguínea, llagas en los pies y cansancio muscular corporal al cabo de una jornada de trabajo prolongada.

El brazo derecho e izquierdo del operario presentan molestias en corto tiempo generado por la contracción frecuente del músculo deltoides debido a la posición elevada por encima del hombro así como la falta de apoyo para los brazos que se encuentran la mayor parte de la operación suspendidos en el aire.

Enderezado de Alambre

La operación es realizada por el operario en posición sedente; sus músculos superiores están tensionados debidos a los golpes repetitivos que debe realizar para enderezar el alambre donde intervienen el bíceps y triceps para los constantes movimientos del antebrazo. La posición que adquiere el operario después de 5 minutos de trabajo es poco apta debido a que trae molestias inmediatas como cansancio, inmenso dolor en los brazos y cuello en la región anterior y posterior donde interactúan el esterno cleido mastoideo y el trapecio. Con el transcurso del tiempo la curva que presenta la columna vertebral es más cerrada; causando gran agotamiento muscular. Las dimensiones de la silla no son las adecuadas en este puesto de trabajo, así como la superficie de trabajo poco apta que genera al operario el constante movimiento para adoptar una posición de descanso.

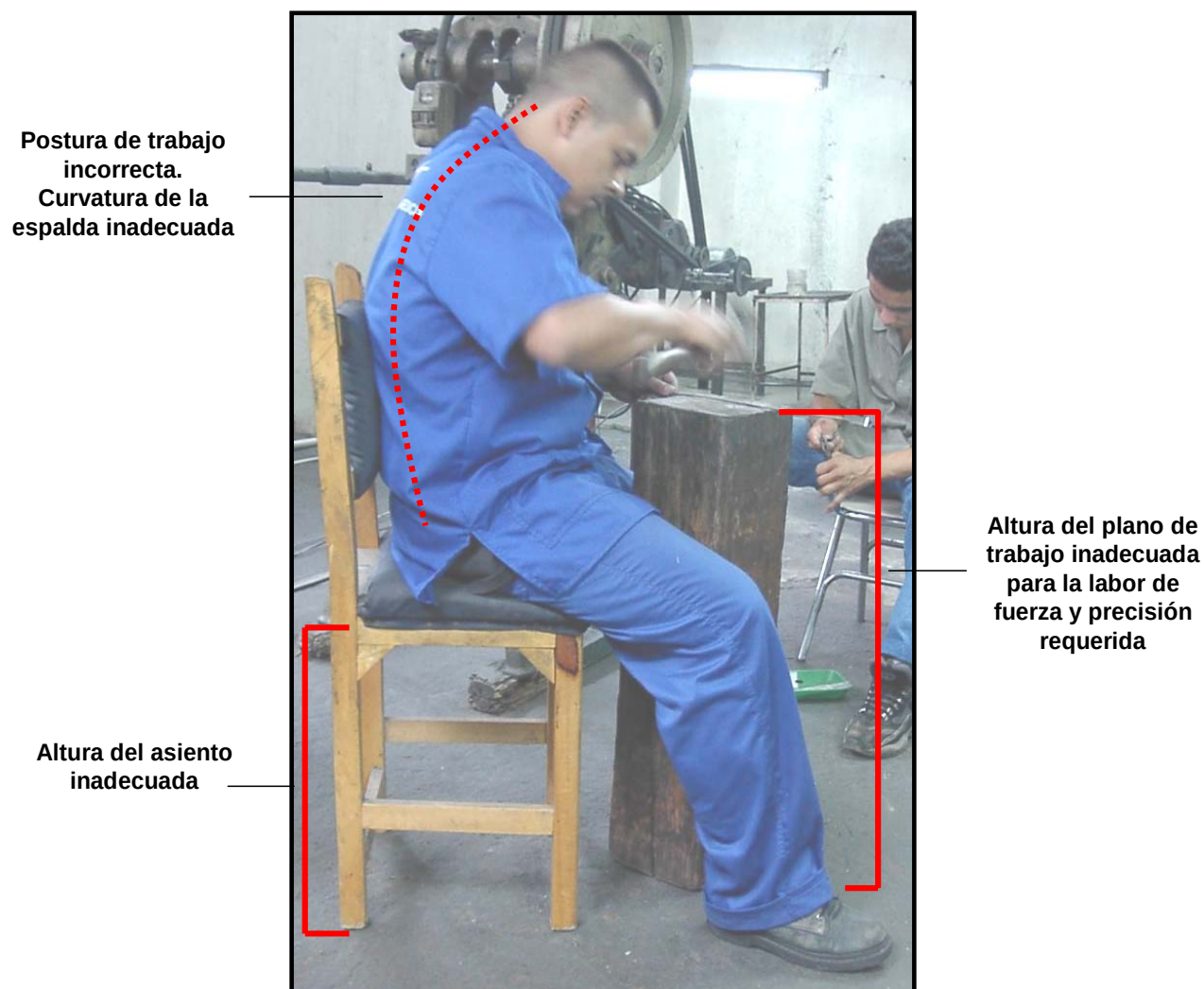


Figura 43. Posición adoptada por el operario en el enderezado de alambre

La herramienta utilizada para la operación es un martillo que se cambia de acuerdo al calibre de alambre a enderezar.

Los martillos que se utilizan en este puesto de trabajo varían en masa y forma como observamos en la figura 42; es así como un alambre de calibre pequeño requerirá un martillo de masa reducida para la operación.



Figura 44. Martillos de enderezado

El operario toma el martillo con un ángulo de inclinación inadecuado desviando la mano del eje neutro del antebrazo; el tipo de agarre de fuerza lo utiliza para golpear el alambre sobre el banco de madera y así facilitar el enderezado de este. El tiempo que gasta el operario en realizar esta acción depende del diámetro del alambre y la fuerza que este imprima sobre el material; entre mayor sea el diámetro del alambre es más fácil de manipular ya que presenta mayor área de contacto y permite mayor sujeción y agarre.

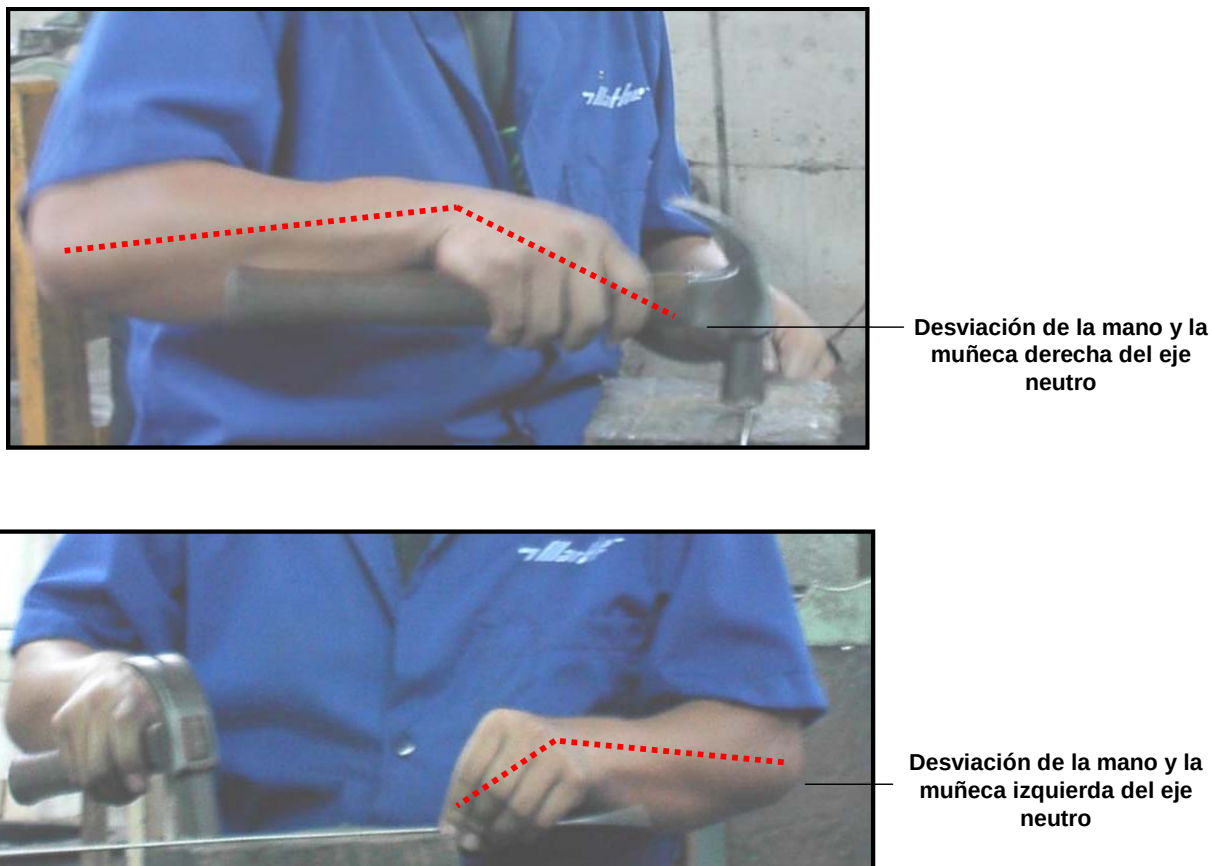


Figura 45. Posición de las extremidades superiores del operario en el enderezado de alambre

CONSECUENCIAS

Las asas y mangos pequeños significan para el trabajador una mayor presión en un área determinada de su mano, el peso del martillo se concentra demasiado y la mano queda expuesta a ser dañada por no existir circulación sanguínea.

El trabajo repetitivo es una causa habitual de lesiones y enfermedades del sistema oseomuscular. Las lesiones provocadas por el trabajo repetitivo se denominan

generalmente lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos (LER). Son muy dolorosas y pueden incapacitar permanentemente. En las primeras fases de una LER, el trabajador puede sentir únicamente dolores y cansancio al final del turno de trabajo. Ahora bien, conforme empeora, puede padecer grandes dolores y debilidad en la zona del organismo afectada. Algunas lesiones pueden terminar en tendinitis, síndrome del túnel metacarpiano, epicondilitis entre otros.

Corte de Alambre

Luego de enderezar el alambre el paso inmediato es el corte de acuerdo al estándar de instrumental que se esté fabricando en Marthé Arias sucesores. La manipulación y corte del alambre se realiza en posición bípeda y la fuerza que se debe aplicar es poca ya que la cizalla aumenta los esfuerzos en el alambre sin desgastar al operario. El tiempo de corte es relativamente corto y la cantidad de partes activas mensual no sobrepasa las 2800 manejando intervalos de 70 a 100 partes activas diarias.



Figura 46. Posición del operario. Corte de partes activas

CONSECUENCIAS

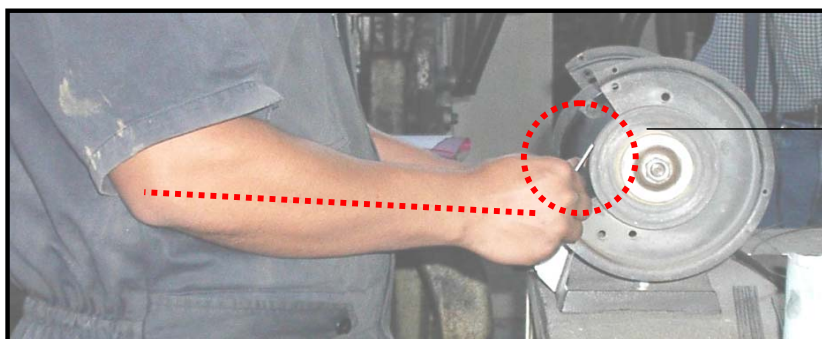
Un tiempo prolongado de operación provocaría inflamación del cuello y de los músculos y tendones de los hombros, así como **Bursitis** una inflamación de la cavidad que existe entre la piel y el hueso o el hueso y el tendón producida en la rodilla, el codo o el hombro.

Conicidad de partes activas

El operario a continuación toma en sus manos de 2 a 3 partes activas y en posición bípeda realiza la operación de esmerilado de puntas. Para hacer el trabajo detallado y con el fin de no interponer entre la parte activa y el esmeril las manos, el operario inclina el cuerpo hacia delante y separa los pies aumentando el ángulo entre ellos para equilibrar su cuerpo. Sus dedos son recubiertos con cinta para no lastimarlos cuando rosen con el esmeril; Los brazos se desvían del eje neutro y el pulgar derecho e izquierdo sujetan la pieza con un fuerte agarre de coger con dos dedos para que no sea arrastrada por el esmeril.



Desviación de la mano y la muñeca izquierda del eje neutro para sostener fuertemente las partes activas



Trabajo de precisión. Riesgo de cortes y raspaduras en las falanges

Figura 47. Posición de las extremidades superiores para la conicidad de las partes activas

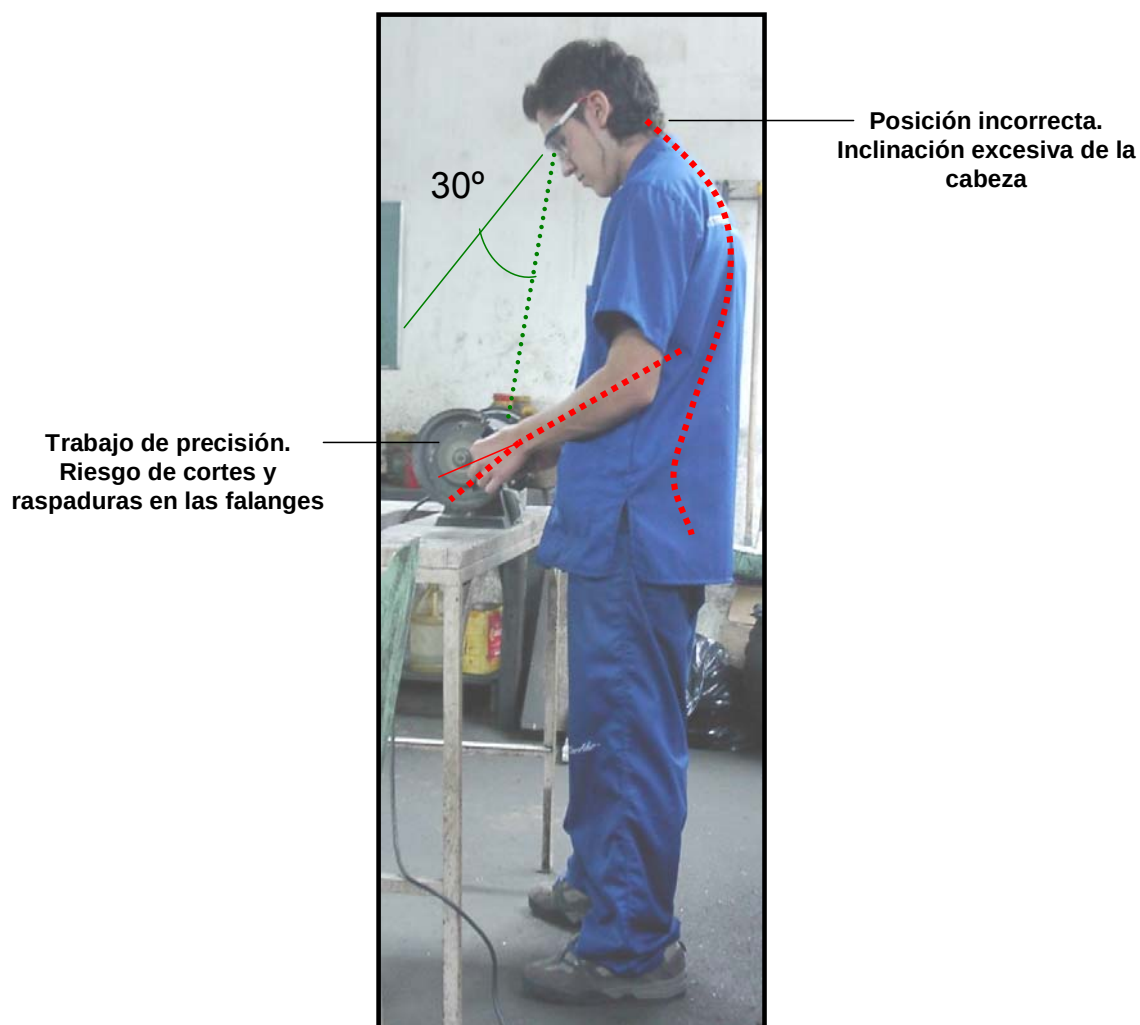


Figura 48. Posición del operario en la mesa de esmerilado de puntas

CONSECUENCIAS

Debido al proceso de precisión y a las malas posturas adoptadas por el trabajador la fatiga se puede hacer presente afectando directamente el desempeño. Cuando se tiene fatiga física se está expuesto a afecciones musculares que pueden hacer que el trabajador pierda el control de lo que está haciendo o pierda el ritmo de su actividad, esto afecta el proceso productivo pero también puede ser afectado

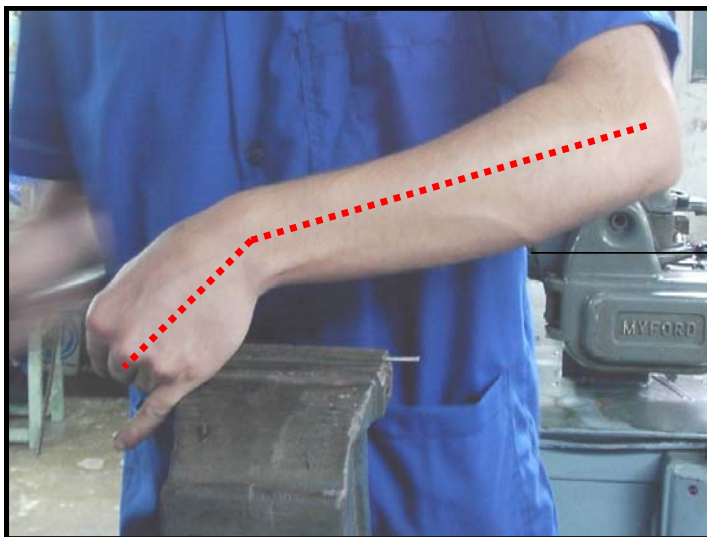
físicamente. La fatiga mental puede ser aún más peligrosa, la persona está un poco inconsciente y tarda en reaccionar ante el peligro, puede ser dañada físicamente y sufrir raspaduras con el esmeril hasta el punto de una mutilación en sus dedos.

Ensamble de instrumental

Una vez maquinados los cuerpos y esmeriladas las puntas llega al puesto de ensamble el instrumental listo para ser procesado. La posición adoptada por el trabajador es bípeda para facilitar la fuerza y la repetición de movimientos que debe hacer. El cuerpo del herramental se prensa haciendo partícipes los dos brazos. Al igual que los procesos anteriores éste requiere de precisión por lo que el operario inclina la cabeza en el momento de ensamblar el instrumental y tensiona los músculos del cuello. El intercambio de piezas de una mano a otra para llevar la parte activa al cuerpo es constante.

Finalmente el empate del cuerpo junto con la parte activa obliga al operario adoptar una posición bastante incómoda como se muestra en la figura donde la muñeca se desvía del eje neutro del antebrazo para sostener el empataador; éste es golpeado fuerte y repetitivamente con un martillo y tal como se muestra en la figura las desviaciones del antebrazo, muñeca y mano son claras; la fuerza del golpe se realiza paralelo al plano transversal y no al sagital como debería ejecutarse para aumentar la fuerza con el peso del cuerpo. El martillo debe asirse del extremo aldaño a la cabeza debido a la precisión que se requiere en el golpe.

Las asas de los martillos no están provistas de ningún material plástico blando que los recubra para disminuir las vibraciones.



Desviación de la mano y la muñeca izquierda del eje neutro para sostener el empataador con la parte activa



Desviación de la mano y la muñeca derecha del eje neutro para sostener y efectuar el golpe con el martillo

Figura 49. Posición del antebrazo izquierdo y derecho en el Ensamble de instrumental.

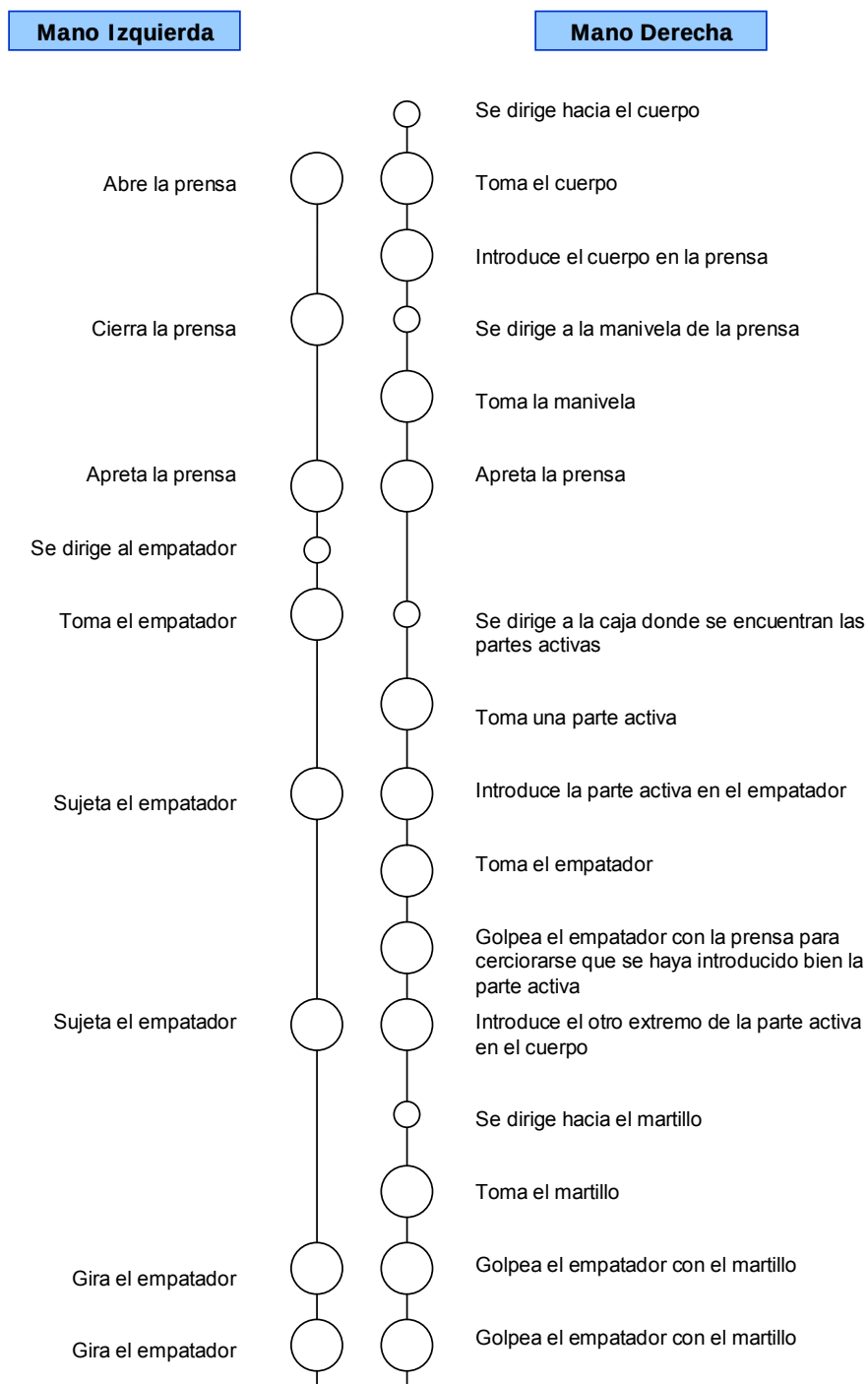


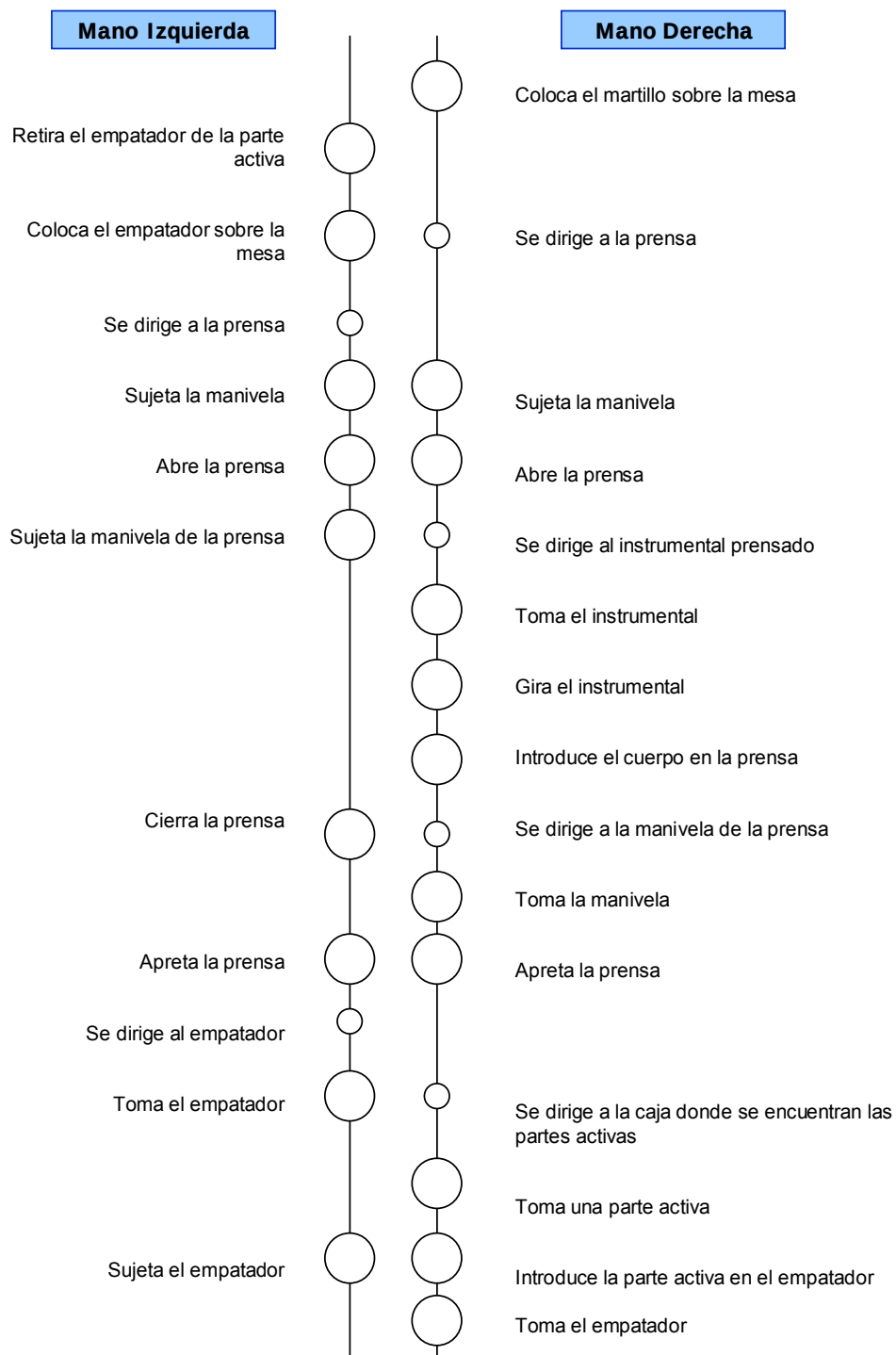
Figura 50. Ensamble de instrumental. Posición de trabajo

CONSECUENCIAS

La sensación de cansancio de los músculos es causado por el poco suministro de oxígeno a estos ya que se necesita de más cantidad de este elemento para un buen funcionamiento. Hay reacciones químicas y se empieza a sentir dolor, espasmos y calambres en la espalda y piernas que impiden realizar adecuadamente la tarea.

El número de variaciones y movimientos para esta etapa es alto y los tiempos proporcionales; los diagramas de procesos se resaltan en el numeral 3.2.2 y el detalle de desplazamientos y pasos a realizar en esta fase de ensamble se observan en la figura 49 mano izquierda mano derecha. Este diagrama se realizó únicamente para esta operación debido a los continuos movimientos de las extremidades superiores para la ejecución de la tarea de ensamble de instrumental.





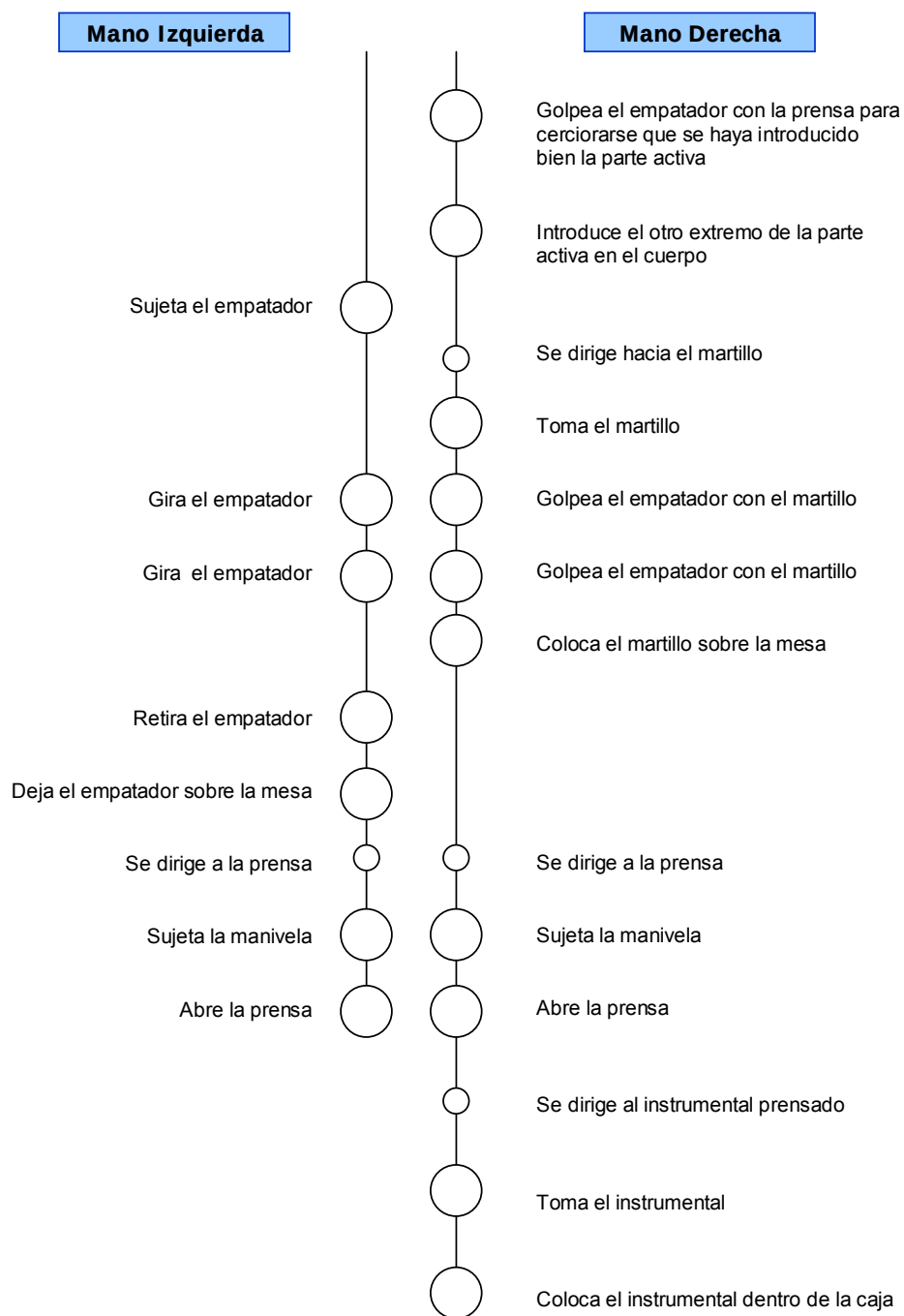


Figura 51. Diagrama mano izquierda - mano derecha para el proceso de ensamble

La adducción y abducción en el brazo generada por el golpe del empatador produce cansancio del deltoides y fatiga del operario, las vibraciones dificultan la circulación sanguínea llegando a ocasionar el síndrome del dedo blanco; las extensiones, flexiones, rotaciones y desviaciones bruscas de la muñeca pueden ocasionar el síndrome del túnel metacarpiano.

Con el estudio de los puestos de trabajo desde el punto de vista de los factores humanos damos por terminado la identificación del problema.

2.3. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

Después del estudio realizado en la empresa se han podido identificar las reales causas de embotellamiento en la zona de empate; una de ellas es la ineficiencia del proceso de ensamble del instrumental de acuerdo a lo establecido por la empresa en un estudio anterior y el otro problema radica en el real atascamiento del proceso general, localizado en los procesos anteriores de ensamble como el enderezado, corte y esmerilado debido a causas halladas en el estudio de este proyecto como:

CAUSAS ECONOMICAS

- La destinación de recursos económicos por parte de la empresa no ha sido la suficiente para suplir las necesidades del proceso de empate.

- La inexistencia de una máquina o dispositivo que optimice los procesos.

CAUSAS ERGONOMICAS

- Las herramientas utilizadas no son idóneas para el óptimo desempeño del operario.
- Las largas jornadas a las que se somete el personal para la ejecución de una tarea particular.
- Las posiciones adoptadas por los operarios para la ejecución de las tareas.
- El mal dimensionamiento de los puestos de trabajo de acuerdo a las tareas de fuerza o precisión a desarrollar.

2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

La identificación del proceso de empuje junto con el alistamiento de puntas como los de mayor ineficiencia, se debe a la baja producción de estos procesos además de las causas anteriormente mencionadas; creando una necesidad en la empresa que radica en un sistema o máquina que optimice y genere un espacio de trabajo cómodo en los procesos de enderezado, corte, esmerilado y ensamble de instrumental.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar una máquina que optimice el proceso de ensamble de instrumental odontológico en la empresa Marthe.

2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar las causas que hacen ineficiente el proceso de ensamble en la empresa Marthé.
- Definir con exactitud la incidencia de las falencias existentes en el proceso de ensamble sobre la producción general.
- Determinar los elementos que intervienen en el desempeño del operario en su puesto de trabajo.
- Identificar y analizar los mecanismos adecuados para elaborar la máquina.

- Diseñar un modelo conceptual adecuado que permita al operario interactuar cómodamente con la máquina.
- Desarrollar los procedimientos adecuados para realizar la comprobación técnica y ergonómica del sistema diseñado.
- Reducir el porcentaje de instrumental defectuoso a causa del actual proceso de ensamble.
- Reducir tiempos en el proceso de producción de instrumental odontológico en la empresa.
- Disminuir costos a la empresa generados por las demoras en el proceso productivo.

3. MAQUINARIA DISPONIBLE EN EL MERCADO

El diseño y desarrollo del presente sistema supone una serie de fases iniciales que comienzan con la recolección de información del medio, en donde residan situaciones con la misma clase de necesidades o parte de ellas, para proceder luego al análisis de los principios mecánicos utilizados y el estudio de su factibilidad en la adaptación para esta situación en particular. Más adelante se establecerán los requerimientos de tipo funcional que se han de tener en cuenta para la adopción de cualquier solución. Tales requerimientos nos ayudarán a la evaluación y selección de los dispositivos más aptos. La última sección hará referencia al diseño del sistema integral, el cual contará de igual manera con un proceso de evaluación y selección de acuerdo a los requerimientos aquí planteados.

3.1. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Las empresas con mayor dinamismo tecnológico dedicadas a la fabricación de instrumental odontológico en Colombia son pocas, la mayoría de ellas se encuentra en un nivel medio – bajo de fabricación debido a procesos artesanales y

a la poca cobertura que tienen del mercado de la salud oral. La trayectoria de empresas como Marthé le permite consolidarse en el transcurso de los años como agrupaciones industriales con un nivel competitivo y productivo alto que mantienen un buen porcentaje de participación en el mercado nacional.

La búsqueda de maquinaria para fabricar instrumental se dio durante las primeras fases de desarrollo del proyecto con el fin de realizar un análisis y rediseño para la implantación de la máquina en Marthé Arias Sucesores; con el transcurso del tiempo se evidenció la ausencia de maquinaria en la región para fabricar instrumental y se procedió a la observación de principios utilizados en la industria alimenticia, metal mecánica y afines, en donde se pueden encontrar registros de maquinaria que dan soluciones de tipo parcial, comprendiendo los procedimientos de enderezado y corte de alambre y varilla de diferentes calibres y materiales como los consignados a continuación.

3.1.1. RECTIFICADORAS DE ALAMBRE

Para la fabricación de mallas y jaulas existen procesos similares que requieren del enderezado o rectificado de alambre. Esta maquinaria es comercializada en su mayoría vía internet de acuerdo a los requerimientos del cliente.

Dentro de las máquinas rectificadoras de alambre encontramos dos tipos de acuerdo a la forma y configuración de los elementos de cada sistema.

Enderezadoras por rodillos

MÁQUINA ENDEREZADORA Y CORTADORA DE ALAMBRE Modelo: WSC- 5			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	1.6 - 5.0 mm	- Vida útil de la maquina alta. - Corte automático. - Velocidad de enderezado alta. - Máquina económica por el sistema de funcionamiento. - Piezas de fácil consecución en el mercado	- No endereza alambre quirúrgico acerado. - Demanda gran área para su instalación y puesta en marcha.
Tipo de Alambre	galvanizado		
Motor (potencia)	2 Hp		
Producción (velocidad)	35.56 cms/seg		
Dimensiones	0.9 x 0.45 x 0.9 mts		
Accesorios	Pedestal para alambre, motor, interruptor, accesorio para cortar automáticamente, rodillos para enderezar y Herramienta para cortar.		
Sistema de funcionamiento	Mecánico		
			

MÁQUINA ENDEREZADORA Y CORTADORA DE ALAMBRE			
Modelo: EC- 38RH			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	12 - 45 mm	- Alto grado de producción. - La configuración de los rodillos permite graduar diferentes calibres de alambre. - Piezas de fácil consecución en el mercado - Vida útil de la maquina alta.	-Demanda gran área para su instalación y puesta en marcha. - Precio de la máquina elevado. - Costo de mantenimiento elevado. - No endereza alambre quirúrgico
Tipo de Alambre	galvanizado		
Motor (potencia)	5 Hp		
Producción (velocidad)	De corte 80 Mt/seg		
Dimensiones	2.3x 0.8x0.9		
Accesorios	Rodillos hiperbólicos, cizalla hidráulica de alto impacto o sierra volante de discos abrasivos		
Sistema de Funcionamiento	hidráulico		
			

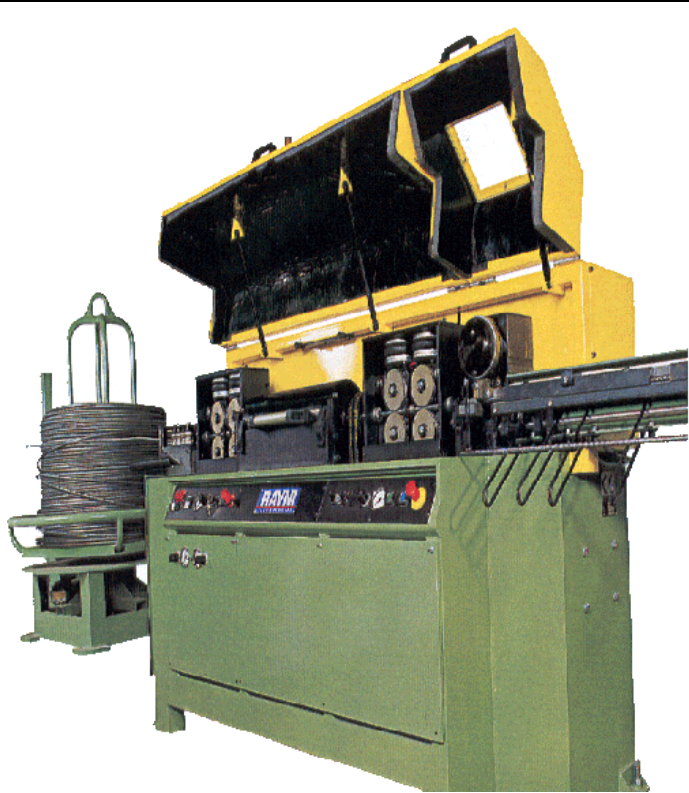
MÁQUINA PARA ENDEREZAR Y CORTAR ALAMBRE**Modelo: TISHKEN, No. FL2-CO2**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	2.6 - 4 mm	- La configuración de los rodillos permite graduar diferentes calibres de alambre. - Piezas de fácil consecución en el mercado - Vida útil de la maquina alta.	-Demanda gran área para su instalación y puesta en marcha. - Precio de la máquina elevado. - Costo de mantenimiento elevado. - No endereza alambre quirúrgico
Tipo de Alambre	galvanizado		
Motor (potencia)	3 Hp		
Producción (velocidad)	10 rpm		
Dimensiones	45.72x 172.72 x 147.32 cms		
Accesorios	Suministrado con motor eléctrico, arrancador, pedestal para el rollo de alambre y un juego de herramientas		
Sistema de funcionamiento	Hidráulico		
			

Rectificadoras de alambre por rotación

MÁQUINA PARA ENDEREZAR ALAMBRE POR ROTACIÓN

Modelo: MD10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	0.8 - 2 mm	- Piezas de fácil consecución en el mercado - Vida útil de la maquina alta. - Alto grado de producción. - Endereza alambre inoxidable	-Demanda gran área para su instalación y puesta en marcha. - Precio de la máquina elevado. - Costo de mantenimiento elevado.
Tipo de Alambre	Galvanizado, inoxidable		
Motor (potencia)	3/4 Hp		
Producción (velocidad)	10 -50 mt/min		
Dimensiones			
Accesorios	Pedestal de alambre, enderezadora rotativa de casetes preregulas, dispositivos de achaflanado, punzonado y plegado		
Sistema de funcionamiento	Mecánico		
			

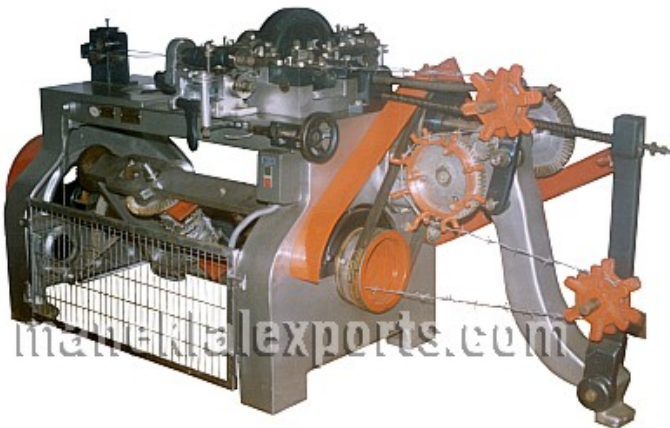
MÁQUINA PARA ENDEREZAR ALAMBRE POR ROTACIÓN Modelo: MD20			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	1.8 - 6 mm	- Piezas de fácil consecución en el mercado - Vida útil de la máquina alta. - Alto grado de producción. - Endereza alambre inoxidable	-Demanda gran área para su instalación y puesta en marcha. - Precio de la máquina elevado. - Costo de mantenimiento elevado.
Tipo de Alambre	Galvanizado, inoxidable		
Motor (potencia)	1 Hp		
Producción (velocidad)	20-90 mt/min		
Dimensiones			
Accesorios	Pedestal de alambre, enderezadora rotativa de casetes preregulatas, dispositivos de achaflanado, punzonado y plegado		
Sistema de funcionamiento	Mecánico		

3.1.2. CORTADORAS DE ALAMBRE

Las cortadoras de alambre por lo general vienen adaptadas a un sistema de rectificado; algunas para el corte poseen matrices que impactan el material logrando formas especiales como filos y puntas, así como un sensor o final de carrera que señala el tiempo exacto del corte y la longitud deseada del alambre.

Dependiendo de la forma en que se ejecute el corte, ya sea plano con cuchilla o en ángulo con troquel, podemos encontrar dos tipos de maquinaria:

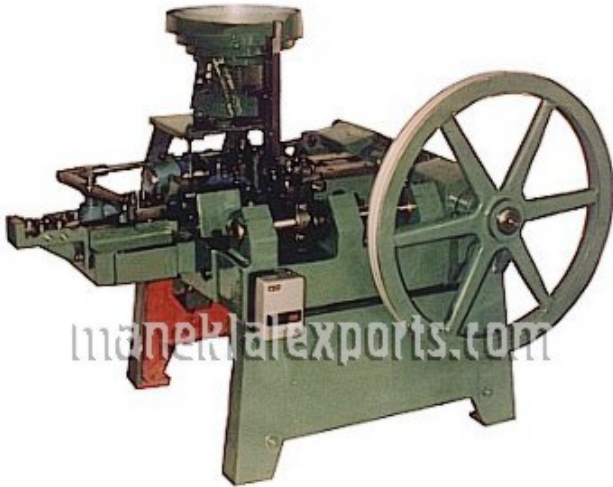
Corte plano con cuchilla

MAQUINA PARA FABRICAR ALAMBRE DE PÚAS			
Modelo: BWM -500			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	2.5 - 2.8 mm	- Corta alambre de manera efectiva. - Alto grado de producción. - Fácil mantenimiento - Fácil consecución de piezas en el mercado	no se ajusta a estándares de corte necesarios No endereza alambre El espacio que ocupa es bastante grande
Tipo de Alambre	Duro, brillante, galvanizado		
Motor (potencia)	5 Hp/ 960 rpm		
Producción (velocidad)	500 Kgr / 8 horas		
Dimensiones	1970 x 1360 x 1150 mm		
Accesorios	Motor Eléctrico de 5 HP, Arrancador, Juego de repuestos, Manguitos para Torcer, Pedestal de Alambre, Pedestal de Alambre de Púas fabricado		
Precio			
			

MÁQUINA PARA FABRICAR CLAVOS EN U CON MUESCA			
Modelo: UNM - 100 N			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	10 - 17 mm	- Corta alambre de manera efectiva. - Alto grado de producción. - Fácil mantenimiento - Fácil consecución de piezas en el mercado.	no se ajusta a estándares de corte necesarios No endereza alambre El espacio que ocupa es bastante grande El tipo de corte no se adecua al necesario.
Tipo de Alambre	Alambre galvanizado		
Motor (potencia)	3 HP		
Producción (velocidad)	100 Calvos en 'U' por minuto		
Dimensiones	1.6 x 1.1 x 1.7 mts		
Accesorios	Motor Eléctrico, Arrancador, Un juego de Herramientas (Toolings para un tamaño de Clavo) y Pedestal de Alambre		
Sistema de funcionamiento	Mecánica		
			

MÁQUINA PARA FABRICAR PUNTA DE PARIS**Modelo: N 1, N 2, N3, N4, N5**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	1.22 - 5.89 mm	- Corta alambre de manera efectiva en corto tiempo. - Alto grado de producción. - Fácil mantenimiento - Fácil consecución de piezas en el mercado. - Troquel ajustable a diferentes calibres de alambre. - Forma de la punta adecuada para el ensamble - Reducido costo de mantenimiento. - Demanda poca área para su instalación y puesta en marcha	- Desgaste de troqueles - No corta acero inoxidable.
Tipo de Alambre	galvanizado		
Motor (potencia)	2 - 7.5 Hp		
Producción (velocidad)	150-450 puntas por minuto		
Dimensiones	0.85 x 0.85 x 0.90 mts, 1.50 x 1.50 x 1.16 mts		
Accesorios	Motor Eléctrico, Arrancador, Bandas, Un juego de Herramientas (matriz para agarrar, herramientas para cortar y Matriz encabezadora), Pedestal de Alambre y una bomba para lubricación operado a mano		
Sistema de Funcionamiento	mecánico		
			

MÁQUINA PARA FABRICAR CLAVOS DE TECHAR			
Modelo: RNM-75			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	2.6 - 4 mm	- Corta alambre de manera efectiva en corto tiempo. - Fácil mantenimiento - Fácil consecución de piezas en el mercado. - Troquel ajustable a diferentes calibres de alambre. - Forma de la punta adecuada para el ensamble - Reducido costo de mantenimiento.	- Desgaste de troqueles - No corta acero inoxidable
Tipo de Alambre	galvanizados		
Motor (potencia)	3 Hp		
Producción (velocidad)	60-70 piezas por minuto		
Dimensiones	0.85 x 0.85 x 0.90 mts, 1.50 x 1.50 x 1.16 mts		
Accesorios	suministrado con motor eléctrico, arrancador, pedestal para el rollo de alambre y un juego de herramientas		
Sistema de Funcionamiento	Mecánico		
			

MÁQUINA PARA FABRICAR CLAVOS DE HERRADURA			
Modelo: HNM-50			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diámetro de alambre	4,5 mm	- Corta alambre de manera efectiva en corto tiempo. - Fácil mantenimiento - Fácil consecución de piezas en el mercado. - Forma de la punta adecuada para el ensamble - Reducido costo de mantenimiento.	-Troquel no ajustable a diferentes calibres de alambre. - Desgaste de troqueles - No corta acero inoxidable
Tipo de Alambre	galvanizado		
Motor (potencia)	7.5 Hp		
Producción (velocidad)	5 kg/hr		
Dimensiones	1.25 x 1.20 x 1.20 & 1.15 x 1.15 x 0.15 mts		
Accesorios	Motor Eléctrico, Arrancador, Matrices para formar la cabeza y el Vástago y un juego de Cortadoras para cualquier un tamaño de clavos		
Sistema de Funcionamiento	mecánico		
			

3.1.3. ESMERILADO DE PUNTAS

Cuando se habla de diámetro de varilla de gran calibre, las empresas utilizan equipos automatizados adheridos al torno para facilitar la operación; es entonces

cuando se debe analizar el esmerilado de puntas para diámetros menores de alambre junto con el corte debido a que gran parte de la maquinaria existente en el mercado realiza las semi puntas con troqueles adaptados a este sistema.

En el numeral anterior se detalló la información de maquinaria existente en el mercado para este tipo de operación.

3.1.4. ENSAMBLE DE PUNTAS Y CUERPOS

La necesidad que suple esta clase de empresas a nivel nacional es puntual y también el desarrollo de nuevos modelos de optimización de procesos.

Pocos son los diseños actuales de maquinaria para fabricación de instrumental y aún menor el número de proyectos para esta operación de ensamble en particular.

La maquinaria existente ha sido planificada y desarrollada por microempresas dedicadas a la elaboración de instrumental sin que comercialmente se conozca un sistema que agilice y tecnifique este tipo de industria.

La consecución de maquinaria extranjera como soporte y guía para el diseño o rediseño posterior que optimice los procesos en la empresa ha sido desierta ya que los procesos productivos y la forma del instrumental varían notablemente; así como las políticas de confidencialidad de las empresas de no difundir los procesos, la infraestructura y maquinaria de la misma.

4. REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO

4.1. REQUERIMIENTOS DE MARTHE ARIAS SUCESORES.

Para el desarrollo de este proyecto, inicialmente hemos tomado como base los requerimientos de la empresa, que han surgido de las necesidades presentadas en el área de producción tras la adopción de los actuales métodos para el ensamble del instrumental odontológico, los cuales, como ya habíamos mencionado, fueron empleados después de la avería de la máquina que utilizaban para tal objetivo.

Los siguientes son los requerimientos a grandes rasgos para el desarrollo del proyecto:

- Aumentar la producción. La solución implementada deberá aumentar considerablemente la cantidad de instrumentales ensamblados por jornada de trabajo respecto a la cantidad presentada en la actualidad. Para tal efecto se presenta una cifra cercana a los a los 3 instrumentales por minuto, tomada de las proyecciones de la empresa para los próximos años.

- Reducir la cantidad de empleados en la realización del proceso de empate. Para tal efecto, se requerirá que no más de un empleado realice la labor de ensamble en las jornadas de alta demanda.
- Utilizar un espacio reducido. Debe ocupar un área máxima de 2 m^2 (1 x 2 m.) que corresponde al campo de trabajo empleado actualmente por la mesa de ensamble, de igual manera no deberá involucrar la utilización de otro tipo de aditamentos que aumenten este espacio.
- Mantener la calidad de los instrumentales. Las piezas allí ensambladas no deberán sufrir dobleces, roturas o deformaciones como efecto de las fuerzas y movimientos utilizados.
- Que se adapte a los diferentes tipos de instrumental que se producen, debido a que las decisiones tomadas en la fase de diseño de las piezas en ocasiones obligan a modificar considerablemente sus dimensiones, así como la introducción de nuevas referencias de instrumentales que no se encuentren dentro de los estándares utilizados.
- Cumplir con las especificaciones técnicas del proceso, tales como tipo de ajuste, cantidad de penetración en el ensamble, longitud de las partes activas correspondientes a cada uno de los estándares y demás elementos mencionados en el numeral 2.4.8 referente a las características técnicas del instrumental.

- Implementar un tipo de solución durable, que no presente deterioro con el tiempo, tanto en el tipo de materiales seleccionados como en la calidad del mecanizado y ensamble de las piezas. Igualmente implementar la utilización de partes de fácil consecución o fabricación en caso de necesitar su reemplazo.
- Reducir costos, que queden evidenciados tanto en la reducción de los tiempos de fabricación como en la utilización de horas-hombre. Para tal intención, la solución implementada deberá significar una inversión recuperable a corto plazo y que represente un considerable beneficio económico a mediano plazo.
- Dar un paso hacia la tecnificación de los procesos de producción y de esta manera lograr la certificación ante la ISO 9001, elemento que le representa innumerables beneficios en el sector de las exportaciones.
- Fácilmente operable por cualquiera de los empleados del área de producción, ya que las labores realizadas dentro de la empresa no son de tipo especializado y constantemente se hace la rotación de los empleados por cada uno de los puestos de trabajo.

Cabe destacar que dentro del listado de requerimientos anteriormente mencionados existen algunos que son de vital importancia para los intereses de la empresa, dentro de los que se cuentan todos aquellos que ayuden a mantener las

condiciones con las que operan actualmente, a saber capacidad, calidad y costos de producción.

4.2. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.

Como ya se menciona con anterioridad, la base para la realización de este proyecto parte de las necesidades que manifiesta la empresa, las cuales han sido evaluadas y complementadas con el tipo de necesidades observadas mediante el estudio realizado en el capítulo 3. Posteriormente, se han de establecer los lineamientos contemplados en cada una de las áreas del desempeño del Diseño Industrial sobre los que desarrollaremos este proyecto, necesarios para evaluar cada una de las soluciones planteadas. La forma de mencionar tales criterios se realizará dando a conocer el requerimiento seguido de la importancia para el desarrollo de la solución y finalizando con su parametrización, es decir, el rango que debe abarcar tal solución.

Para la evaluación de las diferentes alternativas del sistema es imprescindible analizar el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen de acuerdo a unos requerimientos funcionales establecidos; estos requerimientos servirán de base para escoger el dispositivo idóneo que debe hacer parte del conjunto. Una vez valorado cada elemento se dispondrán en diferentes configuraciones de máquinas para ser evaluados como alternativas individuales para la escogencia total del sistema.

Dentro de los requerimientos a parametrizar se encuentran algunas variables que denotan un cumplimiento mayor o menor del elemento o sistema de acuerdo a un nivel de importancia, en otras palabras indican la eficiencia comparativa de un dispositivo o sistema con respecto al otro; así mismo encontramos requerimientos constantes no parametrizables que existen o no de acuerdo a un rango de cumplimiento afirmativo o negativo.

Las definiciones de las consideraciones funcionales para evaluar de manera objetiva cada dispositivo en el desarrollo de alternativas se deben realizar de acuerdo a los siguientes requerimientos establecidos para este proyecto en concreto; cabe resaltar que para cada principio funcional se adecuaron los requerimientos que a continuación se describen. Cabe aclarar que los dispositivos o mecanismos son los que componen un conjunto que en nuestro caso es el sistema donde unos con otros se interrelacionan para el buen funcionamiento de toda la máquina; por lo tanto, la evaluación de alternativas se desarrollará en primera instancia para los dispositivos de acuerdo a su funcionamiento y posteriormente para las alternativas o configuraciones diversas de sistemas.

Los requerimientos de diseño para el análisis y la evaluación de dispositivos y sistemas son:

REQUERIMIENTOS DE USO**PRACTICIDAD**

- Adaptabilidad a los diferentes tipos de instrumental que se producen en la empresa.
- Facilidad de operación de cada uno de los elementos con que cuenta la máquina.
- Adaptabilidad al entorno del puesto de trabajo
- Reducido número de pasos para programar y manipular la máquina.

MANIPULACIÓN

- Los componentes de la máquina no deben presentar ambigüedad en su uso.
- El operario no debe someterse a grandes esfuerzos en el momento de operar el sistema

MANTENIMIENTO

- Las piezas deben ser diseñadas con tolerancias altas para permitir el mantenimiento de los elementos desgastados.
- Para el montaje del sistema y el arreglo de cualquier avería, los componentes deben ser fácilmente desmontables.
- Los materiales serán de alta resistencia según la tarea a desempeñar.
- El sistema vendrá acompañado de un manual de operaciones y mantenimiento.

TRANSPORTE

- El sistema debe permitir la traslación y la movilización de un sitio a otro
- El tamaño de la máquina debe ser reducido para que se adapte a los puestos de trabajo actuales de la empresa.

SEGURIDAD

- Durante la operación de la máquina el acceso al sistema será restringido al operario
- La máquina y sus dispositivos permite un manejo seguro de elementos como cuchillas y demás elementos corto punzantes.
- Los sistemas eléctricos y de potencia serán aislados para prevenir accidentes.
- El diseño de la maquinaria debe cumplir con las normas técnicas colombianas.

ANTROPOMETRÍA

- El sistema se debe adaptar a las medidas antropométricas del operario
- Los elementos del sistema irán acordes a los movimientos y a los límites máximos de extensión de las extremidades del operario.

PERCEPCIÓN

- Los acabados y Colores del sistema completo irán de acuerdo a la función a desempeñar.
- La disposición de los mandos y controles serán los correctos para la buena interpretación del sistema y su secuencia de uso.

REPARACIÓN

- Las piezas, así como los materiales para su fabricación serán de fácil consecución en el mercado
- La máquina será diseñada junto con planos de fabricación y montaje que permitan el reemplazo de cualquier pieza que lo necesite.
- Fácil acceso a los diferentes componentes.
- Reparación a manos de personal calificado.
- Los materiales serán de alta resistencia según la tarea a desempeñar.

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN

EFICIENCIA

- El desperdicio de alambre debe ser el mínimo posible
- La producción de la máquina debe superar la cantidad de instrumental mensual que la empresa fabrica
- Para evitar demoras las operaciones se deben disponer los dispositivos linealmente.
- Los tiempos que se manejen deben estar por debajo de los registrados en los procesos actuales de la empresa

VERSATILIDAD

- Los dispositivos se adecua a los calibres o cuerpos y alambres utilizados en Marthé.
- Permite programar individualmente los dispositivos de enderezado, corte y ensamble.
- Los componentes son adaptables a cualquier sistema de potencia, ya sea mecánico, hidráulico o neumático.

PRODUCTO

- Mantiene las propiedades físicas del alambre y el cuerpo; no son sometidos a procesos que lastimen, rayen o doblen el instrumental
- Mantiene las propiedades mecánicas del acero como resistencia, dureza y ductibilidad.
- Mantiene los niveles de calidad que maneja la empresa

EJECUCIÓN (FUNCIONAMIENTO)

- No hay atascamientos de material durante la operación de los dispositivos del sistema.
- Permite pausas en las operaciones en caso de emergencia o para hacer control de calidad de las piezas
- El grado de precisión en el corte y ensamble se mantiene alto.
- La fuerza que debe hacer el operario es poca o nula para no generar traumatismos musculares.

RESISTENCIA

- La estructura será diseñada para soportar el peso de los dispositivos y el sistema de potencia.
- La geometría de las piezas no repercute en su resistencia. Se eliminarán los ángulos agudos en las piezas de corte y demás elementos del sistema.
- Las piezas no presentan desgaste o falla en las operaciones que realiza la máquina.
- Los tratamientos térmicos de templado y revenido cumplen con las demandas de resistencia exigidas por las piezas sometidas a grandes esfuerzos.

CONFIABILIDAD

- El sistema permitirá la visibilidad de sus partes y funcionamiento para dar seguridad al operario en la manipulación de la máquina.
- La retroalimentación de cada tarea ejecutable será directa sin ningún tipo de demoras.

ACABADOS

- Las piezas expuestas a manipulación directa del operario así como al medio ambiente, estarán recubiertas por carcasas y acabados externos de pavonado o pintura electrostática

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES

NÚMERO DE COMPONENTES

- El número de piezas en los dispositivos será reducido.

ESTRUCTURABILIDAD

- El sistema presentará gran estabilidad visual y estructural.

CARCAZA

-
- El diseño de elementos se desarrollará para la protección de los diferentes elementos y sistemas de potencia
-

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS

PRODUCCIÓN

- Los componentes del sistema tendrán el mínimo de mecanizados posibles
- Las piezas serán normalizadas para la fácil consecución en el mercado
- El sistema no debe requerir elevada precisión en el montaje

COSTOS DE PRODUCCIÓN

- Costo de la materia prima, fabricación, montaje y mantenimiento dentro de los márgenes presupuestales de la empresa

CONTROL DE CALIDAD

- El sistema permite verificar las operaciones enderezado, corte y ensamble de instrumental
- En la fabricación las piezas serán verificadas dimensional y mecánicamente

MATERIAS PRIMAS

- Los materiales de las piezas serán los requeridos para la función que deban desempeñar.

MANO DE OBRA

- El diseño del sistema junto con la producción irán de la mano para la planificación y producción de las piezas.
 - Utilizar personal altamente profesional para la fabricación y montaje de las piezas del sistema
-

REQUERIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN

IMPRESIÓN

- La máquina llevará manuales de uso junto con diagramas eléctricos y los del sistema de potencia seleccionado para el mantenimiento
 - La máquina tendrá una marca que le dará identidad en el mercado.
-

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS**CICLO DE VIDA**

- Gran Durabilidad y tiempo de vida de las piezas
- Los materiales serán resistentes para otorgarle un tiempo de vida útil elevado

COSTOS

- Los costos de la máquina no deben representar un lucro cesante para la empresa
- Costos del producto debe ser menor al actualmente registrado en la empresa.
- Los costos de funcionamiento del conjunto donde intervienen el sistema de potencia junto con los elementos de la máquina completa deben ser bajos.

REQUERIMIENTOS FORMALES**UNIDAD**

- La simplicidad de las formas indicarán un modelo de funcionamiento coherente
- Los elementos del sistema tendrán coherencia formal.
- La integración de los elementos estructurales con los dispositivos de operación para otorgarle unión al sistema

ESTILO

- La concepción de la forma por medio del diseño industrial le dará una apariencia innovadora y única en el mercado

SUPERFICIE

- Las superficies de trabajo deben ser de material mate o semi mate para evitar las reflexiones.

Tabla 18. Requerimientos de Diseño para el análisis y evaluación de dispositivos y sistemas

5. ALTERNATIVAS

Una vez expuestos los requerimientos específicos para este proyecto, la formulación de hipótesis o alternativas es el paso siguiente a desarrollar, donde se evaluará cada uno de los componentes propuestos en su diseño funcional y formal creando así una armonía en el sistema.

5.1. ALTERNATIVAS FUNCIONALES

Basados en las alternativas existentes en el mercado se procedió al diseño, fabricación y prueba de los dispositivos individuales para el enderezado, corte, conicidad de partes activas y empate de cuerpos, atendiendo los requerimientos de tipo funcional planteados anteriormente. Para cada una de estas pruebas se realizó el diseño detallado para la selección de materiales, verificación de la geometría y adaptación a los sistemas de potencia.

5.1.1. RECTIFICADO DE ALAMBRE

Para procedimientos de enderezado gran número de máquinas utilizan rodillos graduables que por deflexión rectifican el alambre y lo alimentan para procesos posteriores.

El desarrollo de las alternativas contempla las propiedades del material a enderezar así como las variaciones de diámetro imprescindibles para el diseño de los dispositivos.

Rectificado por deformación

Definición

Dispositivo 1

El alambre es sujetado y alimentado manualmente hacia un mecanismo de fuerza infinita que contiene tres rodillos graduables, que presionan el material.

El dispositivo se elaboró en acero 1020 con tres rodamientos que giraban al paso del alambre.

Dispositivo 2

La disposición de los rodillos se modificó para que la presión se efectúe en más puntos en todo el trayecto del alambre. El dispositivo contiene 12 rodillos que se pueden organizar de manera lineal o interlineal.

Observaciones

El alambre al paso de los rodillos presentaba ondulaciones, que se hacían más tenues aumentando la velocidad de arrastre que se le imprimía manualmente. En el dispositivo 1 El enderezado no es 100% eficiente. En el dispositivo dos el alambre no presentó cambios en su forma convirtiéndose en un mecanismo de enderezado obsoleto.

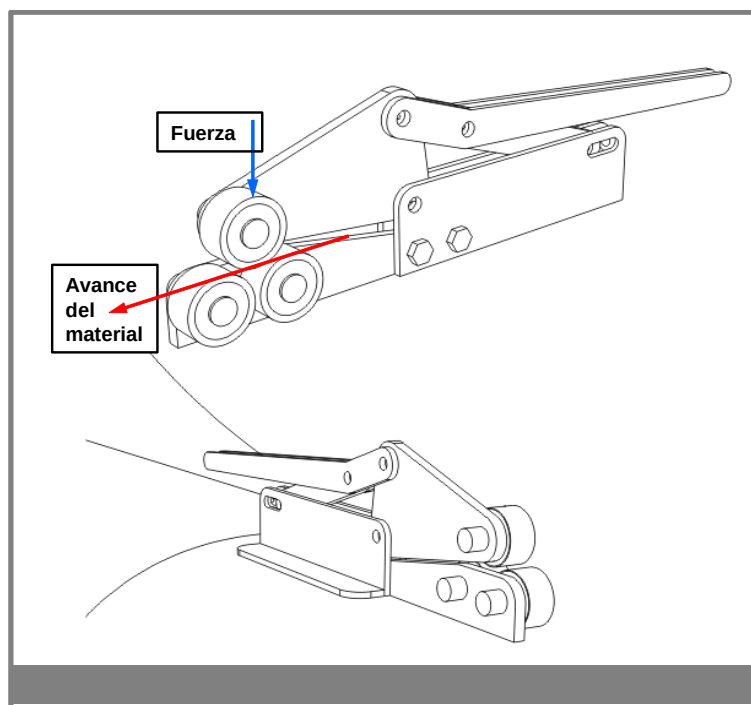


Figura 52. Dispositivo 1. Enderezado por deflexión con mecanismo de fuerza infinita

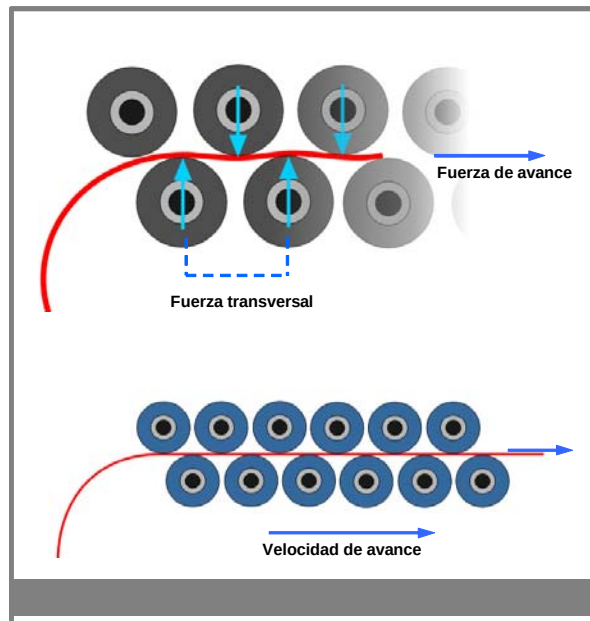


Figura 53. Dispositivo 2. Enderezado por deflexión con hilera de rodillos

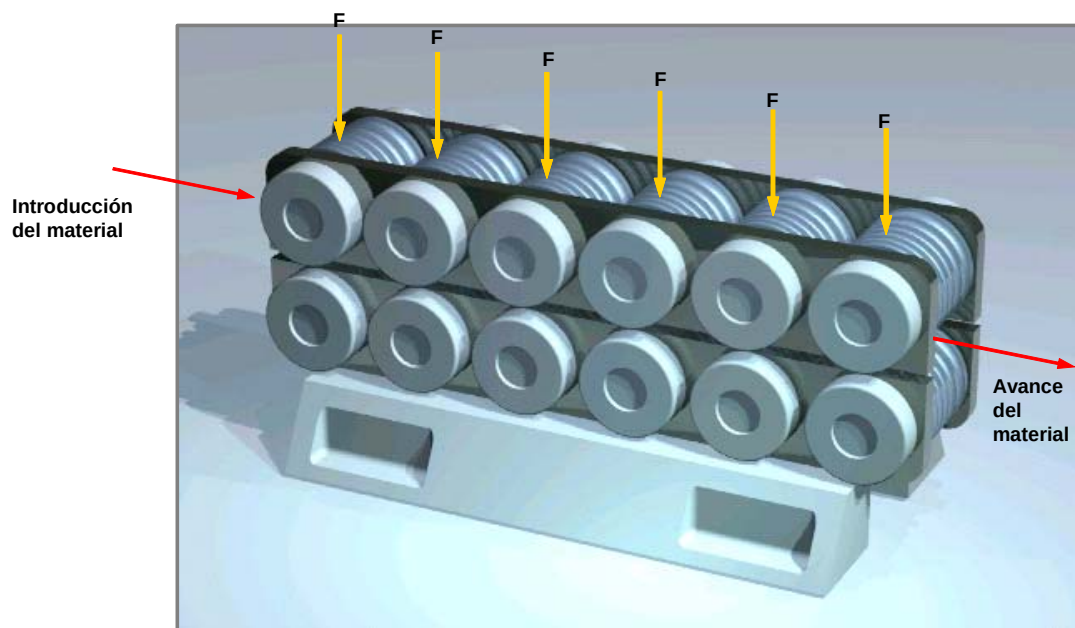


Figura 54. Enderezado por deflexión



Figura 55. Mecanismo de enderezado por deflexión

Rectificado por tracción

Definición

Este principio es utilizado en las empresas fabricantes de jaulas. Actualmente **Jaucol** cuenta con dos de estos dispositivos con el que se desarrolló la prueba de enderezado de alambre a tensión.

El alambre fue sujetado en uno de sus extremos por una mordaza y en el otro por una polea que al ser rotado manualmente tensionaba el alambre para enderezarlo.

Observaciones

El alambre por sus propiedades de alta resistencia a la tracción, volvió a su estado inicial.

El acero resortado como el aisi 302 cuenta con propiedades de alta resistencia a los esfuerzos y por tal razón la linealidad en él después del proceso de rectificado a tracción fue poca.

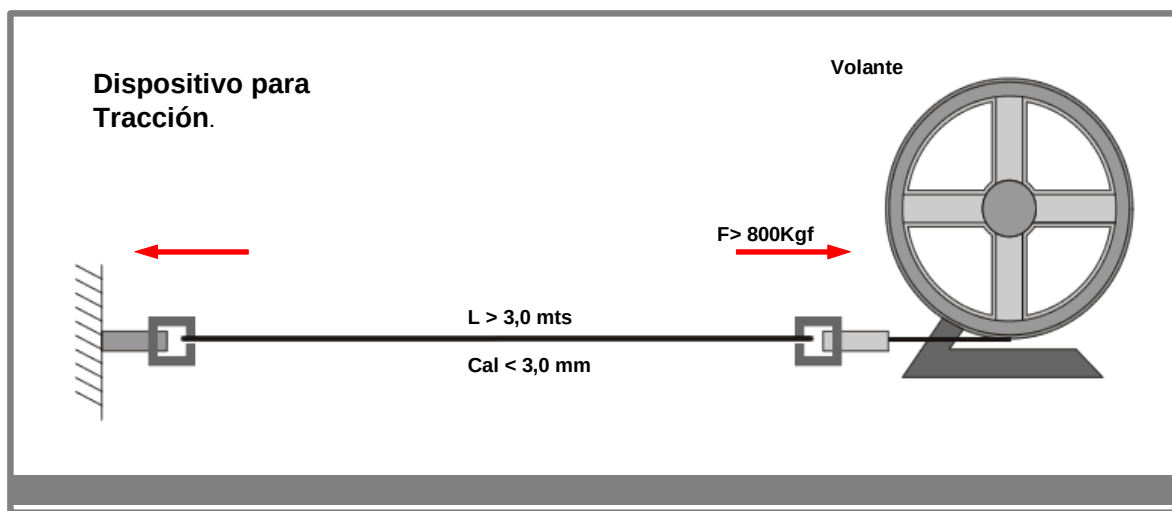


Figura 56. Dispositivo 1. Rectificado por tracción

Rectificado por torsión**Definición**

Otra forma de enderezar el alambre es someterlo a torsión; de esta manera el alambre es dispuesto en la mordaza en un taladro vertical que se pone en marcha a muy baja revolución.

La prueba de enderezado fue hecha en un taladro de árbol donde se sujeto alambre de 3 mm de diámetro entre una prensa y las mordazas de la máquina para enderezarlo.

Observaciones

La torsión efectuada en el alambre fue excesiva lo que generó la deformación plástica y rotura del material.

Las propiedades del material cambiaron en toda su extensión, provocando daños irreparables en la estructura del acero.

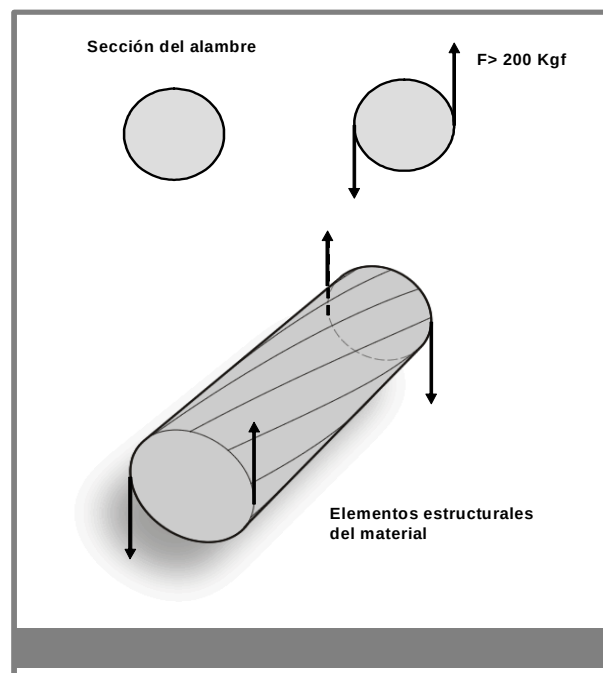


Figura 57. Dispositivo 1. Rectificado por Torsión

Rectificado por rotación

Definición

El enderezado por rotación es una de las maneras más fáciles de rectificar acero inoxidable austenítico. La maquina de enderezado por rotación consiste en un marco con rodamientos y agujeros que gira por acción de un motor; el alambre es alimentado manualmente y rectificado en segundos. Este dispositivo fue encontrado en Jaucol donde se hizo un muestreo de enderezado de alambre

Acerado de 3 milímetros de diámetro.

Posteriormente se fabricó un dispositivo similar que fue dispuesto en un torno de metales con el fin de calcular las revoluciones de enderezado.

El alambre se introdujo por un de los extremos del dispositivo y fue arrastrado con un hombre solo por el otro extremo.

Observaciones

A medida que aumentaban las revoluciones en el torno las ondulaciones finales del alambre desaparecían.

Los puntos de contacto necesarios para el rectificado del alambre dentro del marco son 3, variando la distancia al centro del rodillo dos para los diferentes calibres de acero (1.5, 2.0, 2.7, 3.0 mm.).

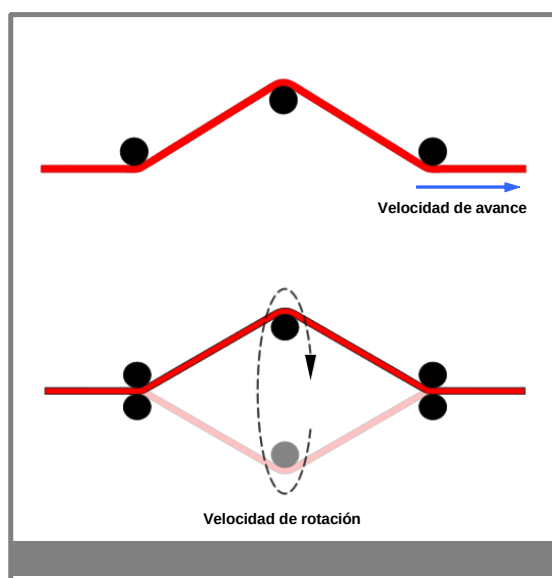


Figura 58. Dispositivo 1. Rectificado por Rotación

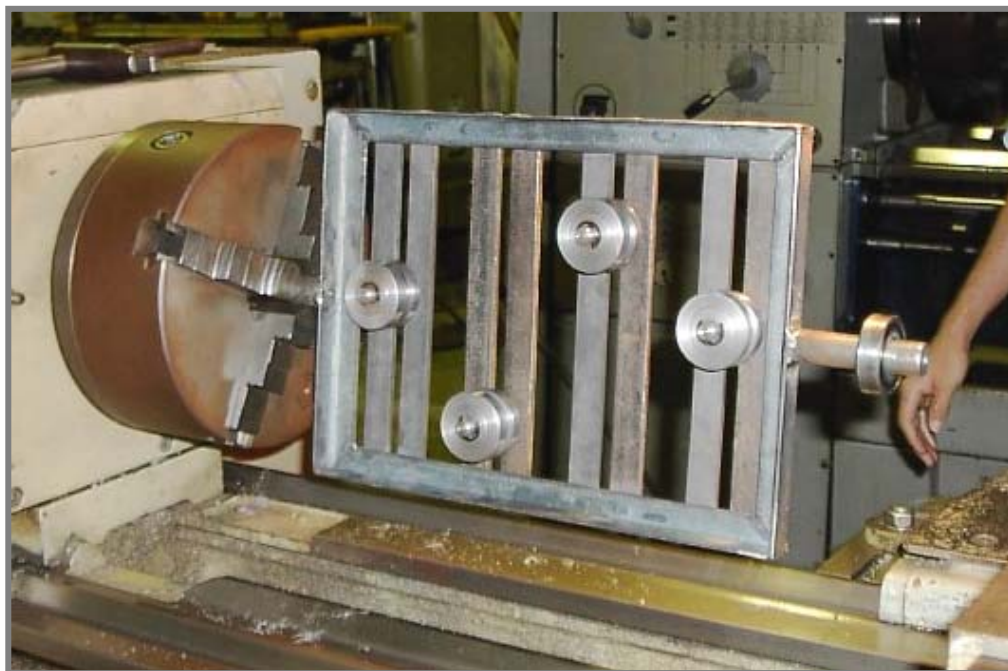


Figura 59. Mecanismo de enderezado por rotación



Figura 60. Mecanismo de rectificado por rotación a baja revolución



Figura 61. Mecanismo de rectificado por rotación a alta revolución

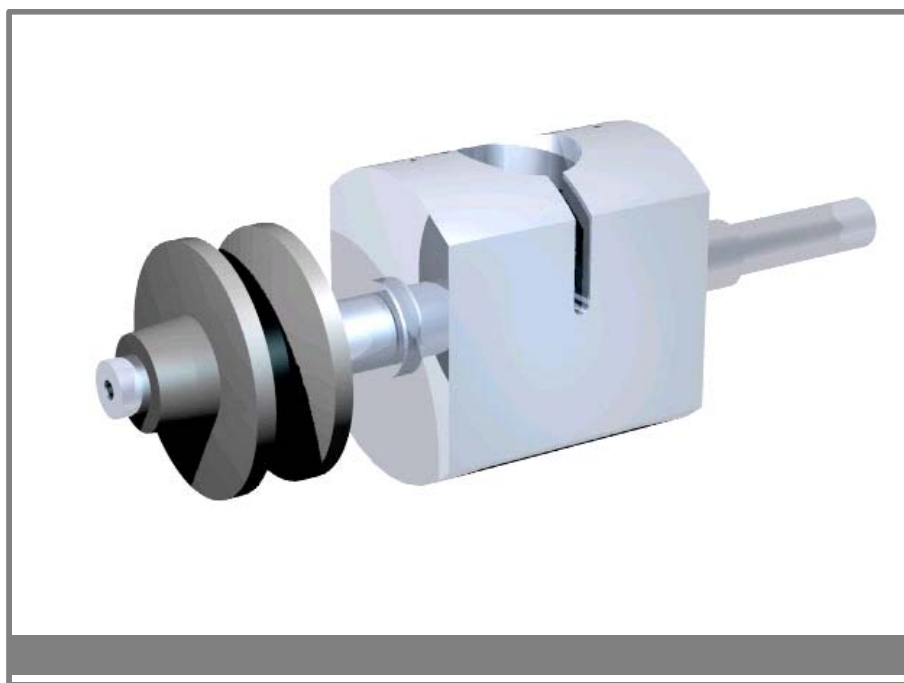


Figura 62. Rediseño del mecanismo de rectificado por rotación

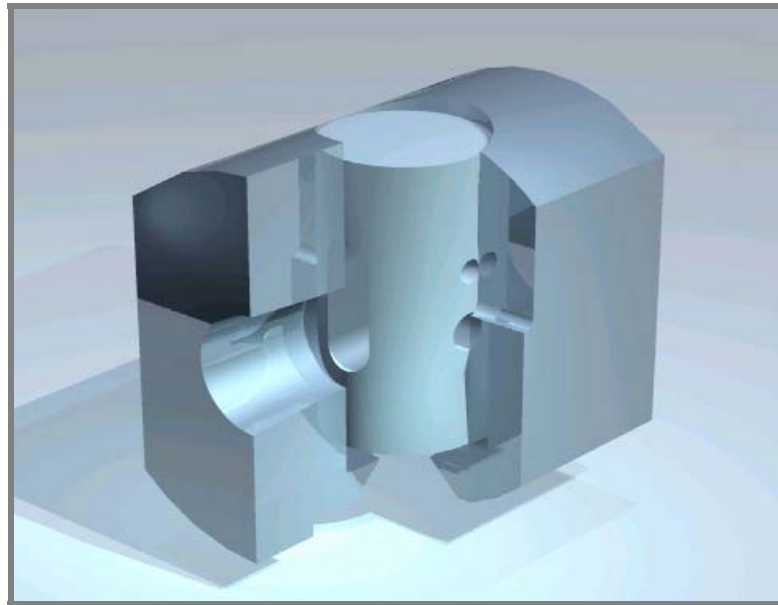


Figura 63. Corte del mecanismo de rectificado por rotación

5.1.2. CORTE DE ALAMBRE

En los siguientes cuadros se muestran los detalles relacionados con las alternativas para el proceso de corte dentro de los que se tuvieron en cuenta criterios como la eficiencia y versatilidad para poder generar la conicidad en la parte activa evitando un proceso posterior de esmerilado.

Corte por cizalladura

Definición

El corte por cizalladura se divide en dos tipos; el primer dispositivo cuenta

Observaciones

El corte se realizó en los cuatro calibres de alambre para diferenciar los cortes

El tiempo que toma el impacto en el corte de alambre es de aproximadamente 0.25 a 0.5

con un corte plano igual al utilizado por las cizallas manuales. El segundo dispositivo consta de un juego de cuchillas a 30 grados para el corte del alambre en punta.

posteriormente. Las cuchillas fueran expuestas a tratamientos térmicos para aumentar sus propiedades de corte.

segundos.

En el dispositivo 1 La cizalla deja una rebaba en las partes de corte que podría lastimar el cuerpo en el momento de ser ensamblado.

En el dispositivo 2 el corte no se efectuó debido a la geometría de las piezas, por el contrario se fracturaron con el impacto con el alambre.

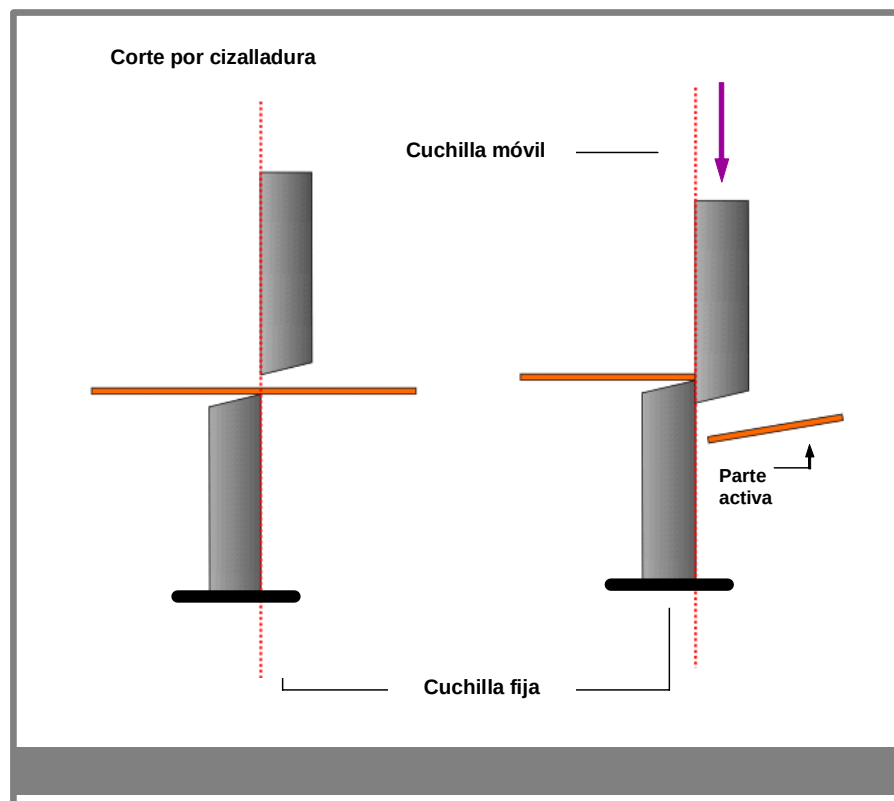


Figura 64. Dispositivo 1. Corte con cuchilla plana

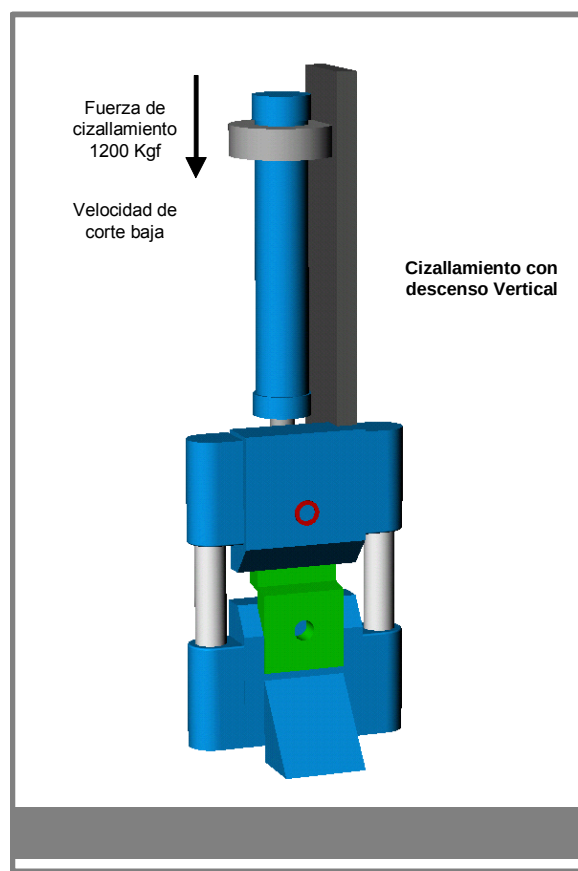


Figura 65. Movimiento rectilíneo de corte con cuchilla plana

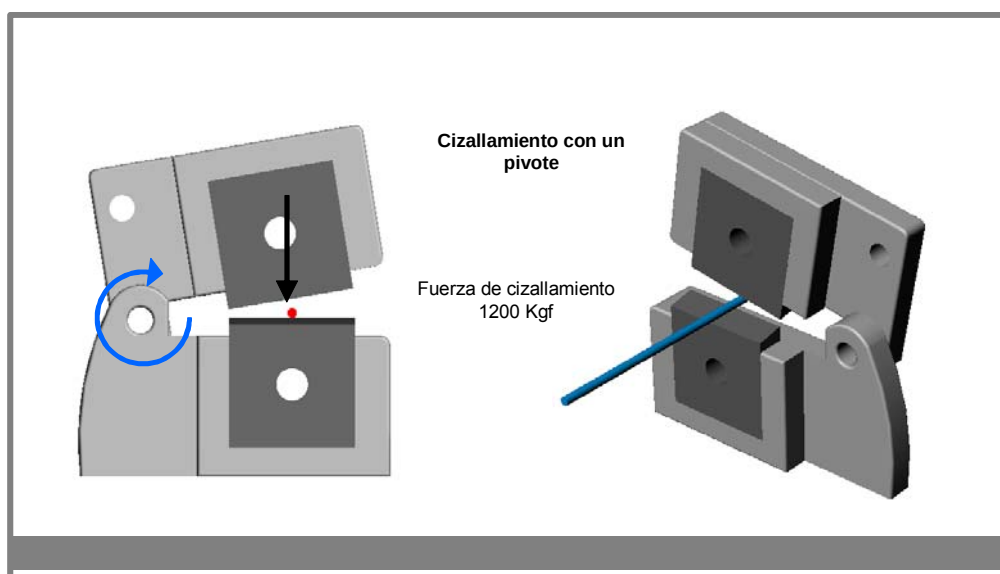


Figura 66. Movimiento pivotado de corte con cuchilla plana

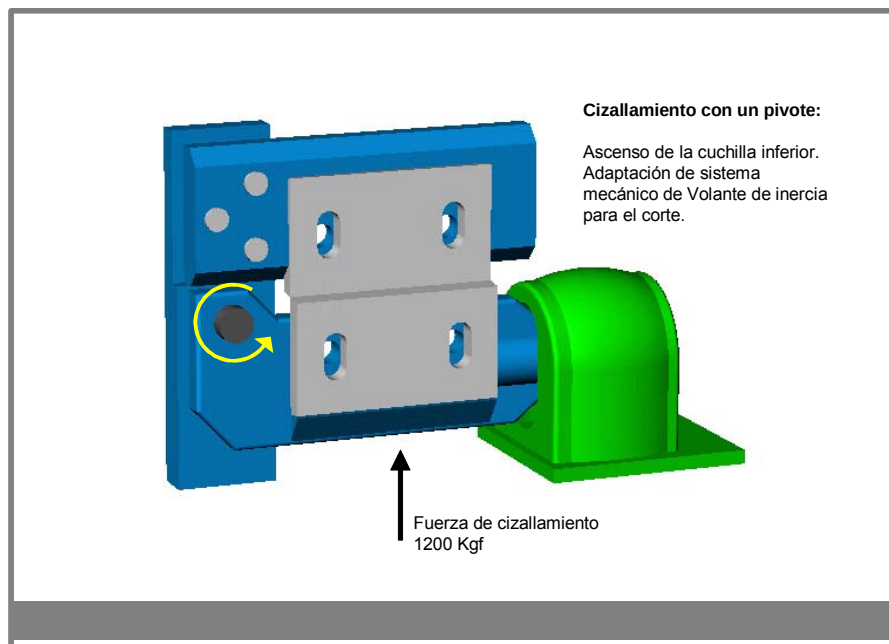


Figura 67. Detalle del Movimiento pivotado de corte con cuchilla plana

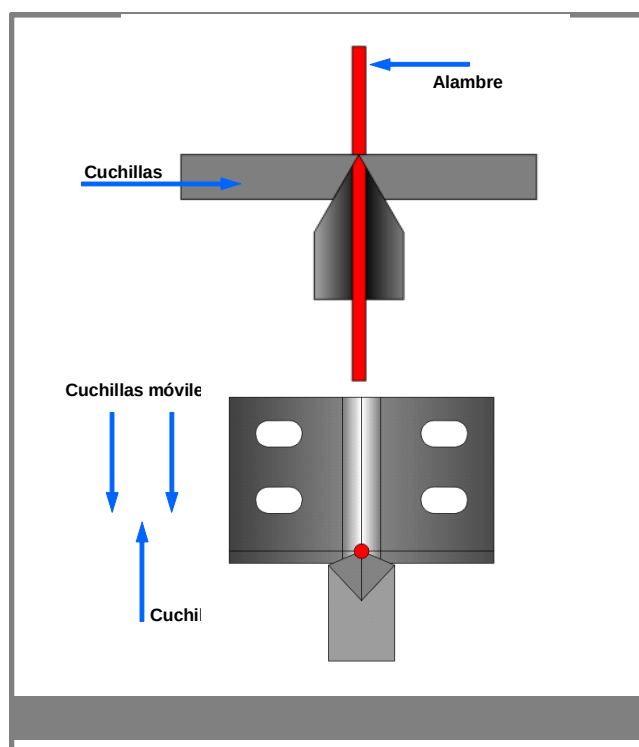


Figura 68. Dispositivo 2. Corte con cuchilla en ángulo

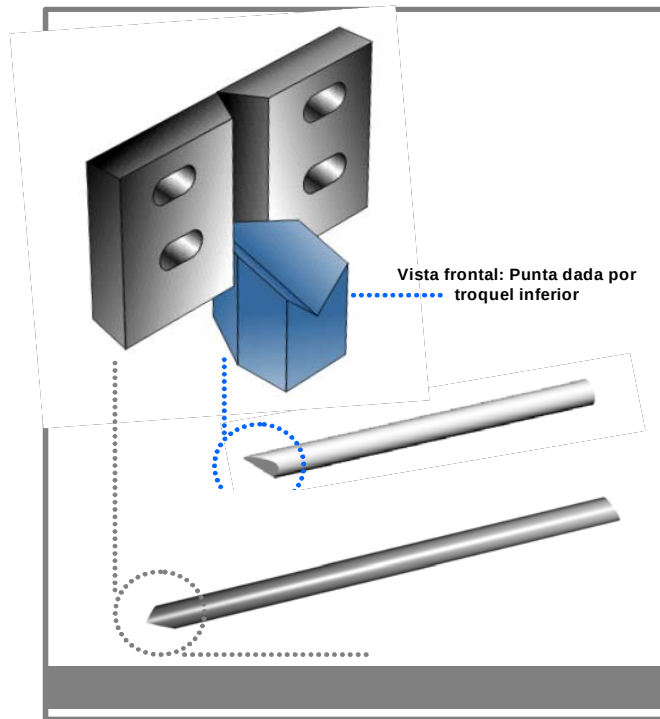


Figura 69. Detalle del corte con cuchilla en ángulo

Corte por impacto

Definición

El corte por impacto se utiliza más que todo en el estampado y fabricación de puntillas, donde utilizan unas matrices que dan forma al material en un medio frío o caliente.

La forma de los troqueles utilizados en las industrias metalúrgicas donde fabrican puntillas es

Para lograr un corte similar al de las puntillas se desarrollaron troqueles iguales en acero T- 2363 ideal para el trabajo de impacto al que se iba a someter.

Los troqueles se situaron en un dispositivo de corte que los guiaba de una manera precisa al alambre.

Observaciones

El impacto al que fueron sometidos los troqueles lastimó sus zonas de corte y produjo rebabas en la parte activa. La desviación de uno de los filos del troquel realizó un aplastamiento en el material generando un extremo inaceptable para el ensamble.

A pesar del templado efectuado a los troqueles se demostró que la

lograda por medio de fresado y templado posteriormente para aumentar sus propiedades de corte.

La prueba se efectuó en una prensa donde se le aplicó gradualmente la fuerza hasta que se finalizó el corte.

dureza del alambre es alta y lastima en un solo corte los filos del troquel. Teniendo en cuenta que deben disponerse los troqueles en el sistema para un número elevado de ciclos de corte sería errada su utilización en esta clase de material.

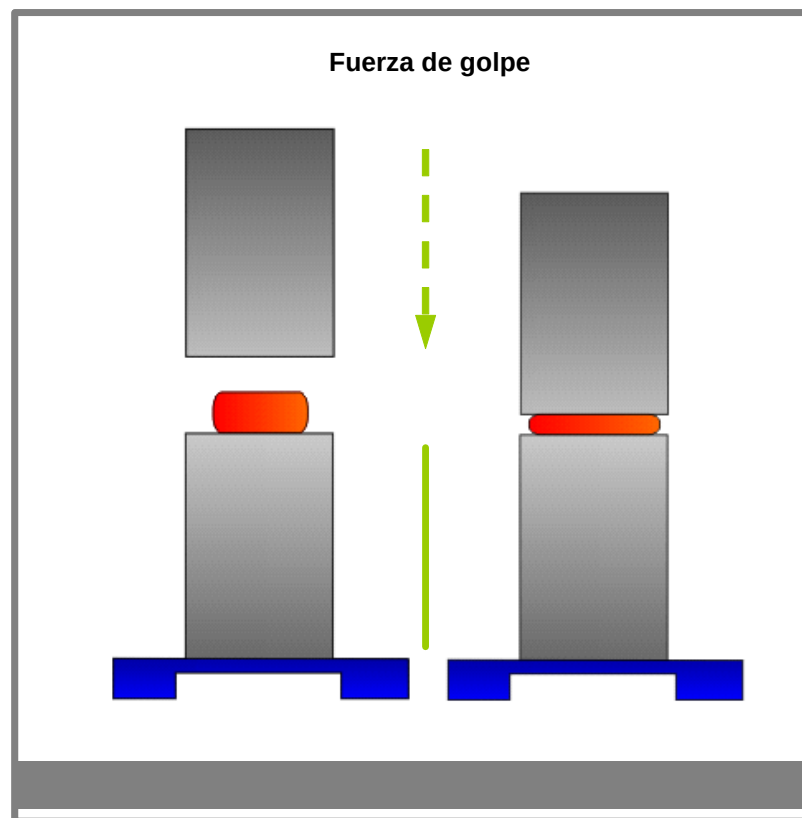


Figura 70. Principio de la fuerza de golpe de un troquel

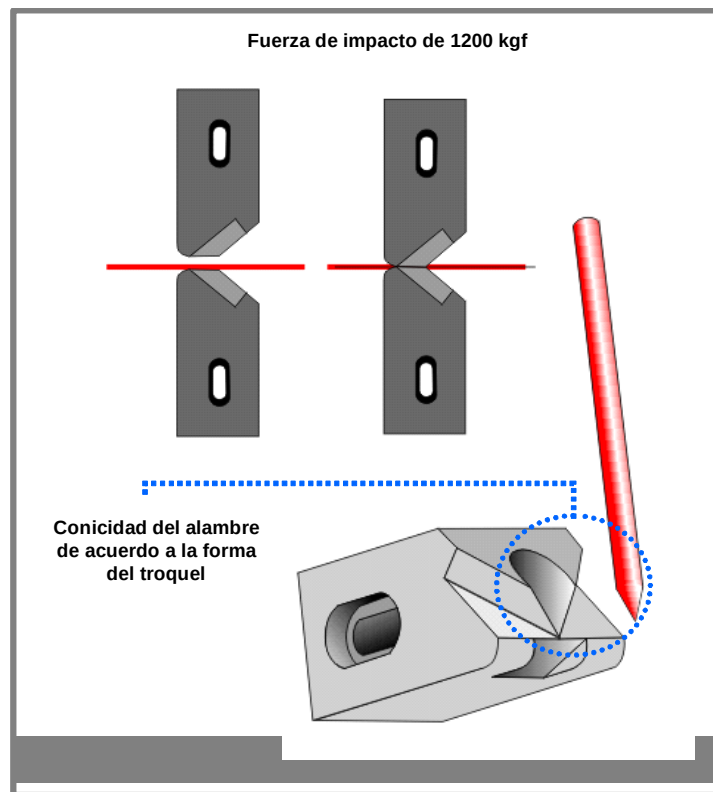


Figura 71. Corte por impacto con Troquel

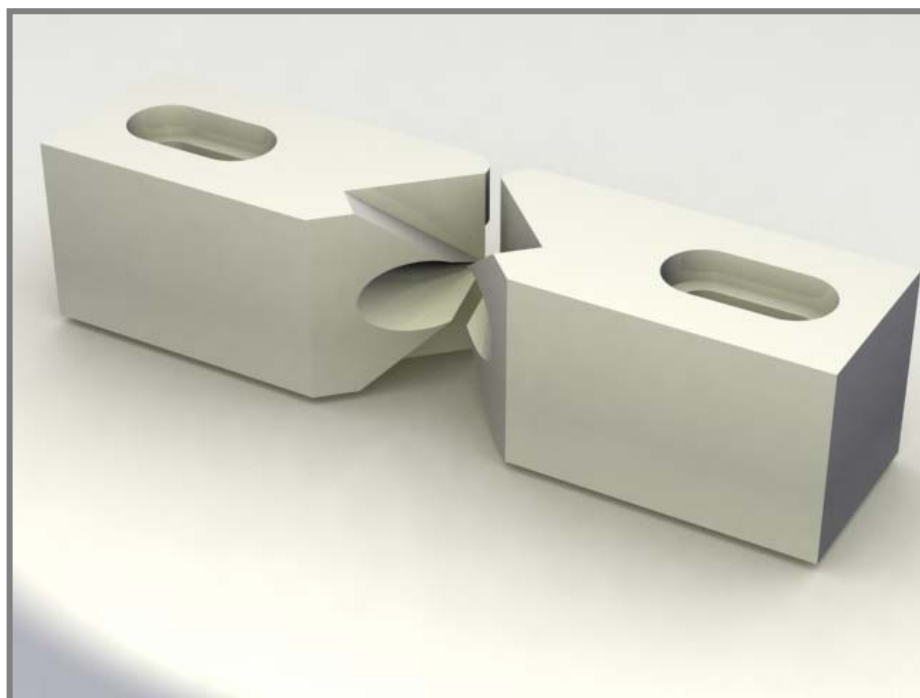


Figura 72. Troqueles de corte por impacto

Corte transversal con disco

Definición

El corte con disco se utiliza en la empresa para procesos posteriores de refrentado y tiene las ventajas de no dejar rebaba y graduar la longitud de corte.

Se dispone entonces de un disco de asbesto para efectuar el corte con una inclinación de 45 grados.

El alambre es sujetado en el dispositivo para graduar la longitud y para ser cortado por el disco de asbesto.

Observaciones

El tiempo de corte es de 5 a 15 segundos. La rebaba persiste pero en menor grado que la del corte en cizalla.

El proceso es demorado para el resultado final y el disco desgastado por la dureza del alambre.

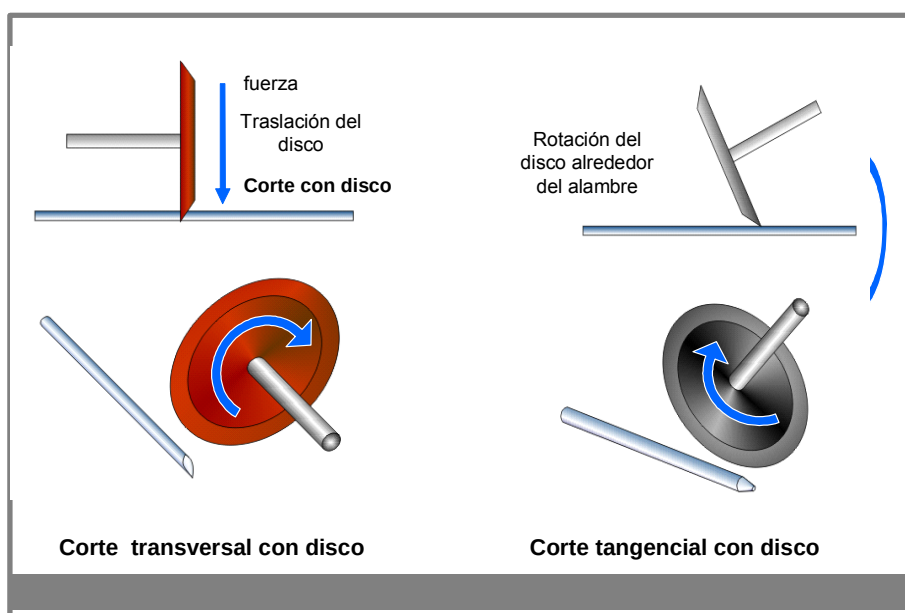


Figura 73. Dispositivo 1. Corte transversal con disco

Corte a tracción

Definición

Es la falla que presenta el alambre en el momento de ser sometido a pruebas de tracción en la máquina de ensayo trebell. Con el objetivo de un corte preciso se prepararon varias probetas de alambre de 25 centímetros y se introdujeron en la máquina de ensayo para calcular la fuerza de corte a tensión.

Los extremos se sujetaron con mordazas y se dispusieron marcas en toda la longitud del alambre para poder apreciar la forma de la falla. Paralelo a esto se desarrollaron modelos de corte para disponer en el sistema que consistían en dos mordazas que bajaban hasta prensar el alambre y se deslizaban horizontalmente en sentidos contrarios para el corte del mismo.

Observaciones

La fuerza requerida para romper el alambre es bastante grande comprendida entre 1000 a 1200 kilogramos fuerza aproximadamente una tonelada.

Las mordazas dejan huellas profundas en el alambre que posiblemente no se puedan suprimir en procesos de maquinado posteriores.

La falla deja una conicidad perfecta para el ensamble.

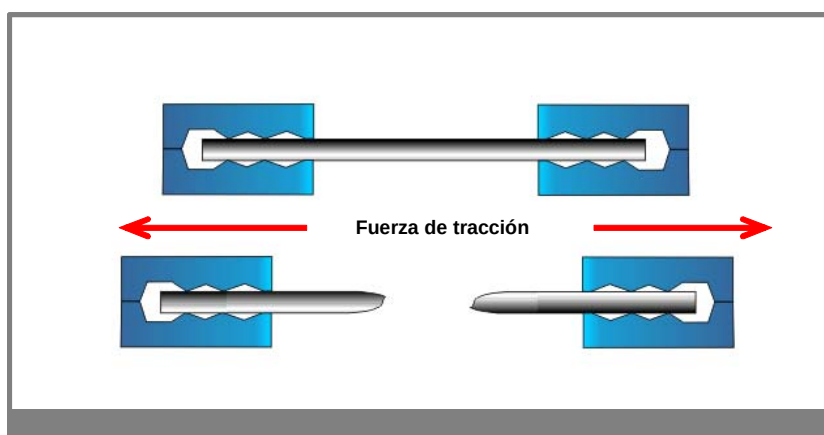


Figura 74.Corte de alambre por tracción

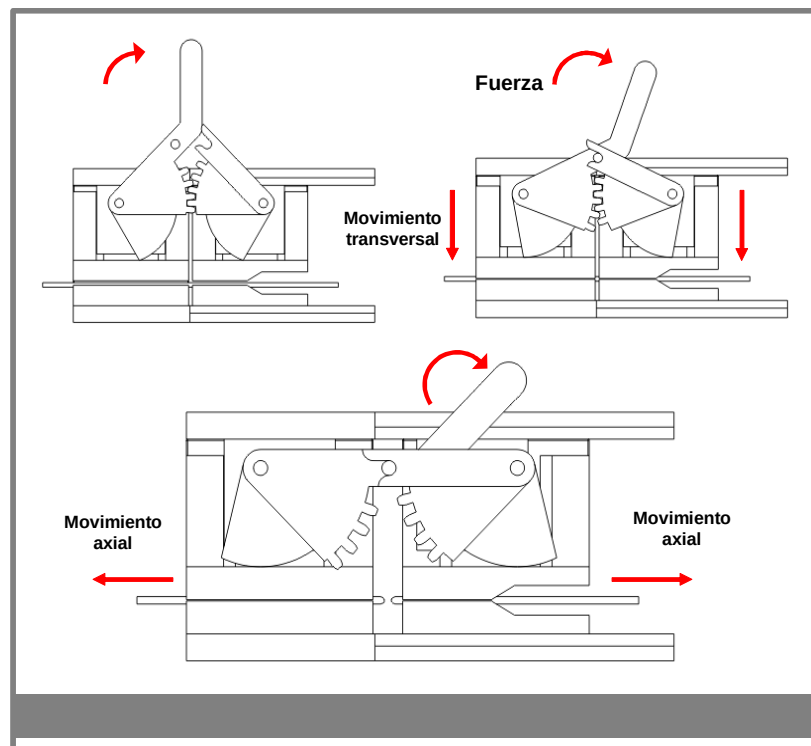


Figura 75. Mecanismo de corte por tracción



Figura 76. Ensayo de prueba. Corte por tracción de alambre de 3 mm de diámetro

5.1.3. CONICIDAD DE PUNTAS

Para corte de puntas con cizalla plana es necesario un proceso posterior de esmerilado. Este cono en las partes activas se puede elaborar unido o separado del corte así:

El cono de partes activas unido al corte se observo en el numeral 4.1.3 por lo que se hace prescindible la descripción de cada dispositivo en este numeral.

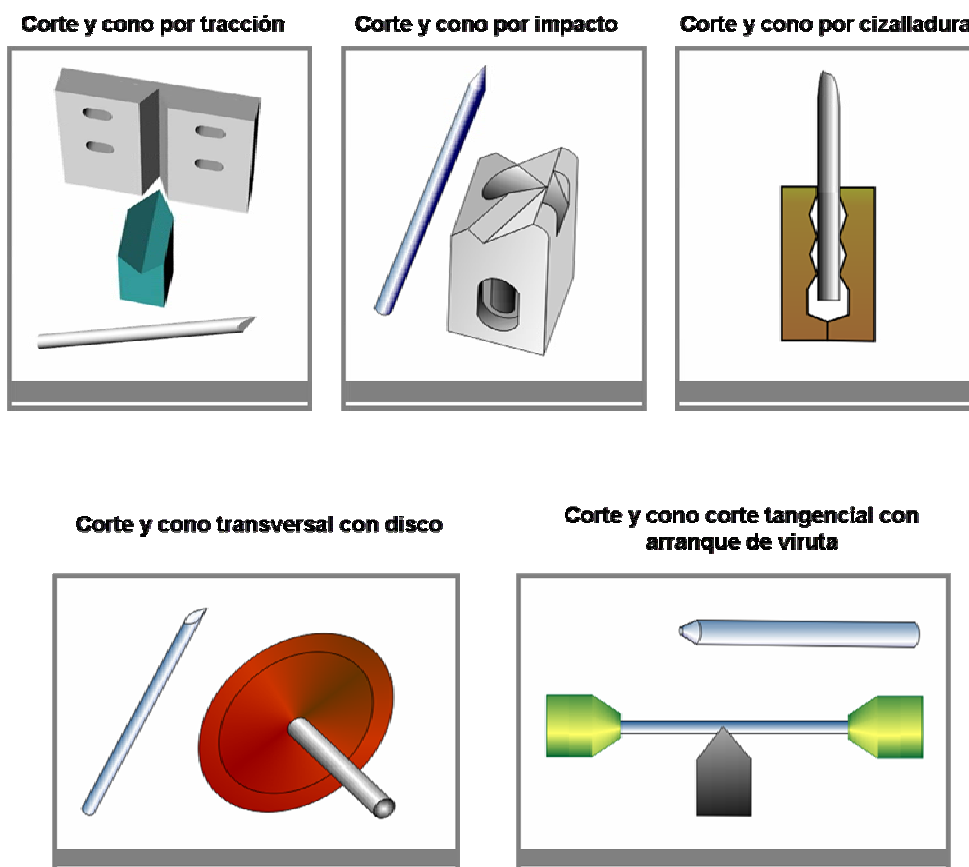


Figura 77 .Conicidad de puntas integrado al corte

Conicidad de Puntas separado del corte**Definición**

El principio de funcionamiento de este dispositivo es el utilizado en los sacapuntas eléctricos.

Observaciones

El proceso de esmerilado es demorado y requiere un alto grado de precisión. El dispositivo requiere de gran cantidad de movimientos y elementos para su correcto funcionamiento.

A diferencia de las cuchillas del sacapuntas el dispositivo propuesto posee una piedra cónica unida a un motor que gira alrededor de la parte activa para lograr la conicidad en la punta por medio del esmerilado.

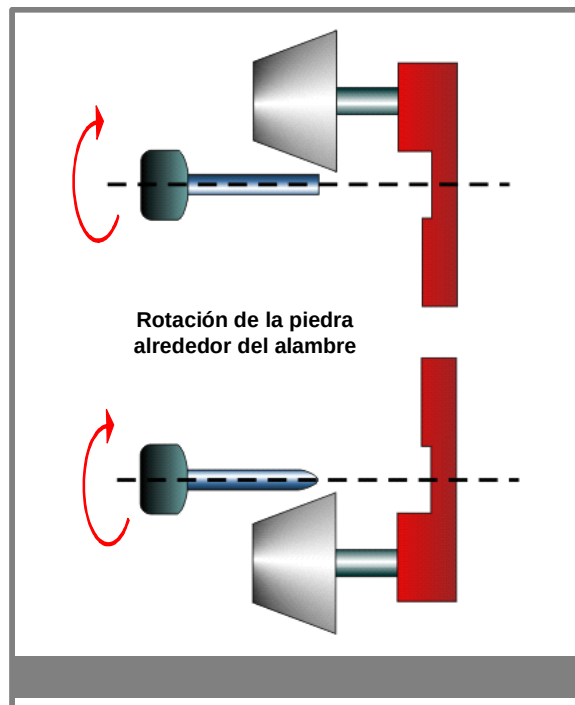


Figura 78. Conicidad de puntas separado del corte. Esmerilado de partes activas

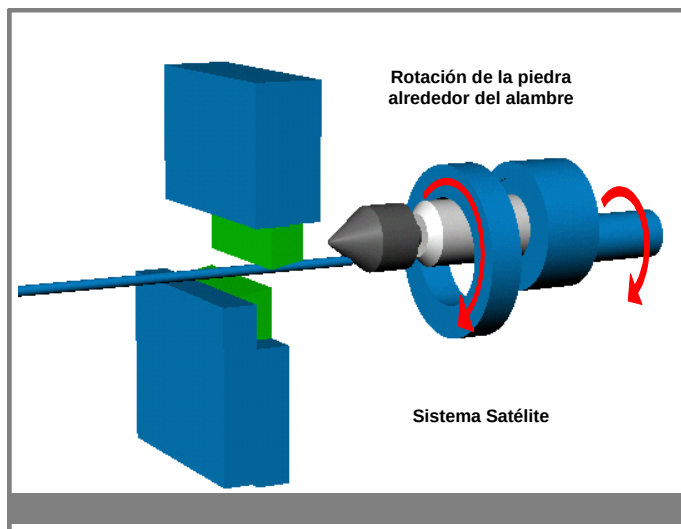


Figura 79.Detalle. Esmerilado de partes activas

5.1.4. ENSAMBLE DEL INSTRUMENTAL

La última fase del sistema comprende el ensamble del instrumental que de acuerdo a lo visto anteriormente es la inserción de la parte activa en el cuerpo.

Este proceso se puede desarrollar como lo han trabajado en la empresa durante estos últimos 8 años por medio de golpes repetitivos ó por medio de presión efectuada en las partes activas o en el cuerpo hasta la inserción.

Según los tiempos de fabricación actuales el ensamble por instrumental demanda un tiempo de 40''12''' (cuarenta segundos y doce centésimas de segundo) que puede reducirse en un 50 % con sistemas neumáticos o hidráulicos. Este análisis óleo neumático se desarrolla para las alternativas de sistemas propuestos más adelante en el numeral 6.4.

Ensamble por presión tipo I

Definición

El ensamble por presión se elaboró de acuerdo a la forma de empuje de principio de los noventa que utilizaba la empresa.

Para este caso se elaboró un dispositivo de ensamble por presión posterior, donde la fuerza se le aplicaba al cuerpo.

Observaciones

La precisión requerida para el ensamble es muy alta, además de solicitar un gran número de elementos para la operación. Si la longitud de la parte activa es muy grande podría ocasionar daños de dobleces en las puntas.

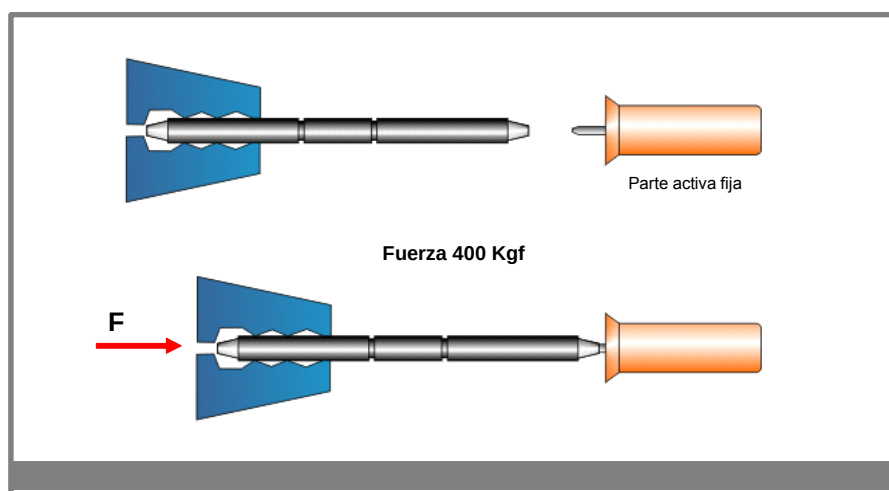


Figura 80.Principio Dispositivo 1. Ensamble por presión posterior

Ensamble por presión tipo II

Definición

El principio de ensamble es el mismo del tipo 1 con la diferencia de la localización de la fuerza.

Aquí el dispositivo 1 se

El dispositivo 2 es unido al corte por tracción, empleando la misma fuerza de tracción para ensamblar las partes el instrumental.

Observaciones

Tanto en el dispositivo 1 y dispositivo 2 La precisión es más alta que el tipo I. La fuerza requerida para el ensamble es menor a 400 Kgf. El ensamble es perfecto y el cuerpo no presenta

adaptó para el ensamble del instrumental por medio de la máquina de ensayo trebell.

Con este principio de empate se desarrollo otro mecanismo de fuerza infinita para ensamblar las partes.

abolladuras posteriormente.

El inconveniente del dispositivo 2 es el corte ya que no se realiza en el punto deseado sino esporádicamente en el sitio donde falle el material, lo que ocasiona puntas activas de diferentes longitudes.

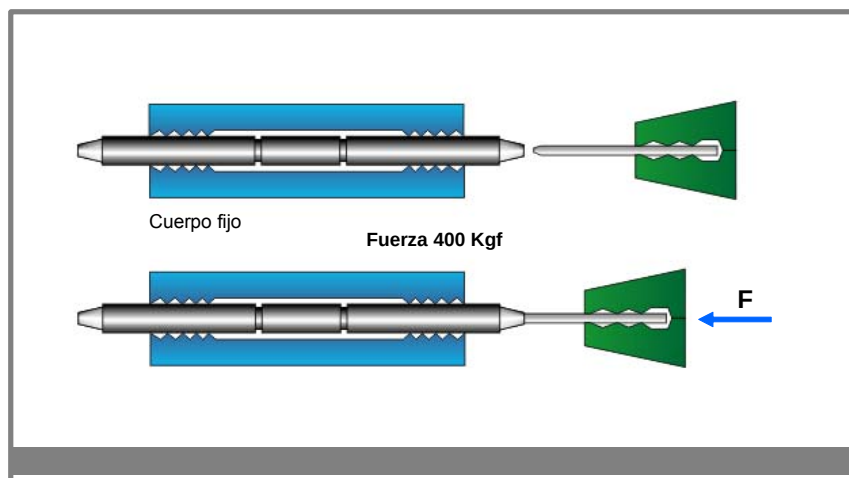


Figura 81.Principio Dispositivo 1. Ensamble por presión anterior

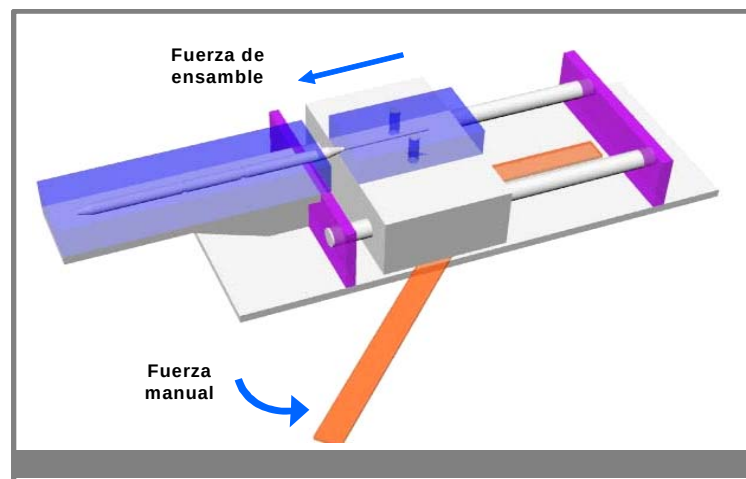


Figura 82.Dispositivo 1. Ensamble por presión anterior

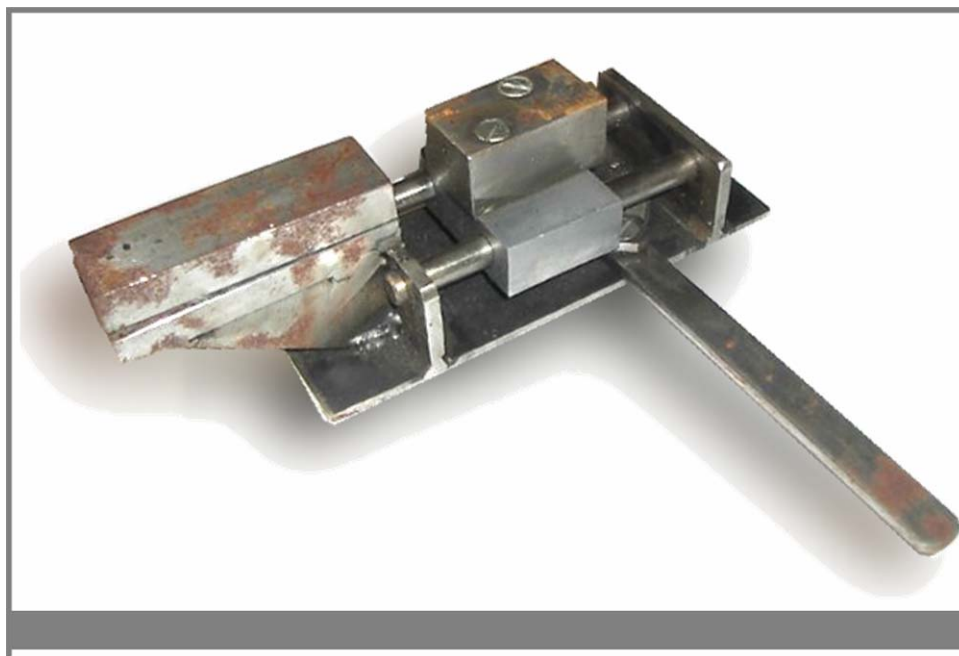


Figura 83. Ensamble por presión anterior

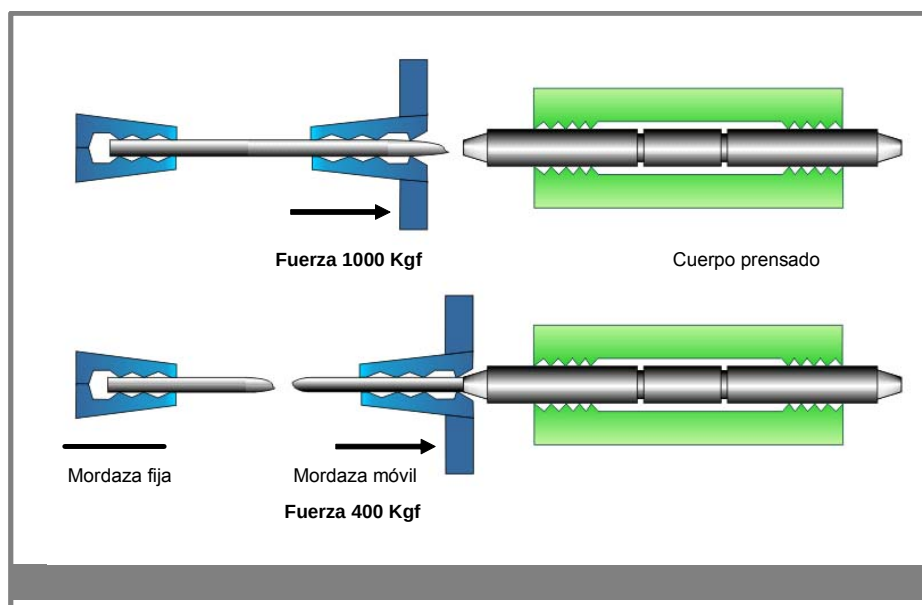


Figura 84. Dispositivo 2. Ensamble por tracción

5.2. ANALISIS DE ALTERNATIVAS

La fabricación de los dispositivos anteriormente expuestos ayudó a esclarecer con certeza los componentes idóneos que harían parte del sistema; estos elementos de enderezado, corte y ensamble sometían al alambre a grandes esfuerzos para ser transformado, sin saber con exactitud las repercusiones que tendrían sobre las propiedades físicas y mecánicas del alambre. Para seleccionar de una manera objetiva cada uno de los mecanismos a utilizar es necesario saber su eficiencia y las implicaciones que tenga sobre el material del instrumental.

5.2.1. PRUEBAS DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN

Para saber con exactitud si las propiedades del alambre varían después del proceso inicial de enderezado en la jaula es necesario hacer pruebas de microdureza y tensión.

PRUEBA DE TENSIÓN O TRACCIÓN

Las probetas enderezadas y sin enderezar se cortaron de 15 cms de longitud y se prepararon con dobleces a 90 grados para la sujeción en la máquina, posteriormente se aplicó fuerza de tensión.



Figura 85. Prueba de tensión

Prueba de tensión

Alambre enderezado

Probeta 1: la deformación fue de 1 mm. y rompió cuando se le había aplicado una carga de 920 Kgf.

Probeta 2: la deformación sufrida fue de 1.15 mm y rompió con una carga de 1000 Kgf.

Alambre sin enderezar

Probeta 1: la deformación sufrida fue de 1 mm y rompió con una carga de 1040 Kgf

Probeta 2: resistencia a la rotura fue de 980 Kgf, y límite elástico de 650.

Los resultados obtenidos indican que el proceso de enderezado no interviene en las propiedades mecánicas del alambre.

PRUEBA DE COMPRESIÓN

La exactitud de la fuerza de empate la arroja la máquina de ensayo trebell con un dispositivo creado para tal proceso. En este dispositivo se procedió a disponer el cuerpo y la parte activa con una guía para su empate y lograr tomar la fuerza necesaria para este paso. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:



Figura 86. Prueba de compresión

PRUEBA No 1	
DEFORMACIÓN (milésima de pulgada)	FUERZA (Kilogramos- fuerza)
40	60
60	80
75	100
85	120
98	140
123	180
130	200
135	220
140	240
150	260
157	280
164	300
170	320
180	340
195	360
200	380
205	400
215	420

PRUEBA No 2	
DEFORMACIÓN (milésima de pulgada)	FUERZA (Kilogramo- fuerza)
15	40
24	60
47	100
84	120
105	140
125	160
139	180
150	200
160	220
177	240
190	260
207	280
221	300
237	320
250	340
265	360

Tabla 19. Prueba de compresión

5.2.2. PRUEBA DE MICRODUREZA

La prueba de microdureza se realizó para los calibres 1.5 a 6 milímetros con el fin de saber si el enderezado propuesto de rotación o presión intervenía de alguna manera en las propiedades mecánicas del alambre.

La preparación de las probetas para la prueba de microdureza se muestra en las siguientes figuras



Figura 87. Preparación de probetas para microdureza dentro de cilindros de resina



Figura 88. Probetas de alambre para microdureza

PROBETA	TAMAÑO	DUREZA (rockwell c)
1. Alambre de 1.5 mm. Enderezado: rodamientos	18 μ	68

2. Alambre de 2.0 mm. Enderezado: rodamientos	18 μ	68
3. Alambre de 2.7 mm. Enderezado: rodamientos	18 μ	68
4. Alambre de 2.7 mm. Enderezado: jaula-rotación	20 μ	65
5. Alambre de 2.7 mm. Enderezado: martillo	20 μ	65
6. Alambre de 2.7 mm. Sin enderezar	20 μ	65
7. Alambre de 3.0 mm. Sin enderezar	20 μ	65
8. Alambre de 6.0 mm. Sin enderezar	20 μ	65



Figura 89. Máquina para la medición de dureza

Los resultados obtenidos en las pruebas de dureza (figura 70 y 71) demostraron que los dispositivos fabricados y los movimientos para el rectificado no intervienen de ninguna manera en las propiedades físicas o mecánicas del alambre inoxidable.

5.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FUNCIONALES

Para la evaluación de los dispositivos se parametrizaron los requerimientos expuestos en el capítulo anterior. Cada parámetro con un nivel de importancia de 1 a 3, designando el número 3 como un requerimiento indispensable, para el número 2 un requerimiento importante y para el número 1 un requerimiento indiferente; cada dispositivo a su vez, de acuerdo a este nivel se le era dada una calificación de 1 a 5, siendo 5 excelente, 3 bueno y 1 aceptable. Finalmente se consignaba el producto del nivel de importancia y el rango de calificación en una columna de puntaje de donde se escogían las dos alternativas mayores para enderezado, corte, cono y ensamble, con el fin de lograr diferentes configuraciones de sistema más adelante.

El tipo de requerimiento constata o variable se tiene en cuenta para esta clase de evaluaciones designando con una x el parámetro.

Los requerimientos parametrizados se observan a continuación:

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN		PARÁMETROS
EFICIENCIA	Linealidad del proceso	PROCESO LINEAL
	Mínimo de desperdicio	Desperdicio Inferior a 4.5% de alambre
	Producción acorde a las necesidades de la empresa	Superiores a 1.500 instrumentales mensuales
	Tiempo final reducido	El tiempo de rectificado por metro debe ser inferior a 5'23"17.14"
VERSATILIDAD	Se adecua a los calibres utilizados	Se adecua a calibres de alambre de 1.5-2.0-2.7-3.0-5.0-6.0 mm.
	Se adecua a cualquier sistema de potencia	Hidráulico-neumático- mecánico - manual
	Permite diferentes niveles de producción	Tiene sistemas de reducción de velocidad
PRODUCTO	Mantiene las características físicas del alambre	MANTIENE LAS PROPIEDADES FÍSICAS
	Mantiene las propiedades mecánicas del producto	MANTIENE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
	Realiza y mantiene la uniformidad en el rectificado	RECTIFICADO UNIFORME
EJECUCIÓN	No hay atascamientos del alambre	NO HAY ATASCAMIENTO DE ALAMBRE
	Permite pausas	PERMITE PAUSAS
	No hay desvíos de material	NO HAY DESVÍOS DE ALAMBRE
	Requiere un mínimo aumento en las fases de ejecución	El proceso de enderezado es óptimo sin la necesidad de ampliar las fases de funcionamiento del dispositivo
	Requiere bajos rangos de fuerza	La fuerza requerida para el arrastre del material superara los 80 Kgf.
RESISTENCIA	Las piezas no presentan desgaste o falla en el funcionamiento	Los materiales a utilizar son idóneos para trabajo en frío de acuerdo a la tenacidad y resistencia al desgaste requeridos
	La geometría de las piezas no debe deteriorar la resistencia	No posee ángulos agudos en las piezas
	Los tratamientos térmicos deberán cubrir las demandas de resistencia	Las piezas del dispositivo expuestas a grandes esfuerzos se pueden someter a procesos térmicos de templeado y revenido.

REQUERIMIENTOS DE USO		PARÁMETROS
PRACTICIDAD	Reducido número de pasos para introducir el alambre	El número de operaciones es reducido para no presentar ambigüedad en el funcionamiento.
	Mantenga un bajo número de pasos para cambiar de estándares	El número de operaciones es reducido con el fin de eliminar el porcentaje de error a 0 en el cambio de alambre.
	Reducido número de pasos para extraer el producto final	Reducido número de pasos para extraer el producto final
	Facilidad en la adaptación de otros dispositivos anteriores y posteriores	El dispositivo permite la ampliación del sistema por medio de la adecuación de dispositivos anteriores y posteriores a él
MANIPULACIÓN	Presenta bajos niveles de ambigüedad en su uso	No presenta ambigüedad
	El operario no se someta a esfuerzos al momento de usarlo	Las largas jornadas de trabajo conjunto a grandes esfuerzos musculares son abolidas con el fin de que el operario no presente traumas musculares y fatiga en su puesto de trabajo.
	Permite la ausencia del operario para su funcionamiento	Permite la ausencia del operario para su funcionamiento
MANTENIMIENTO	Tolerancia para el desgaste de las piezas	Utiliza un rango aproximado del 50% de tolerancia en piezas de mayor desgaste para maquinados de graduación y ajuste de piezas
	Piezas fácilmente desmontables	Utiliza pernos, tornillos, uniones y acoples para facilitar el montaje y desmontaje.
TRANSPORTE	Tamaño del dispositivo pequeño	El área máxima a ocupar por el dispositivo es de 0.48 metros cuadrados

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS		PARÁMETROS
PRODUCCIÓN	Permita un montaje sencillo	Permite montaje sencillo de las piezas
	Las piezas de los dispositivos tendrán el mínimo de mecanizados posibles	Mecanizado de las piezas sencillo
	Las piezas serán normalizadas para la fácil consecución de las mismas en el mercado	Fácil consecución de las piezas en el mercado
	No requerir elevada precisión en el montaje de las piezas	El montaje es de precisión media
COSTOS DE PRODUCCIÓN	Costo de la materia prima, fabricación y montaje dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	El presupuesto para el desarrollo del dispositivo es menor a 4.200.000
	Costo de mantenimiento dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	El costo de mantenimiento esta dentro del presupuesto anual de la empresa

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS		PARÁMETROS
CICLO DE VIDA	Durabilidad de las piezas	Las piezas son de un alto grado de durabilidad
	Tiempo de vida elevado	tiempo de vida alto
COSTOS	No representar un lucro cesante para la empresa	El aumento de la producción en esta fase es de máximo 10 veces la producción actual.
	Costos de producto fabricado bajos	La disminución de los costos es significativo
	Costos bajos de funcionamiento	Los costos de funcionamiento son acordes a los manejados en la actualidad

Tabla 20. Requerimientos parametrizados para enderezado

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	DISPOSITIVO 1		DISPOSITIVO 2		DISPOSITIVO 3		DISPOSITIVO 4	
				RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RE1	X			SI		SI		NO		NO	
RE2		X	3	3	9		0		0		0
RE3		X	3	5	15		0		0		0
RE4		X	3	5	15		0		0		0
RV1	X			SI		SI		SI		SI	
RV2		X	2	3	6		0		0		0
RV3		X	2	1	2		0		0		0
RP1	X			SI		SI		SI		NO	
RP2	X			SI		SI		SI		NO	
RP3	X			SI		NO		NO		NO	
RE1	X			SI		SI		SI		SI	
RE2	X			NO		SI		SI		SI	
RE3	X			SI		SI		SI		SI	
RE4		X	1	5	5		0		0		0
RE5		X	2	5	10		0		0		0
RR1		X	2	5	10		0		0		0
RR2		X	2	5	10		0		0		0
RR3		X	2	5	10		0		0		0

REQUERIMIENTOS DE USO	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	1	5	5		0		0		0
RP2		X	1	5	5		0		0		0
RP3		X	2	5	10		0		0		0
RP4	X			SI		SI		NO		NO	
RM1		X	2	5	10		0		0		0
RM2		X	2	5	10		0		0		0
RM3		X	2	5	10		0		0		0
RMO1		X	2	5	10		0		0		0
RMO2		X	1	5	5		0		0		0
RT1		X	1	5	5		0		0		0

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RN1		X	1	5	5		0		0		0
RE1		X	2	5	10		0		0		0

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	1	5	5		0		0		0
RP2		X	2	3	6		0		0		0
RP3		X	1	5	5		0		0		0
RP4		X	2	5	10		0		0		0
RC1		X	3	5	15		0		0		0
RC2		X	3	5	15		0		0		0

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RCV1		X	2	5	10		0		0		0
RCV2		X	2	5	10		0		0		0
RC1		X	3	5	15		0		0		0
RC2		X	3	5	15		0		0		0
RC3		X	2	5	10		0		0		0
PUNTAJE TOTAL					293		0		0		0

Tabla 21.Evaluación de requerimientos para enderezado

En la tabla 20 los dispositivos evaluados según los requerimientos de enderezado son:

- Dispositivo 1: rectificado por rotación
- Dispositivo 2: Rectificado por presión con rodillos
- Dispositivo 3: Rectificado por tracción
- Dispositivo 4: Rectificado por torsión

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN		PARÁMETROS
EFICIENCIA	Linealidad del proceso	PROCESO LINEAL
	Mínimo de desperdicio	Desperdicio Inferior a 4.5% de alambre
	Producción acorde a las necesidades de la empresa	Producción Superiores a 1.500 instrumentales mensuales
	Tiempo final reducido	El tiempo de corte por metro es inferior a 00'03"00"
VERSATILIDAD	Se adecua a los calibres utilizados	Se adecua a calibres de alambre de 1.5-2.0-2.7-3.0 mm.
	Se adecua a cualquier sistema de potencia	Hidráulico-neumático- mecánico - manual
	Permite diferentes niveles de producción	Tiene sistemas de reducción de velocidad
PRODUCTO	Mantiene las características físicas del alambre	MANTIENE LAS PROPIEDADES FÍSICAS
	Mantiene las propiedades mecánicas del producto	MANTIENE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
	Realiza el corte	CORTE LIMPIO
EJECUCIÓN	No hay atascamientos del alambre	NO HAY ATASCAMIENTO DE ALAMBRE
	Permite pausas	PERMITE PAUSAS
	No hay desvíos de material	NO HAY DESVÍOS DE ALAMBRE
	Requiere un mínimo aumento en las fases de ejecución	El proceso es óptimo sin la necesidad de ampliar las fases de funcionamiento del dispositivo
	Requiere bajos rangos de fuerza	La fuerza requerida para el corte del material no supera los 1200 kgf
RESISTENCIA	Las piezas no presentan desgaste o falla en el funcionamiento	Los materiales a utilizar son idóneos para trabajo en frío de acuerdo a la tenacidad y resistencia al desgaste requeridos
	La geometría de las piezas no debe deteriorar la resistencia	No posee ángulos agudos en las piezas
	Los tratamientos térmicos deberán cubrir las demandas de resistencia	Las piezas del dispositivo expuestas a grandes esfuerzos se pueden someter a procesos térmicos de templado y revenido.

REQUERIMIENTOS DE USO		PARÁMETROS
PRACTICIDAD	Mantenga un bajo número de pasos para cambiar de estándares	El número de operaciones es reducido con el fin de eliminar el porcentaje de error a 0 en el cambio de alambre.
	Reducido número de pasos para extraer el producto final	Reducido número de pasos para extraer el producto final
	Facilidad en la adaptación de otros dispositivos anteriores y posteriores	El dispositivo permitirá la ampliación del sistema por medio de la adecuación de dispositivos anteriores y posteriores a él
MANIPULACIÓN	No presenta niveles de ambigüedad en su uso	No presenta niveles de ambigüedad en su uso
	El operario no se someta a esfuerzos al momento de usarlo	Las largas jornadas de trabajo conjunto a grandes esfuerzos musculares son abolidas con el fin de que el operario no presente traumas musculares y fatiga en su puesto de trabajo.
	Permite la ausencia del operario para su funcionamiento	La automatización del sistema se hará por medio de sistemas mecánicos, neumáticos o hidráulicos que permitan al operario hacer parte de otra fase de la cadena productiva de la empresa.
MANTENIMIENTO	Tolerancia para el desgaste de las piezas	Se utiliza un rango aproximado del 50% de tolerancia en piezas de mayor desgaste para maquinados de graduación y ajuste de piezas
	Piezas fácilmente desmontables	Utiliza pernos, tornillos, uniones y acoples para facilitar el montaje y desmontaje.
TRANSPORTE	Tamaño del dispositivo pequeño	El área máxima que ocupa el dispositivo es de 0.06 metros cuadrados

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES		PARÁMETROS
NUMERO DE COMPONENTES	Número de piezas reducido	Las piezas son sencillas
ESTRUCTURABILIDAD	Los dispositivos serán analizados estáticamente	Los dispositivos presentan equilibrio estático

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS		PARÁMETROS
PRODUCCIÓN	Realizar montaje sencillo de las piezas	Permite un montaje sencillo
	Mecanizado de las piezas sencillo	Las piezas de los dispositivos tienen el mínimo de mecanizados posibles
	Fácil consecución de las piezas en el mercado	Las piezas son normalizadas para la fácil consecucion de las mismas en el mercado
	No requerir elevada precisión en el montaje de las piezas	El montaje es de precisión media
COSTOS DE PRODUCCIÓN	Costo de la materia prima, fabricación y montaje dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	El presupuesto para el desarrollo del dispositivo es de máximo 7.000.000
	Costo de mantenimiento dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	El costo de mantenimiento estará dentro del presupuesto anual e la empresa

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS		PARÁMETROS
CICLO DE VIDA	Durabilidad de las piezas	La piezas presenta gran durabilidad
	Tiempo de vida elevado	tiempo de vida alto
COSTOS	No representar un lucro cesante para la empresa	El aumento de la producción en esta fase será máximo de 10 veces la producción actual.
	Costos de producto fabricado bajos	La disminución de los costos es significativo
	Costos bajos de funcionamiento	Los costos de funcionamiento son acordes a los manejados en la actualidad

Tabla 22.Requerimientos parametrizados para corte

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	DISPOSITIVO 1		DISPOSITIVO 2		DISPOSITIVO 3		DISPOSITIVO 4		DISPOSITIVO 5		DISPOSITIVO 6	
				RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RE1	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RE2		X	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
RE3		X	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
RE4		X	3	5	15	5	15	5	15	3	9	1	3	1	3
RV1	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RV2		X	2	5	10	5	10	5	10	5	10	3	6	3	6
RV3		X	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
RP1	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RP2	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RP3	X			NO		NO		SI		SI		SI		SI	
RE1	X			SI		NO		NO		NO		NO		NO	
RE2	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RE3	X			SI		NO		NO		NO		NO		NO	
RE4		X	1	3	3	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5
RE5		X	3	5	15	1	3	1	3	5	15	5	15	5	15
RR1		X	2	3	6	3	6	5	10	5	10	5	10	5	10
RR2		X	3	3	9	1	3	5	15	5	15	5	15	5	15
RR3		X	2	3	6	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10

REQUERIMIENTOS DE USO	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3
RP2		X	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
RP3	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RM1		X	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
RM2		X	2	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
RM3		X	2	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
RMO1		X	2	5	10	5	10	5	10	5	10	1	2	1	2
RMO2		X	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
RT1		X	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RN1		X	1	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	3	3
RE1		X	2	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	1	5	5	3	3	5	5	1	1	5	5	5	5
RP2		X	2	1	2	1	2	5	10	3	6	5	10	5	10
RP3		X	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
RP4		X	2	5	10	3	6	5	10	1	2	5	10	5	10
RC1		X	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
RC2		X	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RCV1		X	2	5	10	5	10	5	10	5	10	1	2	1	2
RCV2		X	2	3	6	1	2	5	10	5	10	5	10	5	10
RC1		X	3	5	15	5	15	3	9	5	15	5	15	5	15
RC2		X	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
RC3		X	2	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
PUNTAJE TOTAL					291		259		287		293		283		279

Tabla 23. Evaluación de requerimientos para corte

En la tabla 22 los dispositivos evaluados según los requerimientos de corte son:

- Dispositivo 1: Corte con impacto con troquel
- Dispositivo 2: Corte por cizalladura con cuchilla en ángulo
- Dispositivo 3: Corte por cizalladura con cuchilla plana
- Dispositivo 4: Corte por tracción
- Dispositivo 5: Corte transversal con disco
- Dispositivo 6: Corte tangencial con disco

REQUERIMIENTOS DE USO		PARÁMETROS
PRACTICIDAD	Mantenga un bajo número de pasos para cambiar de estándares	El número de operaciones es reducido con el fin de eliminar el porcentaje de error a 0 en el cambio de alambre.
	Reducido número de pasos para extraer el producto final	Reducido número de pasos para extraer el producto final
	Facilidad en la adaptación de otros dispositivos anteriores y posteriores	El dispositivo permite la ampliación del sistema por medio de la adecuación de dispositivos anteriores y posteriores a él
MANIPULACIÓN	No presenta niveles de ambigüedad en su uso	No presenta niveles de ambigüedad en su uso
	El operario no se someta a esfuerzos al momento de usarlo	El operario no se someta a esfuerzos al momento de usarlo
	Permite la ausencia del operario para su funcionamiento	Permite la ausencia del operario en su funcionamiento
MANTENIMIENTO	Tolerancia para el desgaste de las piezas	Se utiliza un rango aproximado del 50% de tolerancia en piezas de mayor desgaste para maquinados de graduación y ajuste de piezas
	Piezas fácilmente desmontables	Utiliza pernos, tornillos, uniones y acoples para facilitar el montaje y desmontaje.
TRANSPORTE	Tamaño del dispositivo pequeño	El área máxima a ocupar por el dispositivo es de 0.06 metros cuadrados

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN		PARÁMETROS
EFICIENCIA	Linealidad del proceso	PROCESO LINEAL
	Mínimo de desperdicio	Desperdicio inferior a 4.5% de alambre
	No genera rebabas	NO GENERA REBABAS
	Producción acorde a las necesidades de la empresa	Producción superior a 1.500 instrumentales mensuales
	Tiempo final reducido	Tiempo inferior a 00'08"54"
VERSATILIDAD	Se adecua a los calibres utilizados	Se adecua a calibres de alambre de 1.5-2.0-2.7-3.0 mm.
	Se adecua a cualquier sistema de potencia	Hidráulico-neumático- mecánico - manual
	Permite diferentes niveles de producción	Permite diferentes niveles de producción
PRODUCTO	Mantiene las características físicas del alambre	MANTIENE LAS PROPIEDADES FÍSICAS
	Mantiene las propiedades mecánicas del producto	MANTIENE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
	Realiza el corte	CORTE LIMPIO
EJECUCIÓN	No hay atascamientos del alambre	NO HAY ATASCAMIENTO DE ALAMBRE
	Permite pausas	PERMITE PAUSAS
	Mantiene alto grado e precisión en la operación	ALTO GRADO DE PRECISIÓN
	No hay desvíos de material	NO HAY DESVÍOS DE ALAMBRE
	Requiere un mínimo aumento en las fases de ejecución	El proceso es óptimo sin la necesidad de ampliar las fases de funcionamiento del dispositivo
	Requiere bajos rangos de fuerza	La fuerza requerida para el corte del material no supera los 1200 kgf
RESISTENCIA	Las piezas no presentan desgaste o falla en el funcionamiento	Los materiales a utilizar son idóneos para trabajo en frío de acuerdo a la tenacidad y resistencia al desgaste requeridos
	La geometría de las piezas no debe deteriorar la resistencia	No posee ángulos agudos en las piezas
	Los tratamientos térmicos deberán cubrir las demandas de resistencia	Las piezas del dispositivo expuestas a grandes esfuerzos se pueden someter a procesos térmicos de templeado y revenido.

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES		PARÁMETROS
NUMERO DE COMPONENTES	Número de piezas reducido	Las piezas son sencillas
ESTRUCTURABILIDAD	Equilibrio estático del dispositivo	El dispositivo presenta equilibrio estático

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS		PARÁMETROS
PRODUCCIÓN	Permita un montaje sencillo	Realiza montaje sencillo de las piezas
	Mecanizado de las piezas sencillo	Las piezas de los dispositivos tienen el mínimo de mecanizados posibles
	Fácil consecución de las piezas en el mercado	Las piezas son normalizadas para la fácil consecución de las mismas en el mercado
	No requerir elevada precisión en el montaje de las piezas	El montaje es de precisión media
COSTOS DE PRODUCCIÓN	Costo de la materia prima, fabricación y montaje dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	El presupuesto para el desarrollo del dispositivo es menor de 850.000
	Costo de mantenimiento dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	El costo de mantenimiento esta dentro del presupuesto anual e la empresa

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS		PARÁMETROS
CICLO DE VIDA	Durabilidad de las piezas	Gran durabilidad de las piezas
	Tiempo de vida elevado	tiempo de vida alto
COSTOS	No representar un lucro cesante para la empresa	El aumento de la producción en esta fase es máximo de 10 veces la producción actual.
	Costos de producto fabricado bajos	La disminución de los costos es significativo
	Costos bajos de funcionamiento	Los costos de funcionamiento son acordes a los manejados en la actualidad

Tabla 24.Requerimientos parametrizados para la conicidad de partes activas

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	DISPOSITIVO 1		DISPOSITIVO 2		DISPOSITIVO 3		DISPOSITIVO 4		DISPOSITIVO 5		DISPOSITIVO 6	
				RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RE1	X			SI		SI		SI		SI		SI		NO	
RE2		X	3	5	15		0	5	15	5	15	5	15	5	15
RE3	X			NO		NO		SI		SI		SI		SI	
RE4		X	3	5	15		0	5	15	5	15	5	15	5	15
RE5		X	3	5	15		0	3	9	1	3	1	3	3	9
RV1	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RV2		X	2	5	10		0	5	10	5	10	5	10	5	10
RV3		X	1	3	3		0	3	3	1	1	1	1	1	1
RP1	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RP2	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RP3	X			SI		NO		SI		SI		SI		SI	
RE1	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RE2	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RE3		X	2	3	6		0	5	10	3	6	5	10	3	6
RE4	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RE5		X	1	3	3		0	5	5	5	5	5	5	3	3
RE6		X	2	5	10		0	5	10	5	10	5	10	5	10
RR1		X	3	3	9		0	5	15	5	15	5	15	5	15
RR2		X	3	3	9		0	5	15	5	15	5	15	5	15
RR3		X	2	5	10		0	5	10	1	2	5	10	5	10

REQUERIMIENTOS DE USO	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	1	5	5		0	1	1	1	1	1	1	5	5
RP2		X	1	5	5		0	3	3	3	3	3	3	3	3
RP3	X			SI		SI		SI		SI		SI		SI	
RM1		X	1	5	5		0	5	5	5	5	5	5	3	3
RM2		X	2	5	10		0	5	10	5	10	5	10	5	10
RM3		X	2	5	10		0	5	10	5	10	5	10	5	10
RMO1		X	2	5	10		0	5	10	5	10	5	10	5	10
RMO2		X	1	5	5		0	5	5	5	5	3	3	5	5
RT1		X	1	5	5		0	5	5	5	5	5	5	5	5

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RN1		X	1	5	5		0	3	3	1	1	1	1	1	1
RE1		X	2	5	10		0	5	10	5	10	5	10	5	10

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	2	5	10		0	3	6	3	6	1	2	5	10
RP2		X	2	1	2		0	3	6	3	6	3	6	3	6
RP3		X	1	5	5		0	5	5	5	5	5	5	5	5
RP4		X	2	3	6		0	1	2	1	2	1	2	3	6
RC1		X	3	5	15		0	5	15	5	15	5	15	5	15
RC2		X	3	5	15		0	5	15	5	15	5	15	5	15

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RCV1		X	2	3	6		0	3	6	3	6	3	6	3	6
RCV2		X	2	3	6		0	3	6	3	6	3	6	5	10
RC1		X	3	5	15		0	5	15	5	15	5	15	5	15
RC2		X	3	5	15		0	5	15	5	15	5	15	5	15
RC3		X	2	5	10		0	5	10	5	10	5	10	5	10
PUNTAJE TOTAL					280		0		280		258		264		276

Tabla 25. Evaluación de requerimientos para la conicidad de partes activas

En la tabla 24 los dispositivos evaluados según los requerimientos para la conicidad de partes activas son:

- Dispositivo 1: integrado al corte; corte y cono por troquelado.
- Dispositivo 2: Integrado al corte; corte y cono por cizalladura con cuchilla en ángulo
- Dispositivo 3 : Integrado al corte; corte y cono por tracción
- Dispositivo 4: Integrado al corte; corte y cono tangencial con disco
- Dispositivo 5: Integrado al Corte; corte y cono tangencial con herramienta de corte: buril, lima, escofina.
- Dispositivo 6: cono por esmerilado con piedra.

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN		PARÁMETROS
EFICIENCIA	Permitir una secuencia de operación	PERMITE SECUENCIA DE OPERACIÓN
	Mínimo de desperdicio	Desperdicio Inferior a 4.5% de alambre
	Producción acorde a las necesidades de la empresa	Producción Superior a 1.500 instrumentales mensuales
	Tiempo de ensamble reducido	Tiempo de ensamble inferior a 00'20"06"
VERSATILIDAD	Se adecua a los calibres de alambre utilizados	Se adecua a calibres de alambre de 1.5-2.0-2.7-3.0 mm.
	Se adecua a las longitudes de los cuerpos	Se adecua a longitudes de cuerpo de 90,100,120 mm.
	Se adecua a los diámetros de los cuerpos utilizados	Se adecua a diámetros de cuerpo de 3/16", 7/32" y 1/4"
	Se adecua a cualquier sistema de potencia	Hidráulico-neumático- mecánico - manual
	Se adecua a las tolerancias dimensionales y de fabricación de las piezas	Adecuación a tolerancias dimensionales
	Permite diferentes niveles de producción	Permite diferentes niveles de producción
PRODUCTO	Mantiene las características físicas del alambre	MANTIENE LAS PROPIEDADES FÍSICAS
	Mantiene las propiedades mecánicas del producto	MANTIENE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
	Realiza y mantiene la uniformidad del empate	REALIZA Y MANTIENE UNIFORMIDAD EN EMPATE
EJECUCIÓN	No hay atascamientos del alambre	NO HAY ATASCAMIENTO DE ALAMBRE
	Permite pausas	PERMITE PAUSAS
	Mantiene alto grado de precisión en la operación	ALTO GRADO DE PRECISIÓN
	No hay desvíos de material	NO HAY DESVÍOS DE ALAMBRE
	Requiere un mínimo aumento en las fases de ejecución	El proceso es óptimo sin la necesidad de ampliar las fases de funcionamiento del dispositivo
	Requiere bajos rangos de fuerza	La fuerza requerida para el el ensamble es menor a 400 Kgf.
RESISTENCIA	Las piezas no presentan desgaste o falla en el funcionamiento	Las piezas no presentaron algún tipo de falla en el funcionamiento
	La geometría de las piezas no debe deteriorar la resistencia	No posee ángulos agudos en las piezas
	Los tratamientos térmicos deberán cubrir las demandas de resistencia	Las piezas del dispositivo expuestas a grandes esfuerzos se pueden someter a procesos térmicos de templado y revenido.

REQUERIMIENTOS DE USO		PARÁMETROS
PRACTICIDAD	Reducido número de pasos para introducir alambre	El número de operaciones es reducido en el cambio de alambre.
	Reducido número de pasos para introducir cuerpos	El número de operaciones es reducido en el cambio de cuerpo.
	Reducido número de pasos para graduar calibres de cuerpos	El número de operaciones es reducido para graduar longitudes de cuerpo.
	Reducido número de pasos para graduar longitudes de cuerpos	El número de operaciones es reducido para graduar calibres de cuerpo.
	Reducido número de pasos para extraer el instrumental	Reducido número de pasos para extraer instrumental
	El dispositivo permitirá la ampliación del sistema por medio de la adecuación de dispositivos anteriores a él	Adaptación a otros dispositivos anteriores.
MANIPULACIÓN	Se desarrollará un lenguaje de uso adecuado por medio de una correcta disposición de las piezas en el sistema.	No presenta ambigüedad en su uso
	Las largas jornadas de trabajo conjunto a grandes esfuerzos musculares serán abolidas con el fin de que el operario no presente traumas musculares y fatiga en su puesto de trabajo.	El operario no se somete a esfuerzos en su manipulación
	Permite la ausencia del operario para su funcionamiento	Permite la ausencia del operario para su funcionamiento
MANTENIMIENTO	Tolerancia para el desgaste de las piezas	Utiliza un rango aproximado del 50% de tolerancia en piezas de mayor desgaste para maquinados de graduación y ajuste de piezas
	Piezas fácilmente desmontables	Utiliza pernos, tornillos, uniones y acoples para facilitar el montaje y desmontaje.
TRANSPORTE	Tamaño del dispositivo pequeño	El área máxima a ocupar por el dispositivo es de 0.3 metros cuadrados

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES		PARÁMETROS
NUMERO DE COMPONENTES	Número de piezas reducido	Número de piezas reducido
ESTRUCTURABILIDAD	Los dispositivos serán analizados estáticamente	Equilibrio estático del dispositivo

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS		PARÁMETROS
PRODUCCIÓN	Realizar montaje sencillo de las piezas	Permite un montaje sencillo
	Mecanizado de las piezas sencillo	Las piezas de los dispositivos tienen el mínimo de mecanizados posibles
	Fácil consecución de las piezas en el mercado	Las piezas son normalizadas para la fácil consecución de las mismas en el mercado
	No requerir elevada precisión en el montaje de las piezas	El montaje es de precisión media
COSTOS DE PRODUCCIÓN	Costo de la materia prima, fabricación y montaje dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	El presupuesto para el desarrollo del dispositivo es menor a 3.000.000
	Costo de mantenimiento dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	El costo de mantenimiento está dentro del presupuesto anual de la empresa

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS		PARÁMETROS
CICLO DE VIDA	Durabilidad de las piezas	Durabilidad de las piezas
	Tiempo de vida del dispositivo elevado	El tiempo de vida alto
COSTOS	No representar un lucro cesante para la empresa	El aumento de la producción en esta fase es de máximo de 10 veces la producción actual.
	Costos de producto fabricado bajos	La disminución de los costos es significativo
	Costos bajos de funcionamiento	Los costos de funcionamiento son acordes a los manejados en la actualidad

Tabla 26.Requerimientos parametrizados para el ensamble del instrumental

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	DISPOSITIVO 1		DISPOSITIVO 2		DISPOSITIVO 3	
				RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RE1	X		SI	SI		SI		SI	
RE2		X	3	5	15	5	15	5	15
RE3		X	3	5		5	15	5	15
RE4		X	3	5	15	5	15	5	15
RV1	X		SI	SI		SI		SI	
RV2	X		SI	SI		SI		SI	
RV3	X		SI	SI		SI		SI	
RV4		X	2	5	10	5	10	5	10
RV5		X	2	5	10	5	10	5	10
RV6		X	2	5	10	5	10	5	10
RP1	X		SI	SI		SI		SI	
RP2	X		SI	SI		SI		SI	
RP3	X		SI	SI		SI		SI	
RE1	X		SI	SI		SI		SI	
RE2	X		SI	SI		SI		SI	
RE3		X	3	5	15	5	15	5	15
RE4	X		SI	SI		SI		SI	
RE5		X	1	5	5	5	5	5	5
RE6		X	2	5	10	5	10	5	10
RR1		X	3	5	15	5	15	5	15
RR2		X	3	5	15	5	15	5	15
RR3		X	2	5	10	5	10	5	10

REQUERIMIENTOS DE USO	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	1	3	3	3	3	5	5
RP2		X	1	3	3	3	3	5	5
RP3		X	1	5	5	3	3	5	5
RP4		X	1	5	5	3	3	5	5
REP5		X	1	5	5	3	3	5	5
REP6		X	3	5	15	5	15	5	15
RM1		X	1	5	5	5	5	5	5
RM2		X	2	5	10	5	10	5	10
RM3		X	2	5	10	5	10	5	10
RMO1		X	2	5	10	5	10	5	10
RMO2		X	1	5	5	5	5	5	5
RT1		X	1	5	5	5	5	5	5

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RN1		X	2	1	2	1	2	1	2
RE1		X	2	5	10	5	10	5	10

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	2	5	10	3	6	1	2
RP2		X	2	3	6	3	6	3	6
RP3		X	2	5	10	5	10	5	10
RP4		X	2	3	6	3	6	3	6
RC1		X	3	5	15	5	15	5	15
RC2		X	3	5	15	5	15	5	15

REQUERIMIENTOS ECONOMICOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RCV1		X	2	5	10	5	10	5	10
RCV2		X	2	5	10	5	10	5	10
RC1		X	3	5	15	5	15	5	15
RC2		X	3	5	15	5	15	5	15
RC3		X	2	5	10	5	10	5	10
PUNTAJE TOTAL					345		350		356

Tabla 27.Evaluación de Requerimientos para el ensamble de instrumental

En la tabla 26 los dispositivos evaluados según los requerimientos para el ensamble de instrumental son:

- Dispositivo 1: Ensamble por presión posterior
- Dispositivo 2: Ensamble por presión anterior
- Dispositivo 3: Corte y ensamble por tracción

Los requerimientos sombreados con azul en las tablas denotan los parámetros constantes y variables; dentro de los constantes se tienen los sombreados en gris que son los requerimientos parametrizados **determinantes**, que están directamente relacionados con el funcionamiento; por lo tanto un dispositivo que no cumpla con estos determinantes no es evaluado en los requerimientos variables pues es completamente inadecuado para la operación de enderezado, corte, semi punta o ensamble respectivamente.

Los dispositivos seleccionados según el resultado obtenido de la evaluación de requerimientos para enderezado, corte, conicidad y ensamble de instrumental se muestran a continuación:

DISPOSITIVOS SELECCIONADOS			
ENDEREZADO	CORTE	CONICIDAD	ENSAMBLE
- Rectificado por rotación	- Corte por impacto con troquel. - Corte por tracción	- Integrado al corte; corte y cono por	- Ensamble por presión anterior - Corte y

		impacto - Integrado al corte; Corte y cono por tracción	ensamble por tracción.
--	--	---	---------------------------

Tabla 28. Dispositivos Seleccionados

5.4. ALTERNATIVAS DEL SISTEMA

Las alternativas de sistemas se han propuesto a partir de los resultados obtenidos en la evaluación de los requerimientos de los dispositivos, de ahí las propuestas con mayor porcentaje se seleccionaron y organizaron en tres diferentes configuraciones de sistemas así:

5.4.1. ALTERNATIVA 1 DEL SISTEMA

Este sistema contempla el proceso lineal sin ningún atascamiento de material y espera en las operaciones. La alternativa 1 consta de:

1. Enderezador por rotación: de acuerdo a la evaluación de requerimientos es el idóneo para el rectificado de alambre ya que demanda poco tiempo de operación y cumple con los requisitos de linealidad en el proceso.
2. Corte por troquelado: el corte por troquelado es el más utilizado industrialmente ya que requiere poco tiempo para un corte preciso sin

rebabas. En este caso ayuda a reducir procesos posteriores de esmerilado y acabado de las partes activas.

3. Ensamble por presión anterior: el ensamble de instrumental se efectuará imitando el actual proceso de empuje, ya que se facilita la operación y la precisión al introducir la parte activa en el cuerpo.

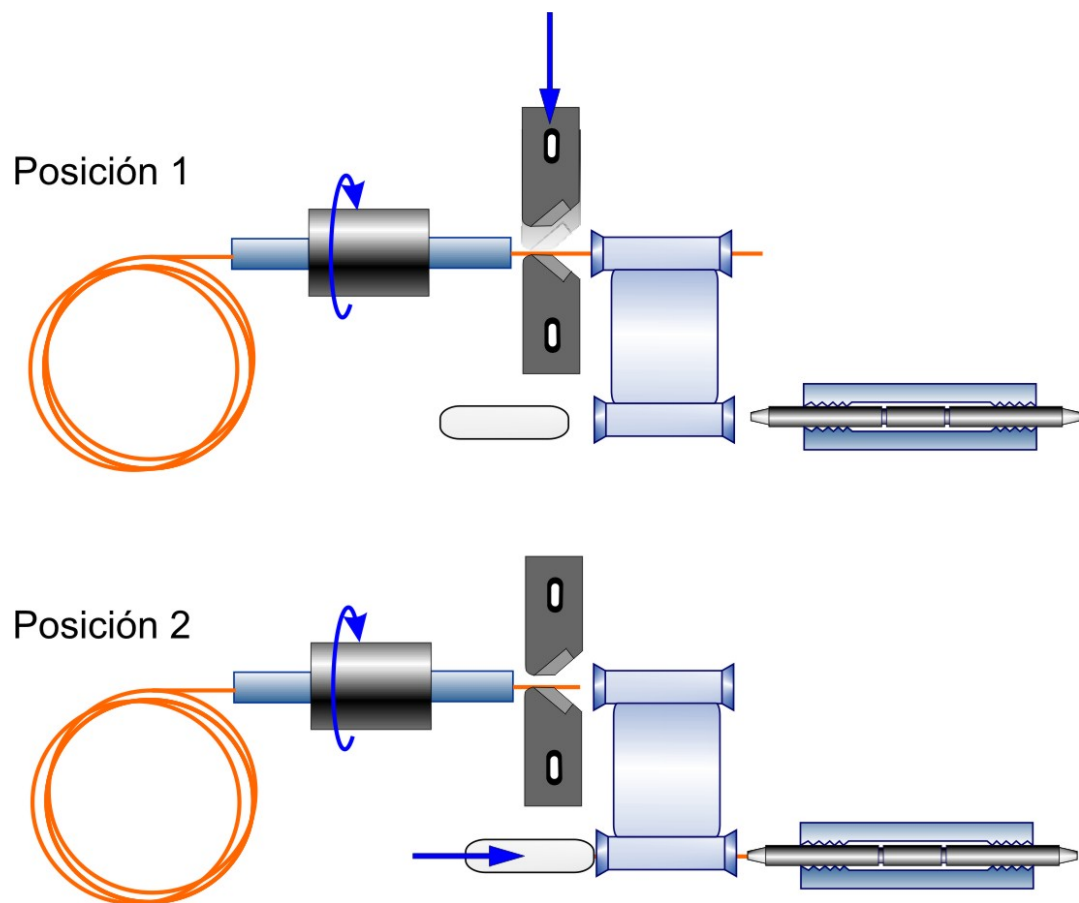


Figura 90. Alternativa 1 del sistema .

Para el desarrollo de la alternativa es imprescindible que todo haga parte de un conjunto y funcione como tal. Es necesario entonces la adaptación de unos

rodillos de arrastre que le den al enderezado la velocidad de avance necesaria y encaminen el alambre al proceso de corte de una manera rápida y eficiente.

FUNCIONAMIENTO

El alambre se sitúa en el enderezador y por medio de un motor dispuesto en la parte posterior del sistema se transmite la potencia y movimiento al enderezador y los rodillos de arrastre. Enderezado el alambre, los rodillos lo llevan hacia los troqueles de corte donde es impactado y depositado en un cilindro que hace parte de un rotor; ese rotor es activado por medio de un sensor que da la orden de giro. El rotor gira 90° y acciona un pistón que introduce la parte activa dentro del cuerpo.

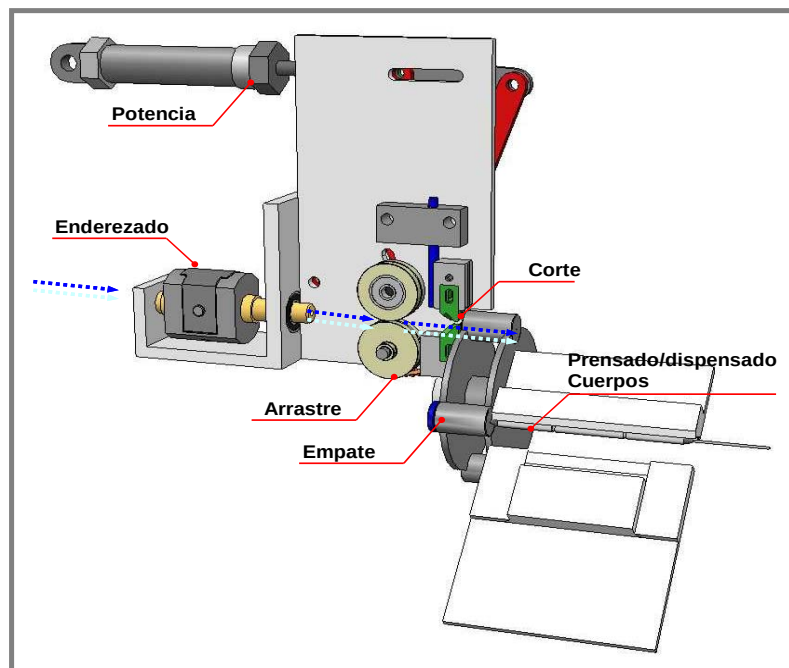


Figura 91. Piezas que componen la alternativa 1

Con anterioridad el cuerpo es depositado por el operario en una tolva donde se prensa esperando la parte activa del instrumental que se ensambla dentro del cuerpo segundos después para finalmente caer en una tolva de recepción.

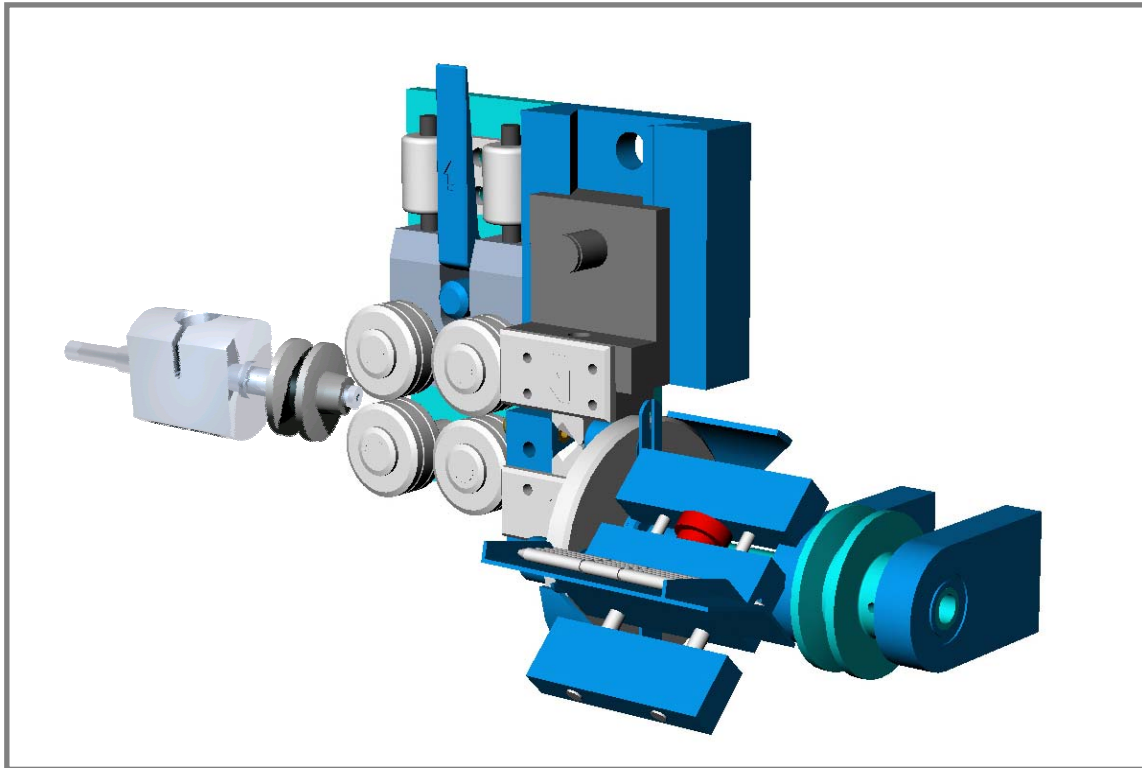


Figura 92. Alternativa 1 en perspectiva

5.4.2. ALTERNATIVA 2 DEL SISTEMA

Al igual que el sistema anterior los elementos son dispuestos de manera lineal sin ninguna parada en la operación de enderezado, corte y ensamble.

El sistema consta de:

- Enderezado por rotación: es el enderezado por flexión del material en todos los puntos.
- Corte y ensamble por tracción: el tiempo de operación es reducido de manera significativa debido a la utilización de unas mordazas que se encargan de romper el material intencionalmente para ser introducido en el mismo instante dentro del cuerpo.

Al igual que el sistema 1, esta propuesta consta de unos rodillos de arrastre que depositan el material en las mordazas de corte y ensamble.

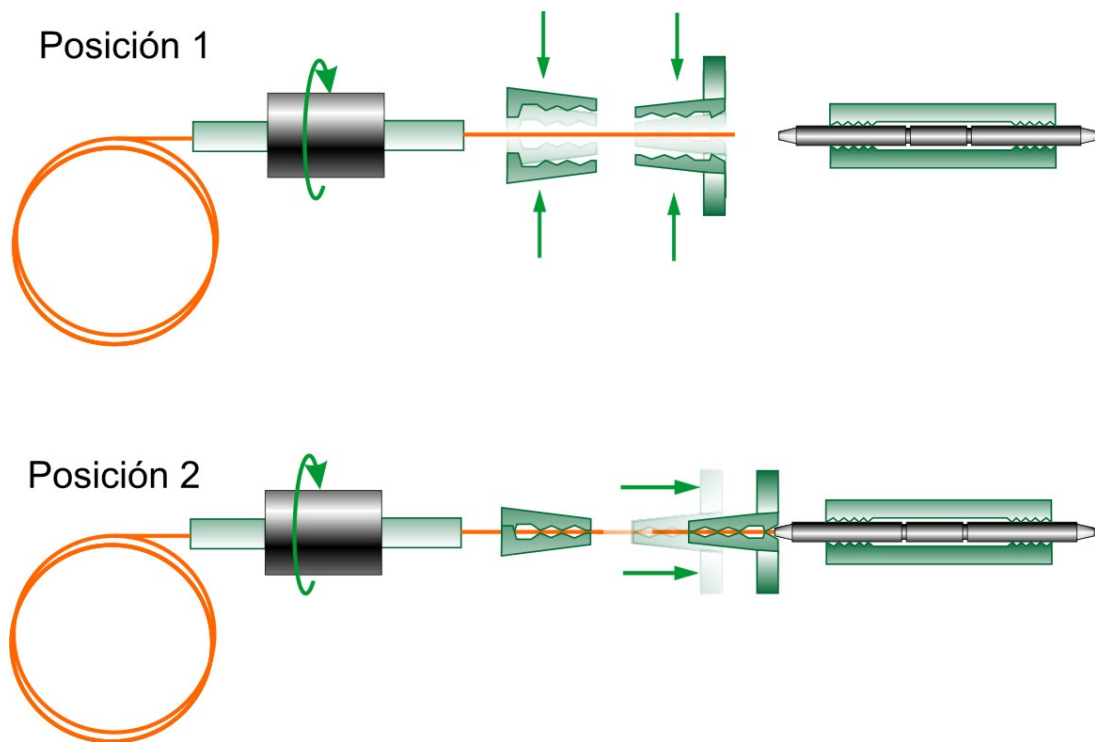


Figura 93. Alternativa 2 del sistema

FUNCIONAMIENTO

El material es depositado en la jaula y desfasado para ser enderezado por rotación. Los rodillos alimentan el alambre con un avance lento y lo llevan

hasta las mordazas de corte donde por medio de un sensor se activan los pistones que arrastran las mordazas; al mismo tiempo el cuerpo es alimentado por una tolva y llevado a la zona de ensamble donde es prensado a medida que las mordazas se trasladan para el corte. Una vez falla el material el alambre se sigue desplazando hasta ser introducido en el cuerpo y llevado a una tolva de recepción donde finaliza la operación.

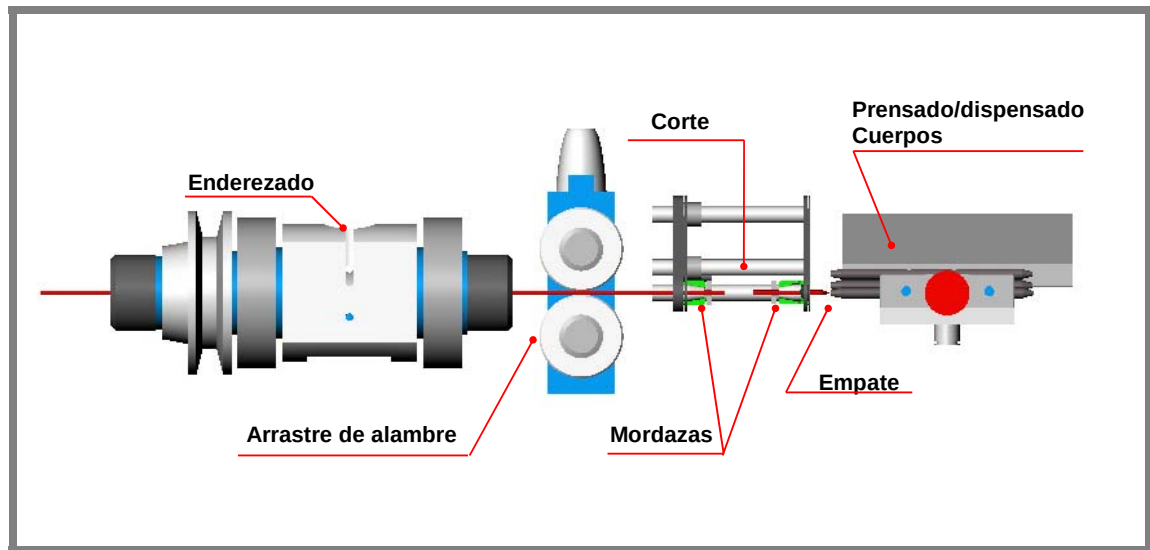


Figura 94. Piezas que componen la alternativa 2

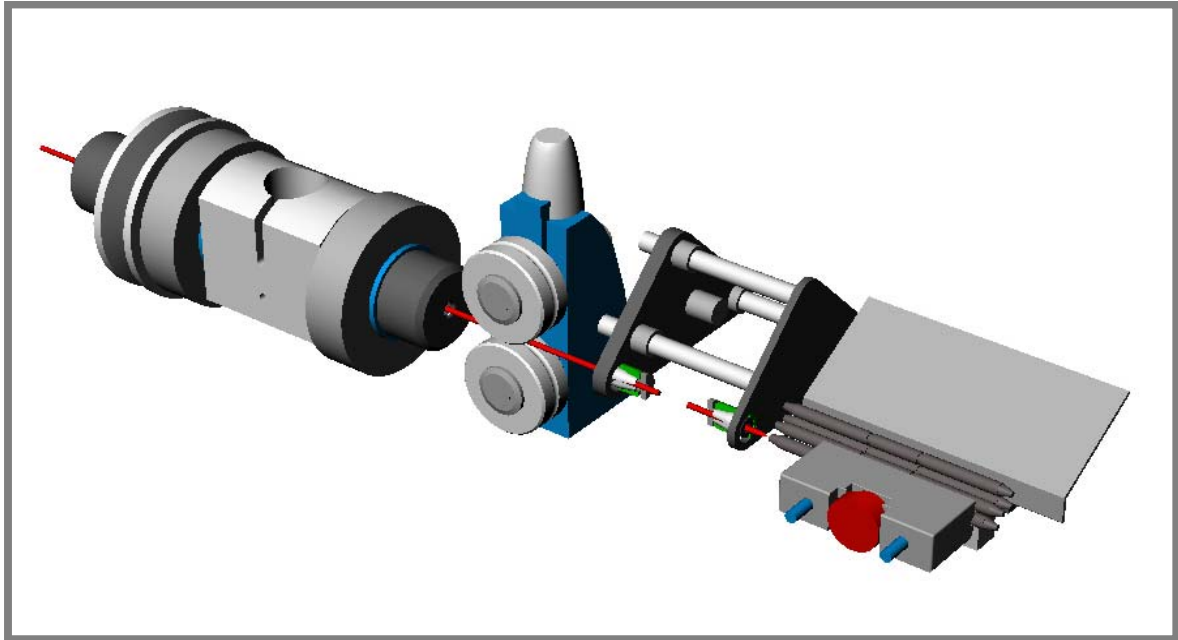


Figura 95 . Alternativa 2 en perspectiva

5.4.3. ALTERNATIVA 3 DEL SISTEMA

Este sistema tiene grandes variaciones en la parte del ensamble.

Para que el operario intervenga inspeccionando el funcionamiento de la máquina se separó el ensamble del proceso inicial de rectificado y corte disponiendo los mecanismos en un área de trabajo mayor.

El enderezado y arrastre de alambre presenta la misma configuración de los sistemas anteriores por lo que no se ahondará en la explicación de estos elementos.

Los componentes de la alternativa 3 son además del enderezado y corte

Ensamble por presión anterior: a diferencia del ensamble de la alternativa 1 donde el pistón aplicaba su fuerza directamente sobre la parte activa; aquí la punta es llevada al interior de una mordazas que le transmiten la fuerza necesaria para ser introducidas en el cuerpo.

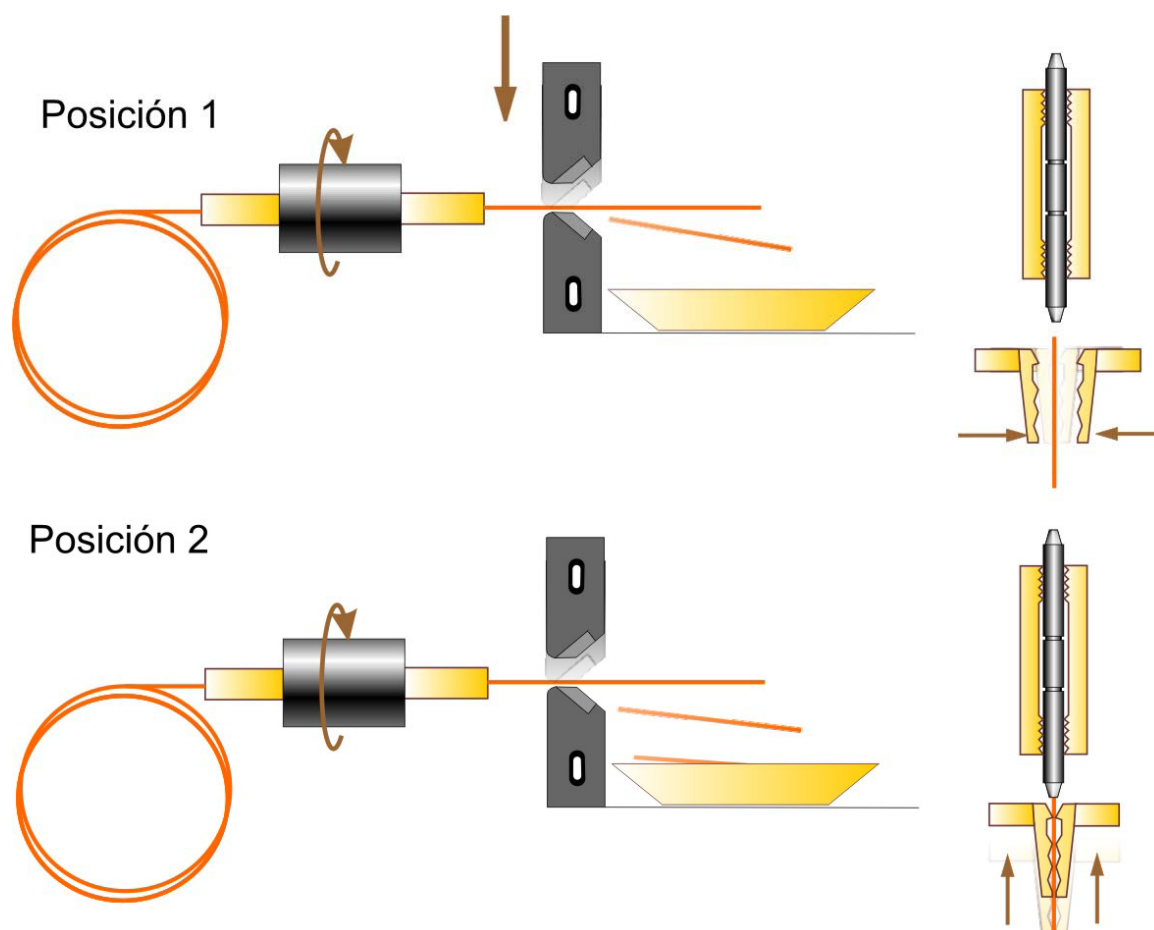


Figura 96. Alternativa 3 del sistema

FUNCIONAMIENTO

El alambre es enderezado por rotación de la jaula y arrastrado hacia la zona de corte donde el troquel accionado por un pistón impacta en el alambre imprimiéndole la forma de cono para su proceso posterior de ensamble; allí las partes activas caen en una tolva de recepción donde el operario las toma para llevarlas a la última operación del sistema. Inmediatamente después del corte las partes activas son revisadas por el trabajador y dispuestas en la zona de empate. Aquí las mordazas aprisionan la parte activa y al mismo tiempo el pistón sujeta el cuerpo para llevarle y ensamblarle la punta.

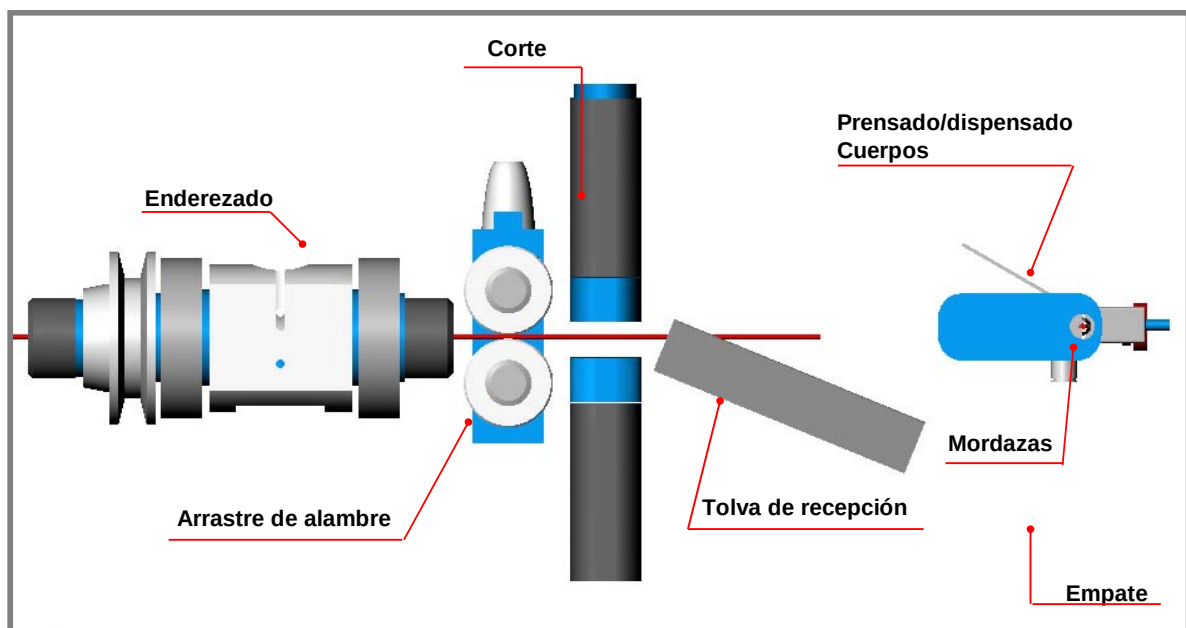


Figura 97. Piezas que componen la alternativa 3

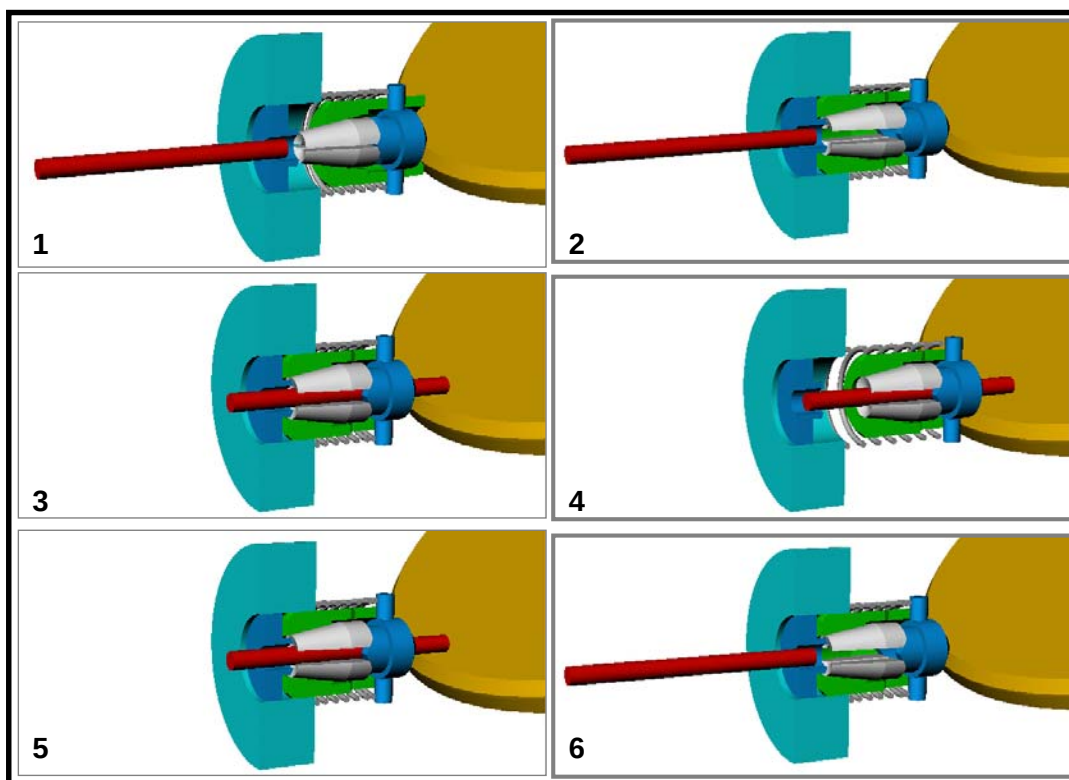


Figura 98. Secuencia de las mordazas de ensamble de la alternativa 3

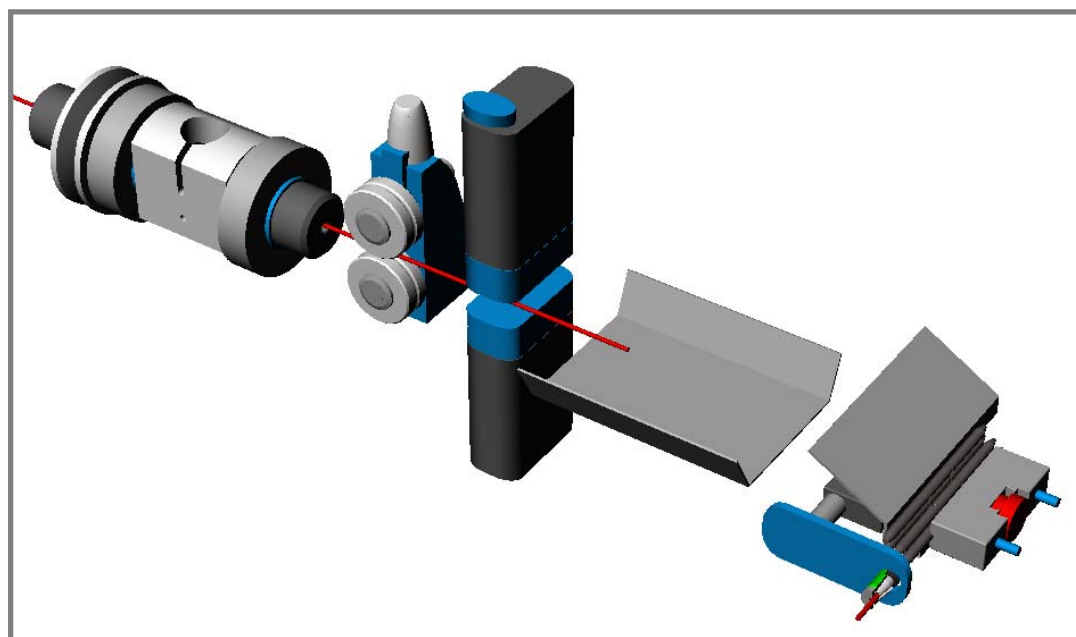


Figura 99. Alternativa 3 del sistema en perspectiva

5.5. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS

Para la evaluación de los dispositivos se parametrizaron los requerimientos expuestos en el capítulo 3. Cada parámetro con un nivel de importancia de 1 a 3, designando el número 3 como un requerimiento indispensable, para el número 2 un requerimiento importante y para el número 1 un requerimiento indiferente; cada sistema a su vez, de acuerdo a este nivel da una calificación de 1 a 5, siendo 5 excelente, 3 bueno y 1 aceptable. Finalmente se consigna el producto del nivel de importancia y el rango de calificación en la columna de puntaje de donde se escoge la alternativa de sistema óptima para el desarrollo de la máquina.

Los requerimientos parametrizados se observan a continuación:

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN		PARÁMETROS
EFICIENCIA	Linealidad del proceso	EXISTE LINEALIDAD EN EL PROCESO
	Mínimo de desperdicio de material	Desperdicio inferior a 4.5% de alambre
	Producción acorde a las necesidades de la empresa	Produce más de 1.500 instrumentales mensuales
	Tiempo de enderezado, corte y ensamble reducido	Tiempo total inferior a 10'37"32"
	No requiere la intervención de más de un operario	No requiere la presencia de más de un operario
VERSATILIDAD	Se adecúa a los calibres de alambre utilizados	Se adecua a calibres 1.5 a 3.0 mm (para corte y empate) - 1.5 a 6 mm (para enderezado)
	Se adecúa a las longitudes de alambre utilizados	Se adecua a longitudes de parte activa entre 32 y 51 mm y para cuerpo entre 80 y 140 mm
	Se adecúa a las necesidades dimensionales de los cuerpos y partes activas	Se adecua a calibres de cuerpos entre 3/16" y 1/4", además de longitudes y calibres de puntas
	Permite versatilidad en las operaciones	Permite la utilización individual de los dispositivos de enderezado, corte y ensamble
	Aprovecha los sistemas de potencia para la realización de diversas tareas	Sistema de potencia adaptable a todo el sistema
	Utiliza sistemas de potencia de fácil consecución comercialmente	Hidráulico-neumático- mecánico - manual
	Permitir diferentes niveles de producción	Permite diferentes niveles de producción
PRODUCTO	Mantener las propiedades físicas del producto	Mantiene las propiedades físicas del instrumental
	Mantener las propiedades mecánicas del producto	Mantiene las propiedades mecánicas del instrumental
	No deteriora sus parámetros de calidad.	Altos niveles de calidad
	Mantiene las características dimensionales del producto	Estandariza y mantiene las dimensiones del instrumental
EJECUCIÓN	No hay atascamientos del producto en las operaciones	No hay atascamientos en las operaciones de materia prima o instrumentales
	Permite pausas	El sistema permite pausas en el proceso productivo
	No hay desvíos de material	No hay desvíos de material
	Se respetan los tiempos y secuencias de producción	tiempos y secuencias de operación estandarizados
	Mantener alto el grado de precisión en las operaciones	Alto grado de precisión
	Requiera bajos rangos de fuerza	No requiere altos rangos de fuerza humana en su funcionamiento
RESISTENCIA	Las piezas no presentan desgaste o falla en el funcionamiento	No hay desgaste continuo en las piezas
	La geometría de las piezas no repece en su resistencia	Las piezas no poseen ángulos agudos
	La estructura soporta el peso de los elementos del sistema	El peso de los componentes es soportado en su totalidad por la estructura
	Los tratamientos térmicos deben cubrir los niveles de resistencia necesarios	Piezas sometidas a desgaste recibe tratamientos térmicos
CONFIABILIDAD	Existe una retroalimentación directa	Retroalimentación directa
	Visibilidad del Sistema y su funcionamiento	Existe gran visibilidad del sistema y funcionamiento
ACABADOS	Las piezas expuestas a manipulación directa del operario así como al medio ambiente, estarán recubiertas	Piezas protegidas a la manipulación permanente del hombre

REQUERIMIENTOS DE USO		PARÁMETROS
PRACTICIDAD	Reducir el número de pasos para manipular el sistema	Reducido número de pasos para manipulación del sistema
	Reducido número de pasos para hacer los cambios de alambre y de instrumental	Reducido número de pasos para cambios de instrumental
	Facilidad en la adaptación de dispositivos	Dispositivos adaptables y ajustables
MANIPULACIÓN	Presenta bajos niveles de ambigüedad en su uso	Secuencia de uso entendible
	El operario no se someta a esfuerzos durante la manipulación del sistema	No requiere la intervención del operario para grandes fuerzas
MANTENIMIENTO	Tolerancia para el desgaste de las piezas	Tolerancia en las piezas
	Permite la fácil manipulación de las piezas en el montaje	Piezas fácilmente desmontables
TRANSPORTE	Permite la traslación de la máquina de un sitio a otro	Sistema fácilmente trasladable
	Tamaño del conjunto reducido	Sistema dimensionalmente reducido
SEGURIDAD	El sistema de potencia no presenta riesgos para el operario	Sistema de potencia seguro
	Los elementos de transmisión de fuerza serán inaccesibles en la operación de la máquina	Elementos de fuerza seguros para el operario
ANTROPOMETRÍA	El sistema se adapta a las dimensiones corporales del operario	Adaptación a medidas antropométricas
	Correcta disposición de los elementos del sistema a manipular	Elementos dispuestos ordenadamente
PERCEPCIÓN	Los acabados y Colores del sistema completo irán de acuerdo a la función a desempeñar	Acabados y colores acordes con el funcionamiento
	Los mandos y controles serán diseñados acordes al trabajador y a la operación a realizar	Mandos y Controles acordes al operario
REPARACIÓN	Las piezas, así como los materiales para su fabricación serán de fácil consecución en el mercado	Piezas de fácil consecución en el mercado
	Fácil acceso a los diferentes componentes.	Accesibilidad al sistema

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES		PARÁMETROS
NUMERO DE COMPONENTES	Reducido número de piezas en los dispositivos del sistema	Número de piezas reducido
ESTRUCTURABILIDAD	Estabilidad en la estructura del sistema	Estructura estable
CARCAZA	Elementos de protección en los componentes de la máquina	Componentes del sistema protegidos

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS		PARÁMETROS
PRODUCCIÓN	Los componentes del sistema tendrán el mínimo de mecanizados posibles	Número reducido de mecanizados
	Las piezas serán normalizadas para la fácil consecución en el mercado	Piezas normalizadas
	El sistema no debe requerir elevada precisión en el montaje	Montaje sencillo
COSTOS DE PRODUCCIÓN	Costo de la materia prima, fabricación, montaje y mantenimiento dentro de los márgenes presupuestales de la empresa	Costo del sistema completo dentro del presupuesto de la empresa
CONTROL DE CALIDAD	El sistema permite verificar las operaciones de corte y ensamble de instrumental	Permite verificación de los procesos
	En la fabricación las piezas serán verificadas dimensional y mecánicamente	Piezas fácilmente verificables dimensional y mecánicamente
MATERIAS PRIMAS	Los materiales de las piezas serán los requeridos para la función que deban desempeñar	Materia prima idónea

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS		PARÁMETROS
CICLO DE VIDA	Durabilidad y tiempo de vida de las piezas elevado	Tiempo de vida elevado
COSTOS	No representar un lucro cesante para la empresa	No representa lucro cesante
	Costos del producto fabricado bajos	Costo del sistema bajo
	Costos bajos de funcionamiento	Costos bajos de funcionamiento

REQUERIMIENTOS FORMALES		PARÁMETROS
UNIDAD	La simplicidad de las formas indicarán un modelo de funcionamiento coherente	La simplicidad del funcionamiento se demuestra en la forma del sistema
	Los elementos del sistema tendrán coherencia formal	Coherencia formal de los elementos

Tabla 29. Requerimientos parametrizados para la evaluación de sistemas

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	DISPOSITIVO 1		DISPOSITIVO 2		DISPOSITIVO 3	
				RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RE1		X	3	5	15	5	15	5	15
RE2		X	3	5	15	5	15	5	15
RE3		X	3	5	15	5	15	5	15
RE4		X	1	5	5	5	5	5	5
RV1	X			SI		SI		SI	
RV2	X			SI		SI		SI	
RV3	X			SI		SI		SI	
RV4		X	2	1	2	1	2	5	10
RV5		X	2	3	6	1	2	5	10
RV6		X	3	5	15	5	15	5	15
RV7		X	1	3	3	3	3	3	3
RP1	X			SI		SI		SI	
RP2	X			SI		SI		SI	
RP3		X	3	3	9	1	3	5	15
RP4	X			SI		SI		SI	
RE1	X			SI		SI		SI	
RE2		X	2	1	2	1	2	5	10
RE3	X			SI		SI		SI	
RE4		X	2	3	6	3	6	3	6
RE5		X	2	3	6	3	6	3	6
RE6		X	1	5	5	5	5	5	5
RR1		X	2	3	6	3	6	3	6
RR2		X	3	3	9	3	9	3	9
RR3		X	3	5	15	5	15	5	15
RR4		X	2	5	10	5	10	5	10
RC1		X	3	1	3	1	3	3	9
RC2		X	3	3	9	5	15	5	15
RA1		X	1	5	5	5	5	5	5

REQUERIMIENTOS DE USO	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	2	1	2	1	2	1	2
RP2		X	2	3	6	3	6	3	6
RP3		X	2	5	10	5	10	5	10
RM1		X	2	5	10	5	10	5	10
RM2		X	1	5	5	5	5	5	5
RMO1		X	2	5	10	5	10	5	10
RMO2		X	2	3	6	3	6	3	6
RT1		X	2	5	10	5	10	5	10
RT2		X	2	5	10	5	10	5	10
RS1		X	3	5	15	5	15	5	15
RA1		X	3	5	15	5	15	5	15
RA2		X	2	1	2	3	6	5	10
RP1		X	2	3	6	3	6	3	6
RP2		X	3	3	9	3	9	3	9
RR1		X	2	5	10	3	6	3	6
RR2		X	2	3	6	3	6	3	6

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RN1		X	1	1	1	1	1	1	1
RE1		X	2	5	10	5	10	5	10
RC1		X	3	5	15	5	15	5	15

REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RP1		X	2	3	6	1	2	1	2
RP2		X	1	5	5	5	5	5	5
RP3		X	2	1	2	1	2	1	2
RC1		X	3	3	9	5	15	5	15
RCC1		X	3	1	3	1	3	5	15
RCC2		X	2	5	10	5	10	5	10
RM1		X	3	5	15	5	15	5	15

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RCV1		X	3	5	15	5	15	5	15
RC1		X	3	1	3	3	9	3	9
RC2		X	3	1	3	3	9	3	9
RC3		X	3	1	3	5	15	5	15

REQUERIMIENTOS FORMALES	CONSTANTE	VARIABLE	NIVEL DE IMPORTANCIA	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE	RANGO DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE
RU1		X	2	5	10	5	10	5	10
RU2		X	1	3	3	3	3	3	3
PUNTAJE TOTAL					378		400		458

Tabla 30. Evaluación de requerimientos de cada uno de los sistemas propuestos

Los resultados obtenidos de la evaluación de sistemas según requerimientos expuestos en el capítulo 3, indican que la configuración de los componentes del sistema 3 son los idóneos para las operaciones de enderezado, corte y ensamble

a desarrollar, debido a las grandes ventajas que presenta sobre los otros en cuanto a la fabricación y organización de sus elementos.

6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Basados en los anteriores análisis, se ha llegado a la elección de una alternativa que cumple con todos los requerimientos de tipo funcional que ha sido planteados, a la cual se le han realizado un aserie de modificaciones necesarias para su adaptación en conjunto, con las que se pretende llegar a un diseño armónico con una secuencia de funcionamiento ordenada. A continuación se realiza una descripción detallada desde todos los aspectos componen el sistema comenzando con la evolución de tipo formal-estético, y continuando con la secuencia de su funcionamiento.

6.1. DESARROLLO FORMAL ESTÉTICO

Más allá de una connotación puramente funcional el sistema es para el operario un comunicador descriptivo de acciones a realizar. El lenguaje de la máquina es prospectivo en la medida que da al operario probabilidades donde el pueda prever lo que va a ocurrir con la forma y la estructura sistémica, según ciertos comportamientos del contexto y del lenguaje; lo que quiere decir que los elementos ya pueden interactuar comunicando a alguien algo, en este caso la máquina le proyecta al operario con orden lo que debe hacer y cómo lo debe hacer.

Otros Aspectos tenidos en cuenta son la topografía natural que relaciona los actos coherentes para accionar correctamente un mando y la retroalimentación directa que debe haber inmediatamente después de que el operario haya ejecutado una acción para indicarle si lo hizo de manera correcta o no.

En el desarrollo formal del sistema la topografía y los modelos conceptuales coherentes manejan las limitaciones para dar al operario un sentido o dirección de cómo debe hacer las cosas para no llevarlo a la confusión. Existen varios tipos de limitaciones tenidos en cuenta como son las físicas, las semánticas y las culturales que muestran de manera acertada las variaciones en los objetos o artefactos para disminuir el porcentaje de error a cero en el momento del diseño.

Las limitaciones físicas reducen el número de operaciones posibles creando un rango limitado de actos posibles que ayudan al trabajador a disponer correctamente los elementos del sistema en su montaje y reparación; y son para este caso, evidentes y claras, basadas en las propiedades del mundo físico.

Las limitaciones semánticas remiten al conocimiento de la situación y el mundo, al significado del momento para controlar el conjunto de actos posibles; así de acuerdo a experiencias anteriores y de acuerdo al contexto, la máquina muestra con certeza la localización de los troqueles, de las tolvas, entre otros elementos dando al operario pistas y pautas para manipular el sistema.

Las limitaciones culturales remiten a las convenciones utilizadas regional, nacional o mundialmente aceptadas; así el operario podrá distinguir por ejemplo

por medio de los colores cuál es el botón de encendido o apagado de acuerdo a la configuración que se tiene culturalmente.¹

De acuerdo al manejo del lenguaje en el objeto o artefacto, el sistema escogido debe adaptarse al medio y al operario llegando a la armonía del conjunto por medio de una evolución formal.

6.1.1. EVOLUCIÓN DE LA ALTERNATIVA ESCOGIDA

Los elementos funcionalmente no tienen variación pero pueden adaptarse unos a otros por medio del análisis formal y de las variaciones antropométricas.

Cada una de las ideas propuestas para la disposición de los elementos están fundamentadas y limitadas por los materiales, los procesos, los acabados, la función y los costos entre otros.

PROPUESTA 1

DESCRIPCIÓN

¹NORMAN, Donald A.. La psicología de los Objetos Cotidianos. Instituto de Ciencia del Conocimiento de la Universidad de California. Pág 15-78.

La mesa de trabajo se concibe como una superficie lisa completamente paralela al piso donde se disponen los mecanismos. Los mandos y botones de acción de este sistema son apoyados en un extremo de la lámina que se encuentra a 45 grados de inclinación con el fin de mostrar claramente todo el tablero de operación al trabajador. El porta rollo es soportado por unos ejes empotrados en la parte inferior de la máquina, y el alambre es encaminado de acuerdo a su calibre por unos orificios de salida realizados al costado de la estructura del sistema. Los esfuerzos están repartidos y la estabilidad que presenta es excelente. La parte de estructura que queda descubierta da paso al operario para adecuarse correctamente con el fin de inspeccionar y realizar el ensamble del instrumental.

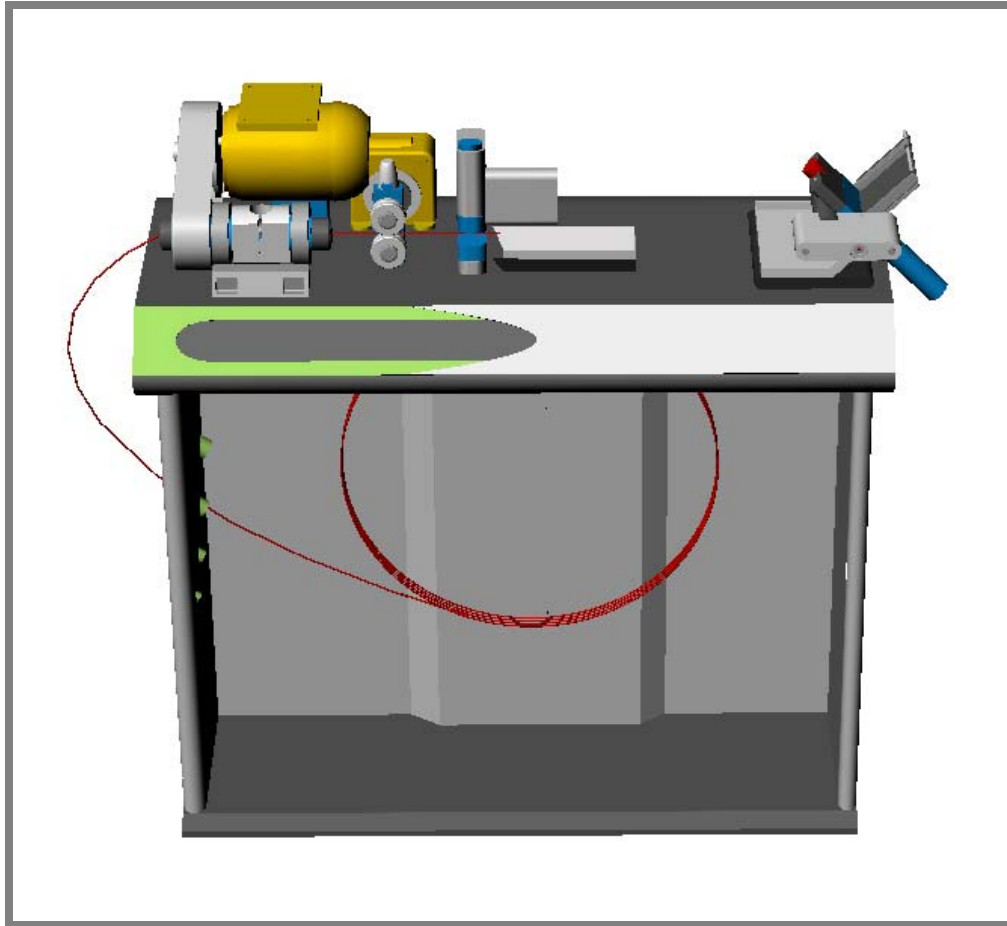


Figura 100.Propuesta formal 1

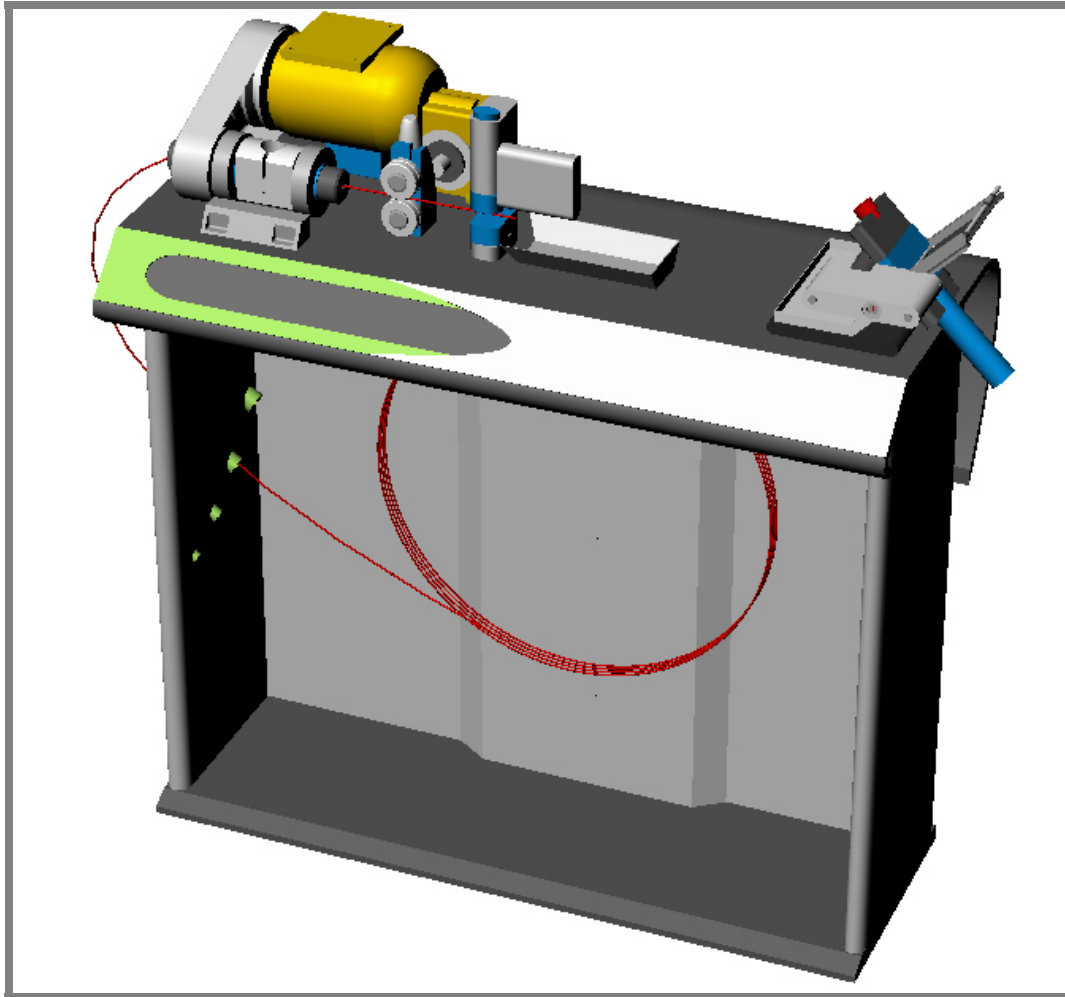


Figura 101. Propuesta formal 1 en perspectiva

OBSERVACIONES

El soporte de la máquina se encuentra aislado del conjunto superior, lo que quiere decir que representa un objeto completamente separado del sistema total. El desperdicio de materia prima es grande puesto que la estructura inferior va recubierta en lámina, al igual que la superficie de trabajo. La desorganización del sistema puede llevar al operario a interpretar el conjunto como una serie de dispositivos aislados en un mismo puesto de trabajo sin que le de una secuencia

lógica de los actos que debe realizar. La disposición de unos agujeros para enhebrar el alambre representa demoras además de ser una tarea molesta para el operario por la posición que debe adoptar con el cuerpo y la cabeza inclinada hacia el interior de la máquina en el momento de introducir la chipa, con el fin de no tropezar con la superficie de trabajo y los mandos que allí se disponen.

PROPUESTA 2

DESCRIPCIÓN

Esta propuesta integra los elementos con la bancada creando una secuencia de uso más clara. La estructura se hace más limpia y con menos desperdicio de material que la anterior. El soporte presenta una manera de graduar para nivelarlo en el piso por medio de unos tornillos situados en la parte inferior. Los dispositivos dan un orden y se fusionan con la superficie de trabajo creando una sensación de unión. Algunas sustracciones de material indican al operario como debe sentarse en el puesto de trabajo para realizar la labor de empate.

La altura de la superficie de trabajo es de 90 cms, la adecuada para que el operario en posición bípeda manipule los controles y mandos y a su vez realice una operación de precisión en la zona de ensamble en posición sedente.

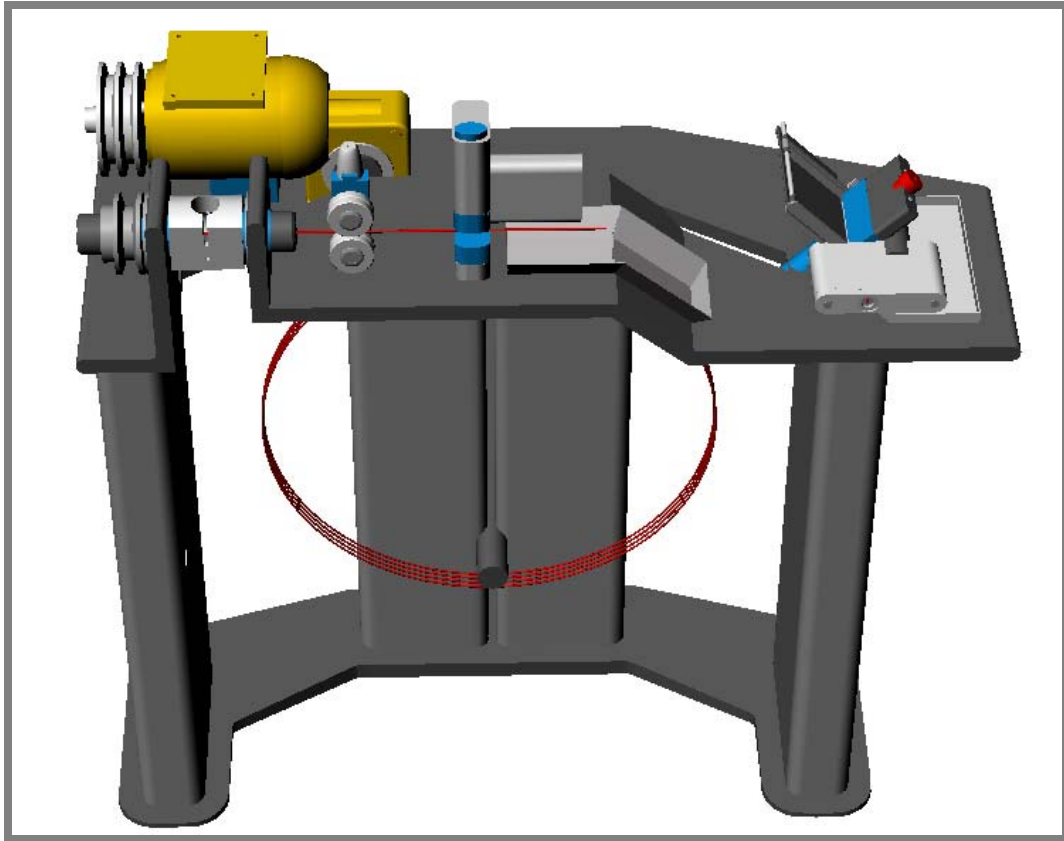


Figura 102. Propuesta formal 2

OBSERVACIONES

Aunque la concepción de esta propuesta genera menos desperdicio de material y una secuencia de uso más evidente; los elementos son robustos y tímidamente comienzan a hacer parte del conjunto, son faltos de armonía por lo que genera un desorden visual que provoca interpretaciones erróneas del funcionamiento de uno u otro dispositivo. A pesar de que la estructura tiene una tendencia a interactuar con el operario y los mecanismos; por su forma se muestra como un elemento completamente aislado que no tiene coherencia con los componentes del sistema.

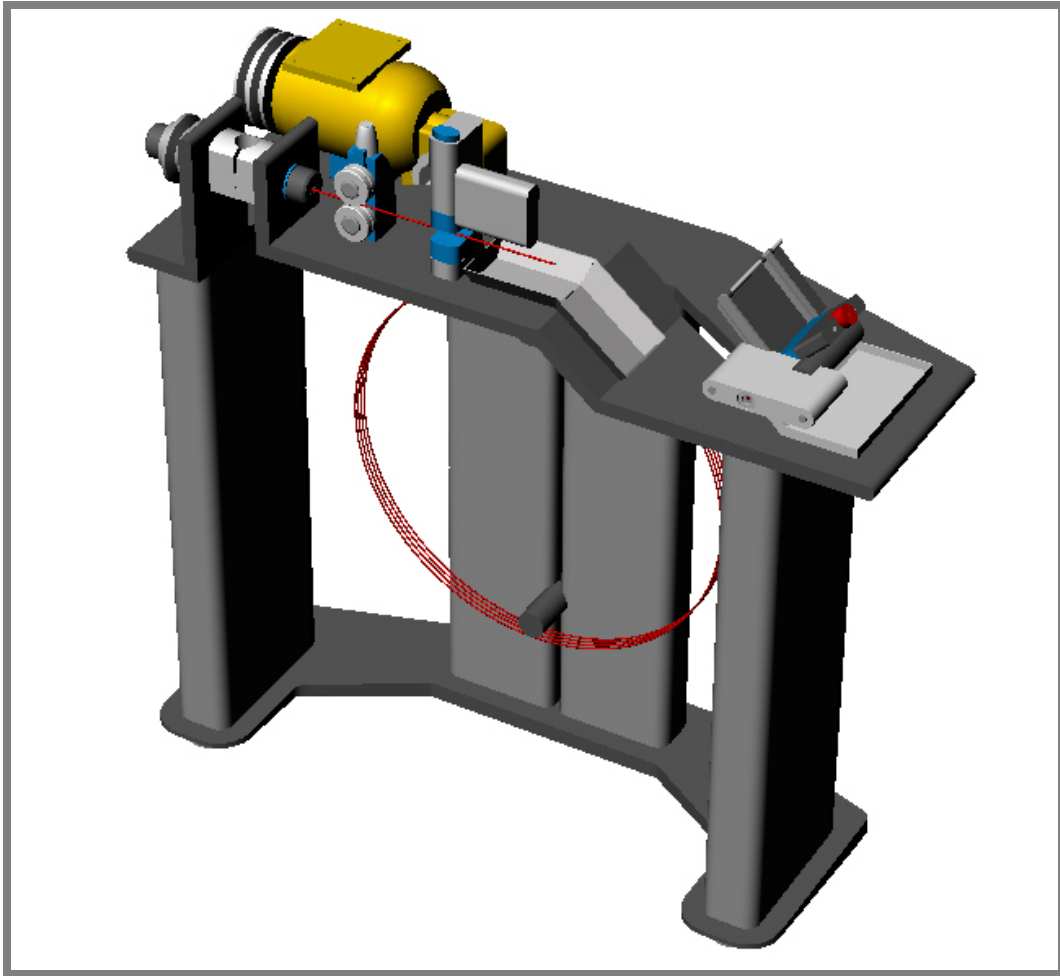


Figura 103. Propuesta formal 2 en perspectiva

PROPUESTA 3

DESCRIPCIÓN

La parte estructural de esta alternativa se muestra con mayor coherencia, logrando la organización óptima de los elementos lo que genera la unión del sistema.

La similitud de las formas redondeadas crea un conjunto que el operario puede interpretar adecuadamente para la manipulación de los componentes del sistema.

La ubicación de los controles está localizada en el centro de la máquina a 90 cms de altura para la correcta interpretación y utilización de los mandos por parte del operario. El portador del rollo de alambre se sitúa en la parte inferior de la máquina donde el trabajador tiene fácil acceso para la maniobrabilidad del mismo a la hora de poner en funcionamiento el sistema. A diferencia de la propuesta 1 y 2, los puntos de apoyo se encuentran localizados en forma triangular pues de esta manera una mayor estabilidad de todo el sistema.

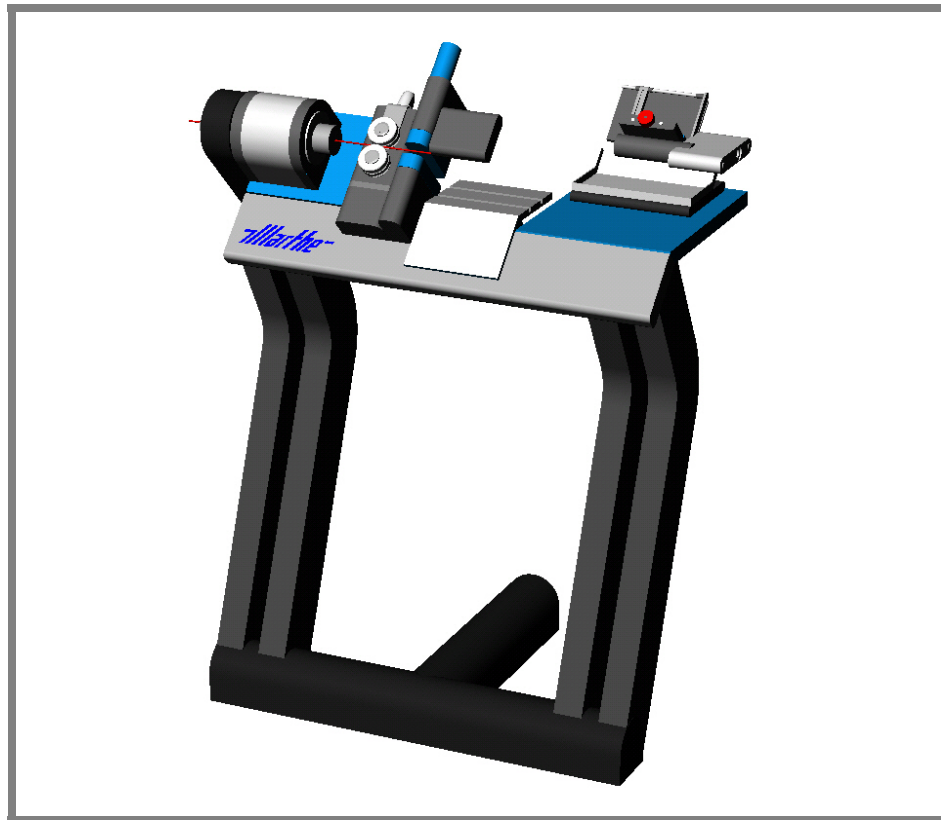


Figura 104. Propuesta formal 3 en perspectiva

OBSERVACIONES

La adaptación del dispositivo de ensamble hacia el costado derecho de la máquina muestra un frente falso que da al operario una secuencia de uso errónea, además de llevarlo a realizar movimientos inadecuados sobre la superficie del puesto de trabajo.

El plano que se utiliza como apoya pies se encuentra salido del área virtual que ocupa la máquina lo que puede ocasionar en los trabajadores lesiones en las extremidades inferiores debido a roces y choques con este apoyo estructural.

PROPUESTA 4

DESCRIPCIÓN

Esta propuesta tiene una variación en la parte inferior del sistema anterior que permite una correcta disposición del operario para manipular las partes activas a ensamblar, así como una nueva organización en los dispositivos manipulables que muestran e indican la forma de uso.

Los dispositivos finales de ensamble se reorganizaron para mostrar con claridad la forma de uso. Debido a los continuos movimientos del motor y los troqueles, la estructura inferior se reforzó con unos travesaños y un eje que inicia en la plataforma de trabajo y desemboca en la parte posterior para absorber todo tipo

de vibración que se genere. Así mismo se adecuó un plano inclinado para que el trabajador disponga sus extremidades inferiores durante la jornada laboral.

Los mandos se adaptaron para que tuvieran una lectura izquierda derecha otorgando un orden de lectura y la señalización del inicio del sistema.

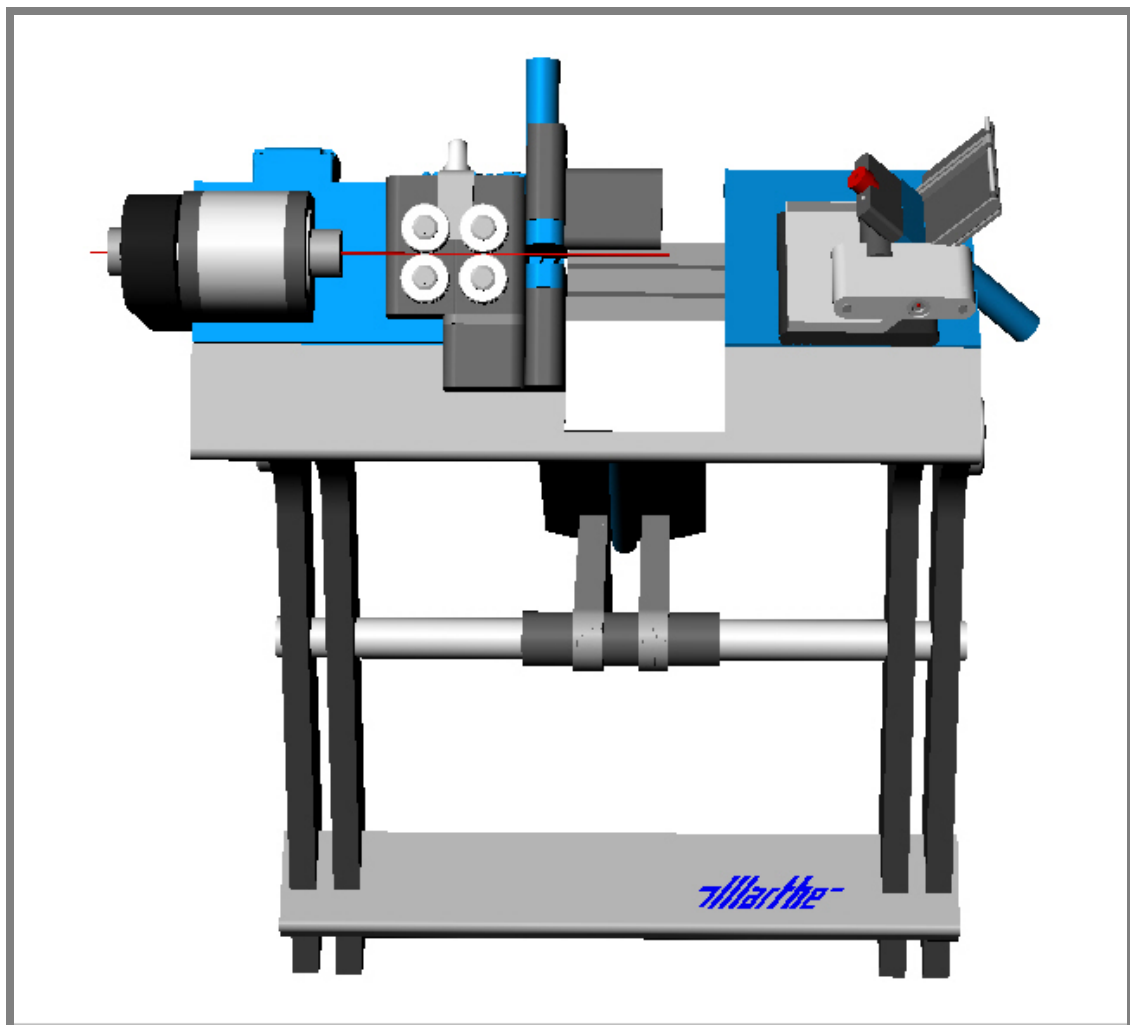


Figura 105. Propuesta formal 4

OBSERVACIONES

Se puede considerar esta propuesta como la adecuada para la evolución de la forma del sistema por la visibilidad de las partes, las dimensiones y la organización completa de la máquina.

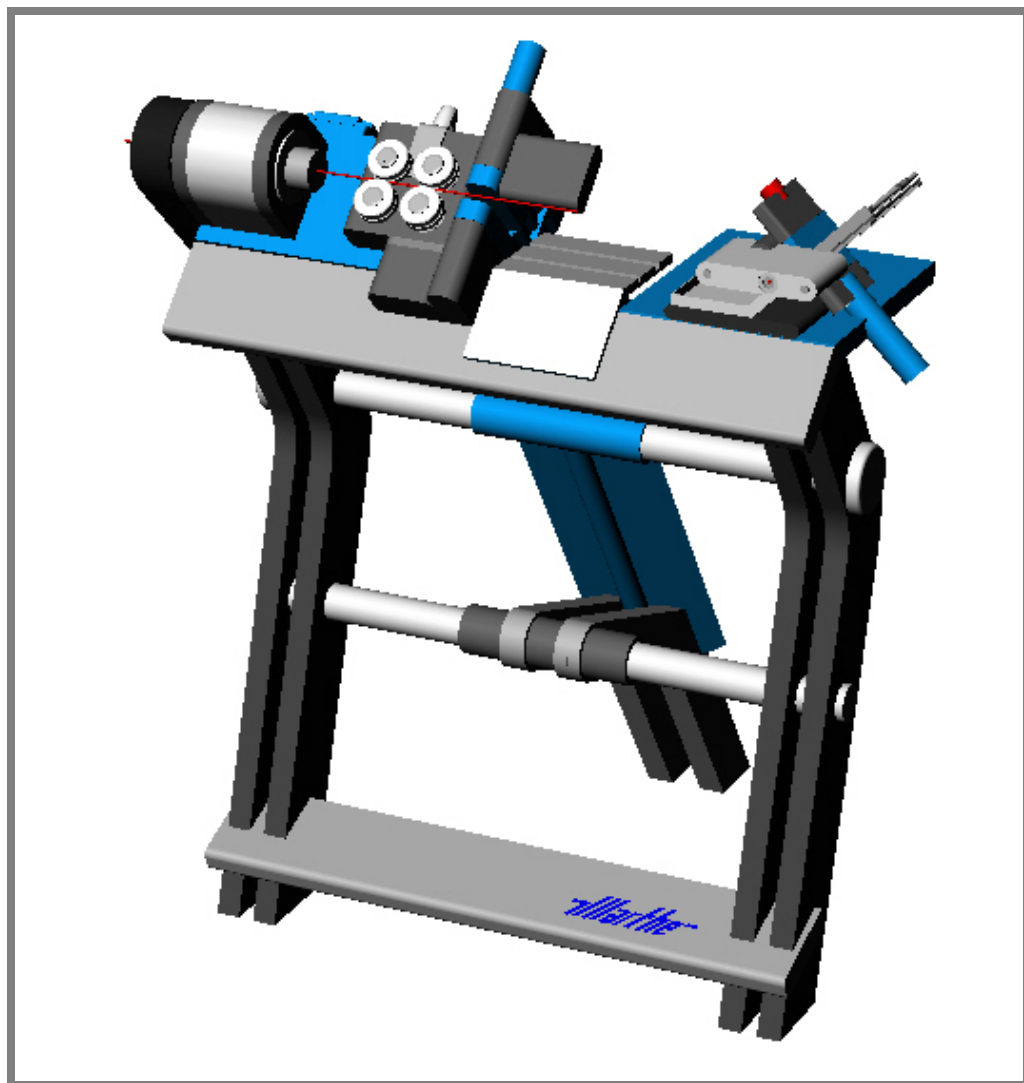


Figura 106. Propuesta formal 4 en perspectiva

6.2. GEOMETRÍA DEL SISTEMA

La geometría de las piezas que componen el sistema obedece como primera medida al cumplimiento de todas las funciones para el cual fue diseñado, teniendo en cuenta además los procesos de fabricación a los que se puede tener acceso en nuestro medio, con el fin de no incrementar el costo general. La descripción de la geometría del sistema se realiza a continuación de forma detallada utilizando la misma secuencia que toma el material durante su procesamiento:

6.2.1. DISPOSITIVO SUJECCIÓN DEL MATERIAL

En la parte inferior del sistema se encuentra ubicado el dispositivo porta-rollo en el que se ha de montar la chipa de alambre a procesar. Su estructura consta de dos ejes móviles que se acercan o separan del centro de acuerdo al diámetro requerido para el alambre.

6.2.2. DISPOSITIVO ENDEREZADO DEL ALAMBRE

El dispositivo de enderezado por rotación está será utilizado para procesar los diferentes calibres de alambre que se utilizan, desde los 1,5 hasta los 6,5 mm de diámetro, circunstancia que obligó a la utilización de unas boquillas que se introducen en los extremos de los ejes para retener al alambre y disminuir la distancia horizontal requerida para desfazar el punto central en el caso del

alambre de bajo calibre. La configuración del sistema realizar la siguiente modificación:

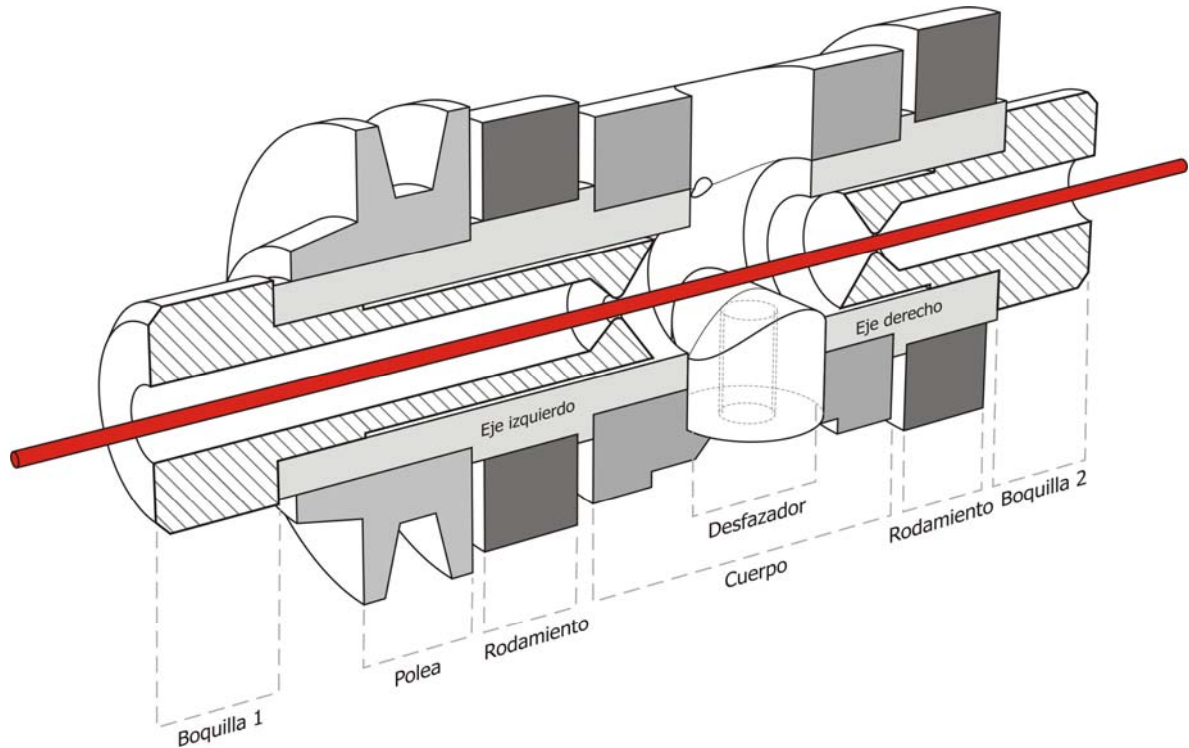


Figura 107. Cambios al dispositivo de enderezado.

Las boquillas poseen una rosca ordinaria e izquierda utilizada para su ensamble a los extremos de los ejes en forma manual la cual es contraria al movimiento de rotación del dispositivo para evitar que se suelten durante su funcionamiento.

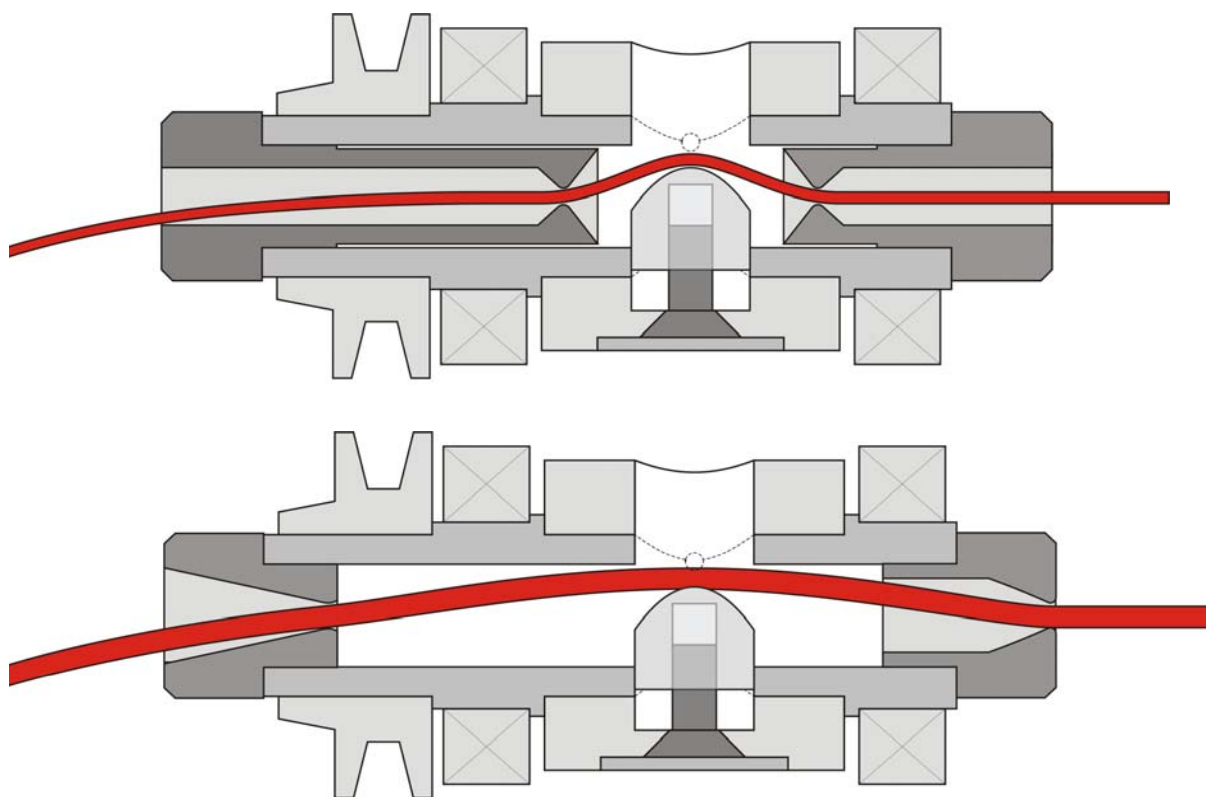


Figura 108. Configuraciones boquillas alambres delgados y gruesos.

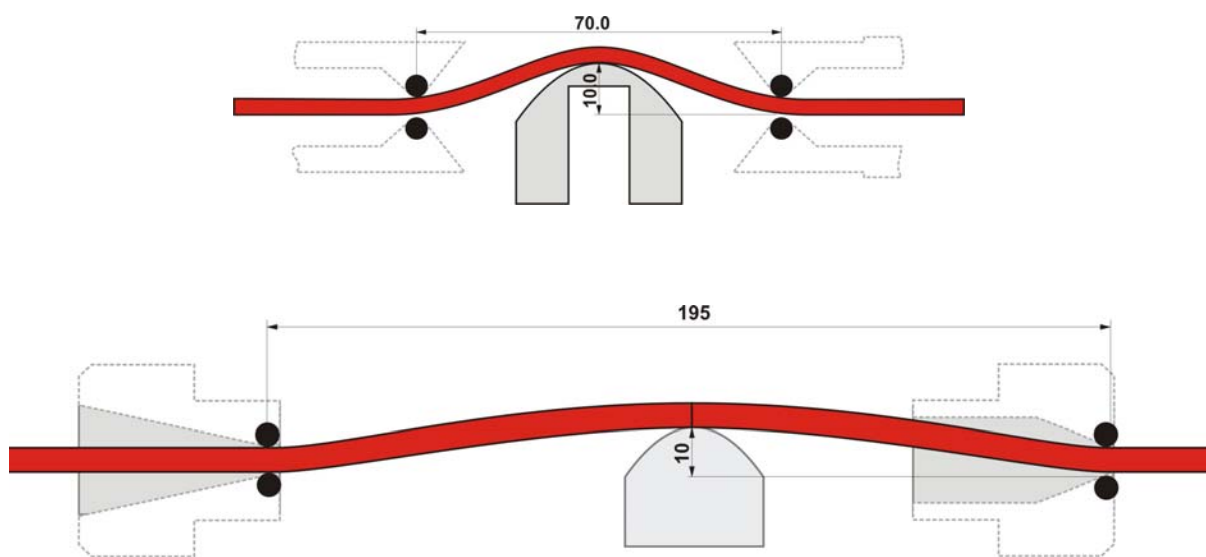


Figura 109. Desfase y distancias horizontales para alambres delgados y gruesos.

Sobre la superficie del dispositivo enderezador se encuentra una serie de figuras en gradación que indican el ajuste para cada uno de los calibres de alambre a procesar, con lo que se le da la indicación al operario de la altura a la que debe cuadrar la pieza central mediante la rotación del tornillo inferior.

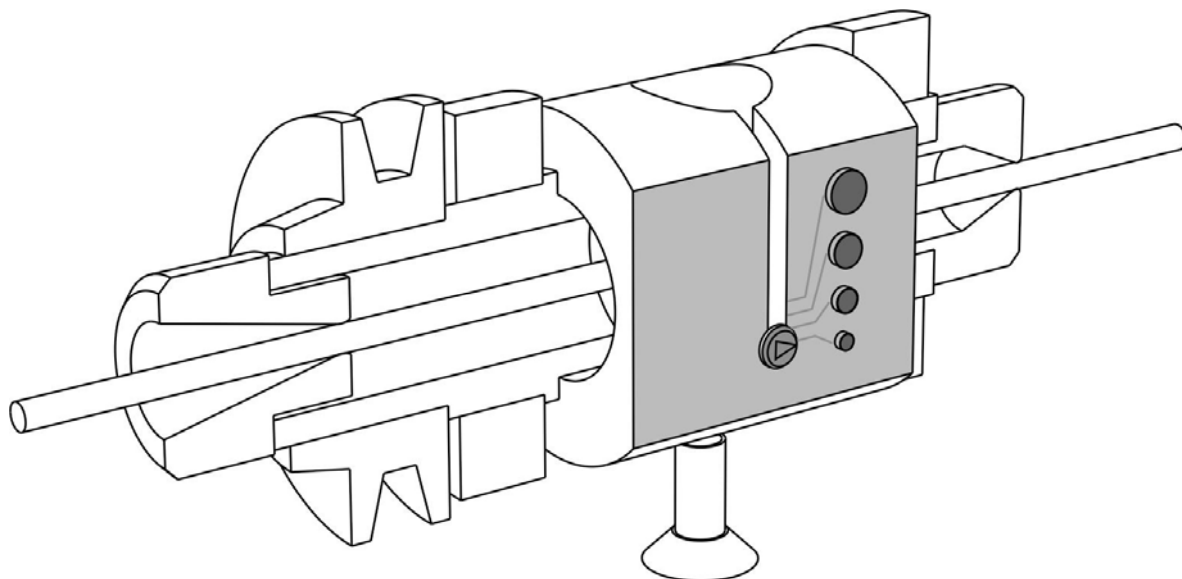


Figura 110. Superficie del enderezador

El dispositivo está montado sobre rodamientos a rótula unidos a una placa trasera inclinada a 45° con respecto a la horizontal, la cual hace parte de la estructura. En la parte posterior de la placa se encuentra situado el motorreductor que le transmite la velocidad de rotación al enderezador por medio de un juego de poleas y correa trapezoidal.

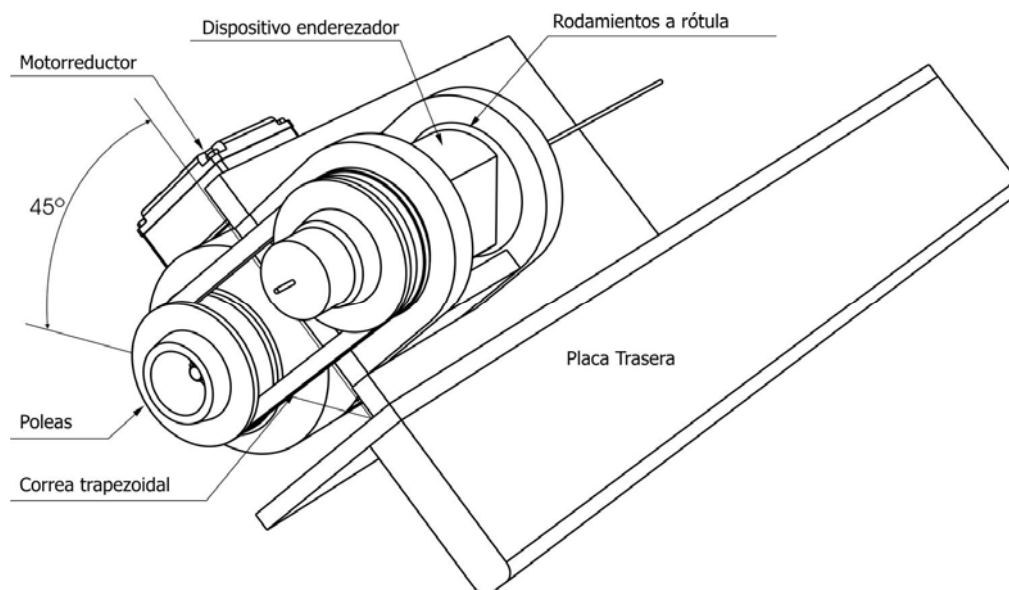


Figura 111. Disposición del enderezador sobre la estructura.

En la parte inferior del dispositivo se encuentra el tablero de mandos con el que se pueden controlar y programar las funciones de enderezado y corte, cuyo funcionamiento se explicará más adelante.

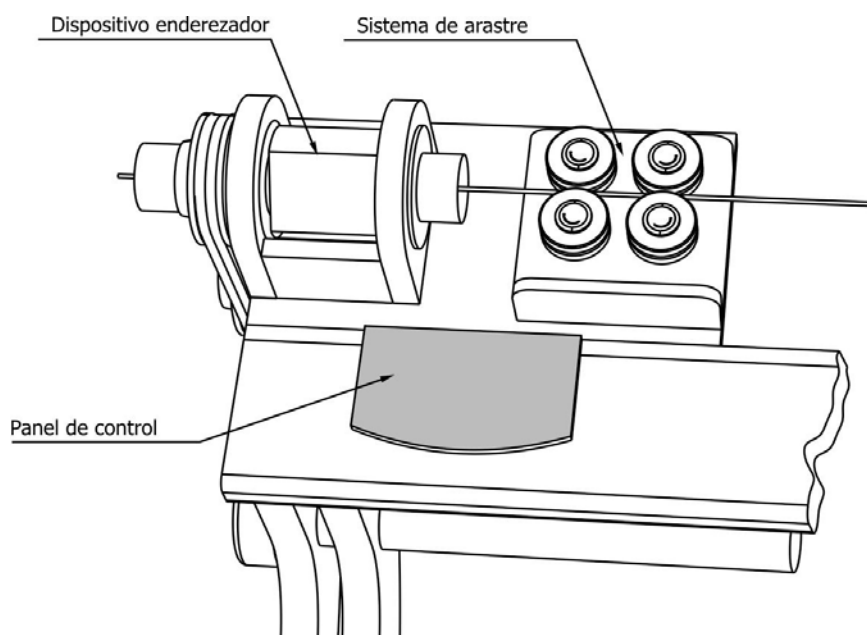


Figura 112. Ubicación de los mandos

El dispositivo de enderezado es ayudado por cuatro rodillos que arrastran el material que se encuentran ubicados en forma tangencial a la salida del alambre, soportados sobre rodamientos de bolas para resistir la carga de tipo radial, y empotrados en una estructura unida a la placa posterior. A la serie de rodillos superiores se les imprime una velocidad de rotación en forma directa desde el motorreductor por medio de un eje. La serie de rodillos inferior es de rotación libre, pero tiene movimiento vertical generado por un pistón hidráulico.

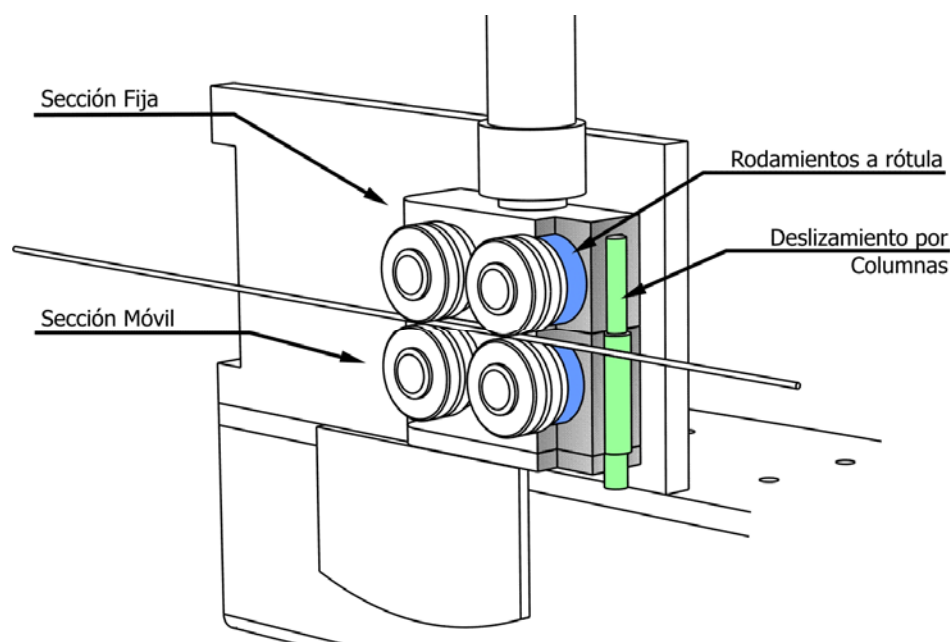


Figura 113. Deslizamiento vertical de los rodillos por columnas.

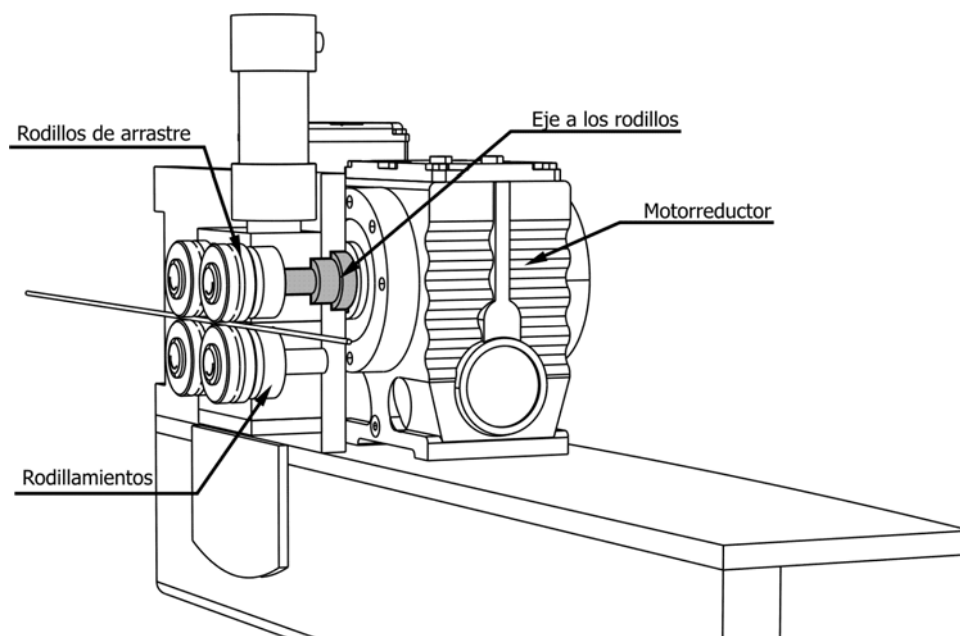


Figura 114. Movimiento transmitido desde el motorreductor hacia los rodillos de arrastre

Más adelante se detallará la secuencia de uso seguida por el trabajador en la operación de los dispositivos de enderezado y arrastre.

6.2.3. DISPOSITIVO CORTE DEL ALAMBRE

El dispositivo de corte se encuentra ubicado inmediatamente después de los rodillos de arrastre y consta de un par de troqueles con un diseño que permite la realización del corte con la conicidad requerida. El troquel inferior es fijo, tangencial a la trayectoria del alambre y empotrado sobre una base que le permite el ajuste fino cuando el corte no se efectúa de manera adecuada.

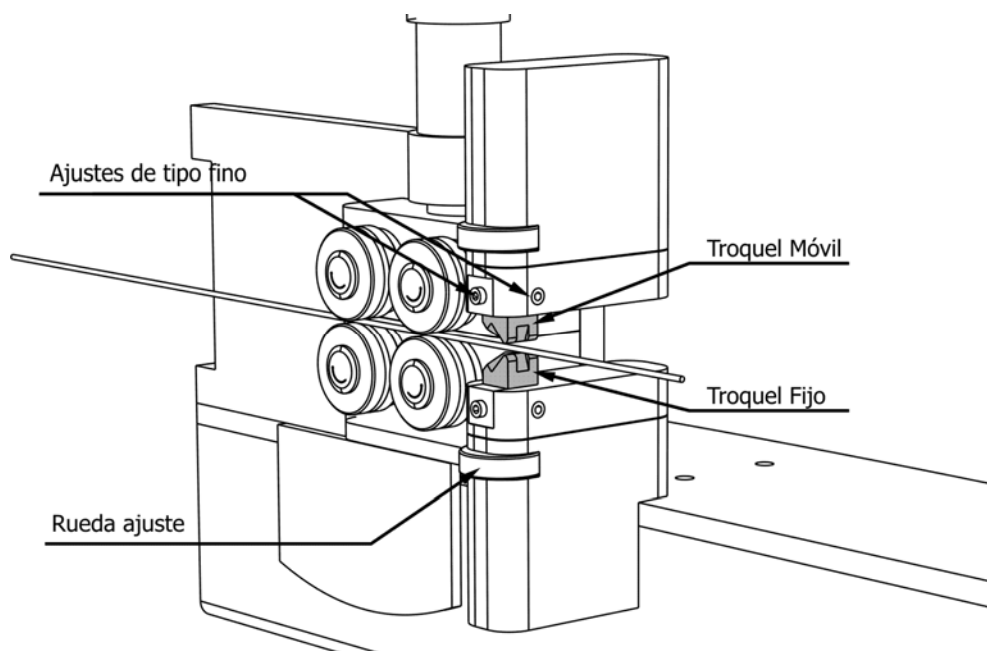


Figura 115. Disposición de los troqueles.

El troquel superior se encuentra en una base solidaria a un sistema deslizante sobre columnas que permite un desplazamiento de 2 cm en forma vertical mediante la aplicación de fuerza lineal por un pistón hidráulico.

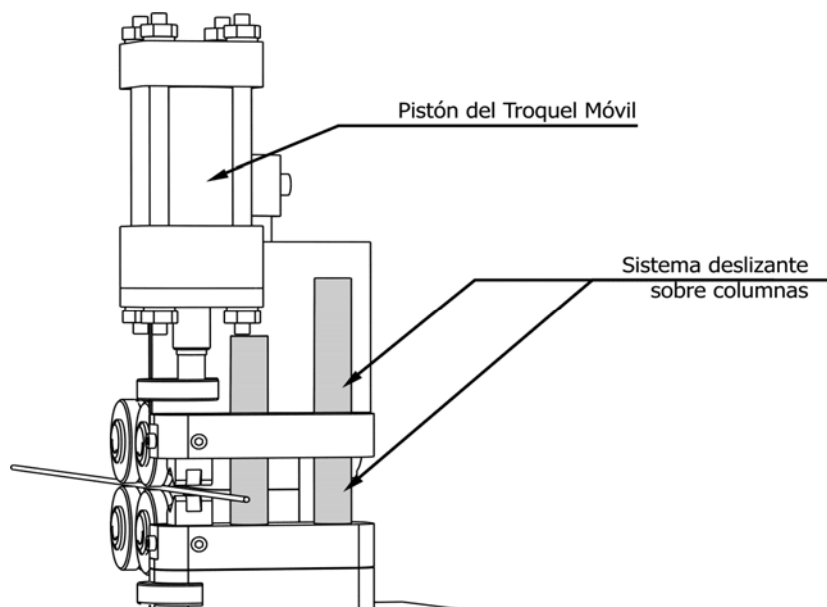


Figura 116. Sistema deslizante y pistón para troqueles.

Finalizando la sección de los troqueles, se encuentra el dispositivo que realiza el ajuste de las longitudes para el corte de las partes activas, el cual es movido manualmente mediante el accionamiento de una perilla con ajuste fino que traslada un sensor de proximidad sobre una guía con indicador de longitud, con el que se puede establecer la cercanía de la punta del alambre que se antepone al trayecto de su señal.

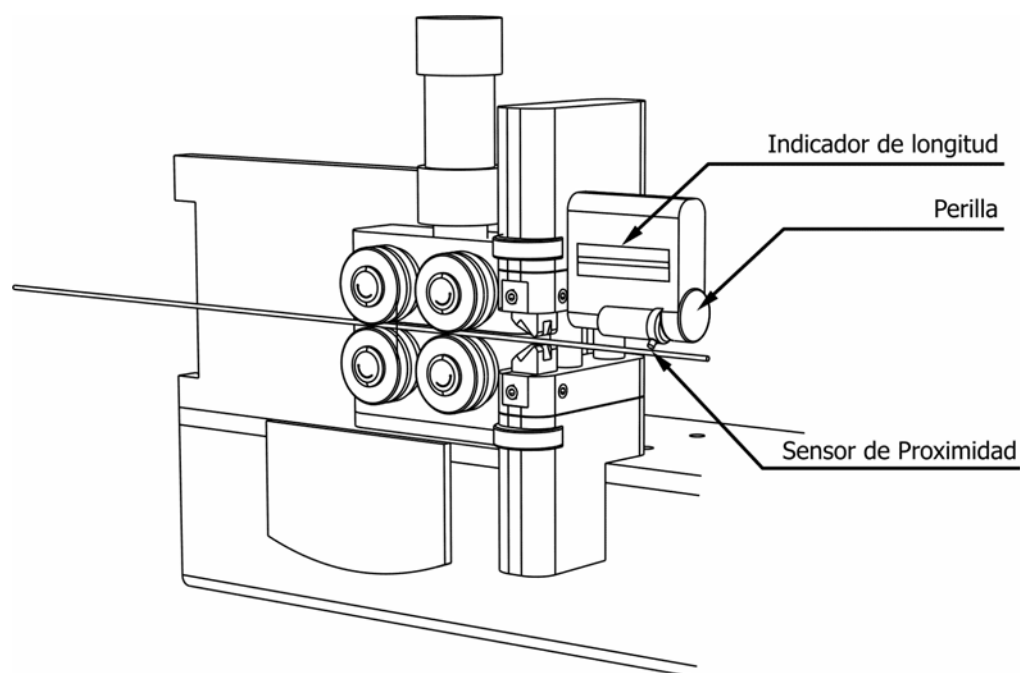


Figura 117. Sensor de Proximidad

Bajo el sensor de proximidad se encuentra la tolva de recepción de las partes activas, la cual es abierta y con una inclinación de -10° con respecto a la horizontal, que facilita el desplazamiento de las piezas hacia la zona de empate del instrumental.

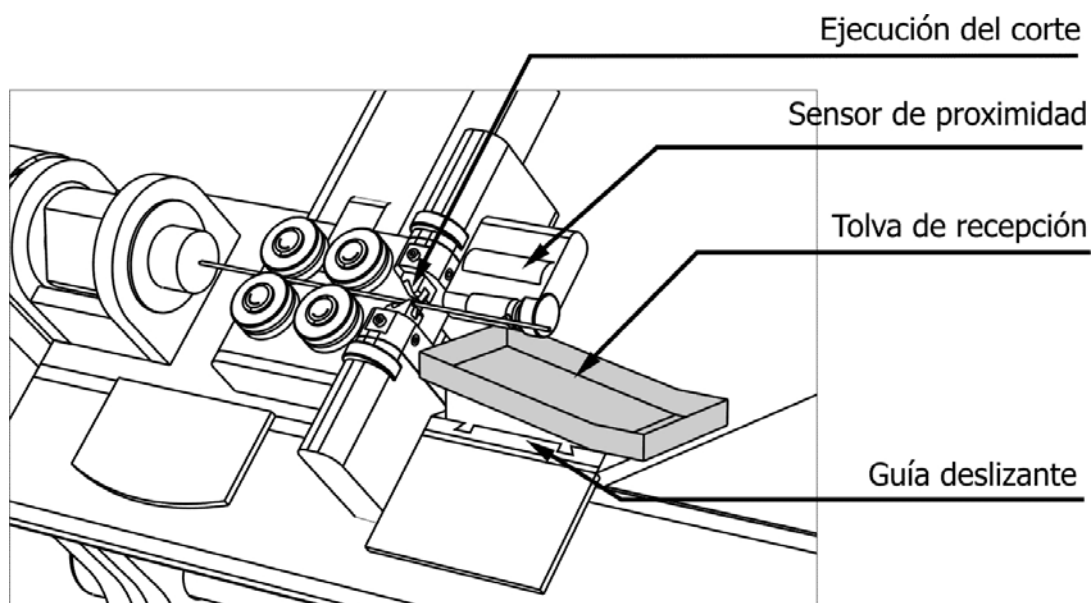


Figura 118. Tolva de recepción de las partes activas.

6.2.4. DISPOSITIVO ENSAMBLE DEL INSTRUMENTAL

Hacia el extremo derecho del sistema se encuentra ubicado el dispositivo diseñado para el empuje de los cuerpos y las partes activas. El diseño es compacto y ofrece inicialmente las funciones de dispensado automático de los cuerpos mediante una rampa inclinada a 45° que facilita su descenso para un posterior prensado.

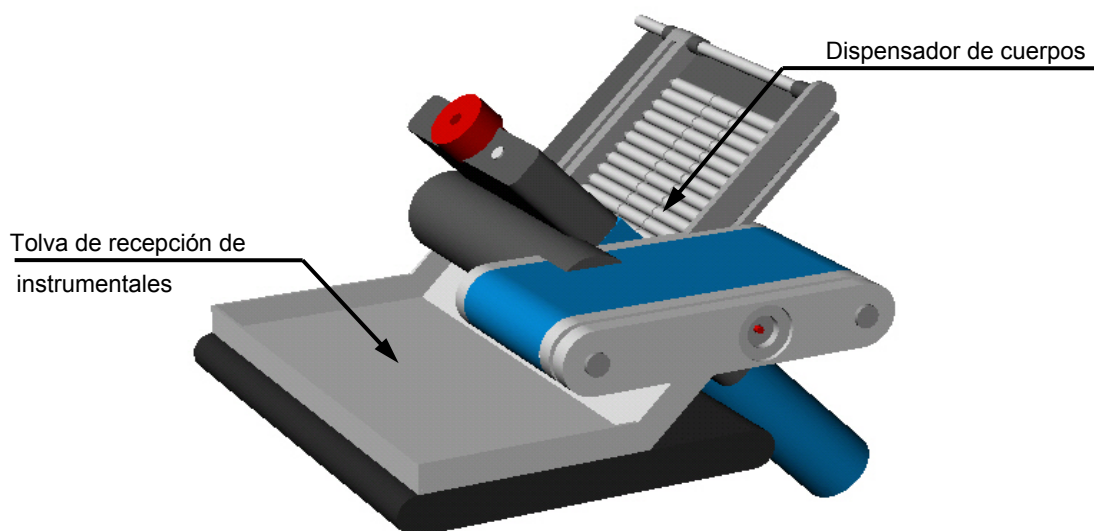
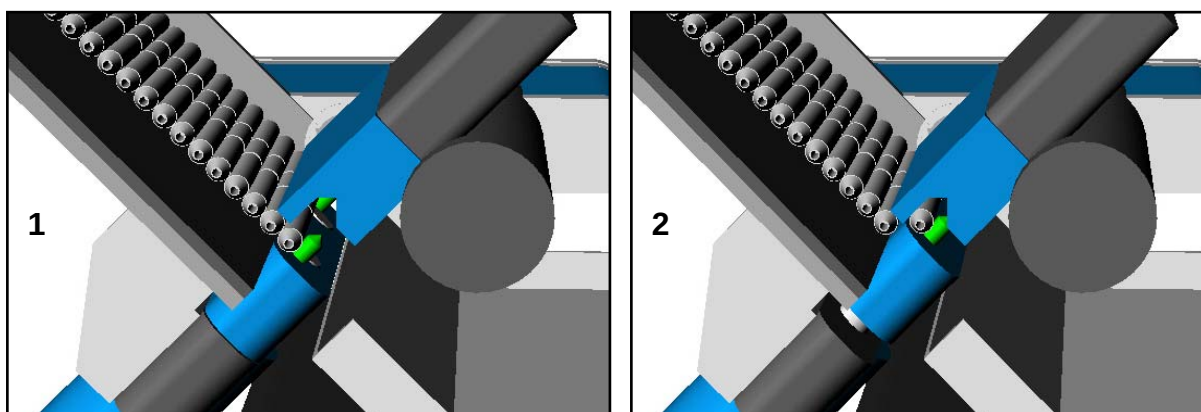


Figura 119. Apariencia del dispositivo empator. Dispensador de cuerpos

El prensado de los cuerpos se realiza mediante la acción de un pistón hidráulico que mueve a un sistema deslizante sobre el que se encuentra situado el cuerpo inferior en la columna del dispensador, tal y como se muestra en la figura.



Avance prensa

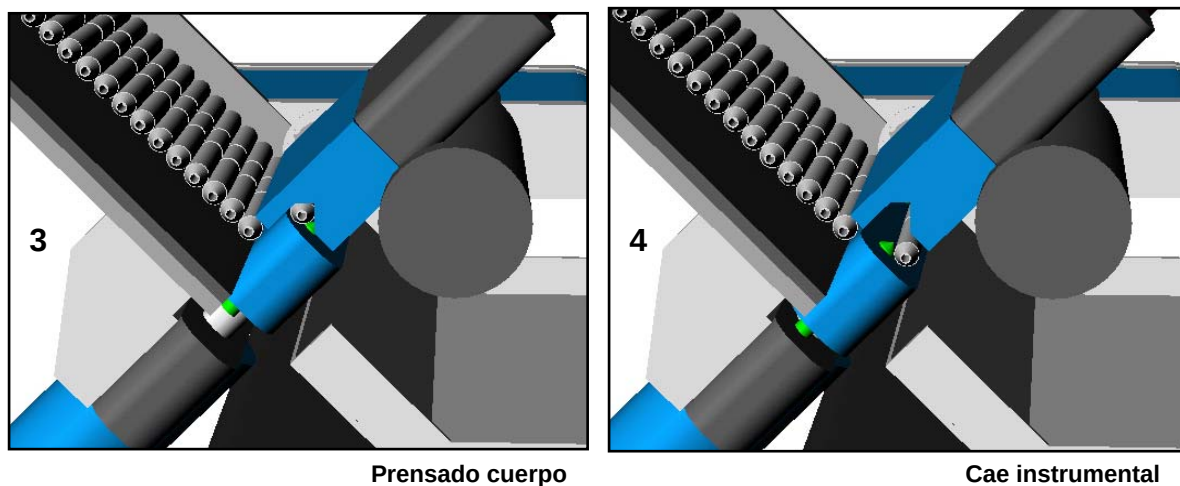


Figura 120. Secuencia de prensado del cuerpo

El dispensador y prensa de los cuerpos cuenta con los espacios adecuados para los tres diámetros de instrumentales que se manejan: $3/16"$, $7/32"$ y $1/4"$, sin la necesidad de realizar ningún ajuste previo. La rampa del dispensador se vale de una pieza deslizante en forma longitudinal con la que se adecuan las longitudes de cada uno de los cuerpos que se manejan.

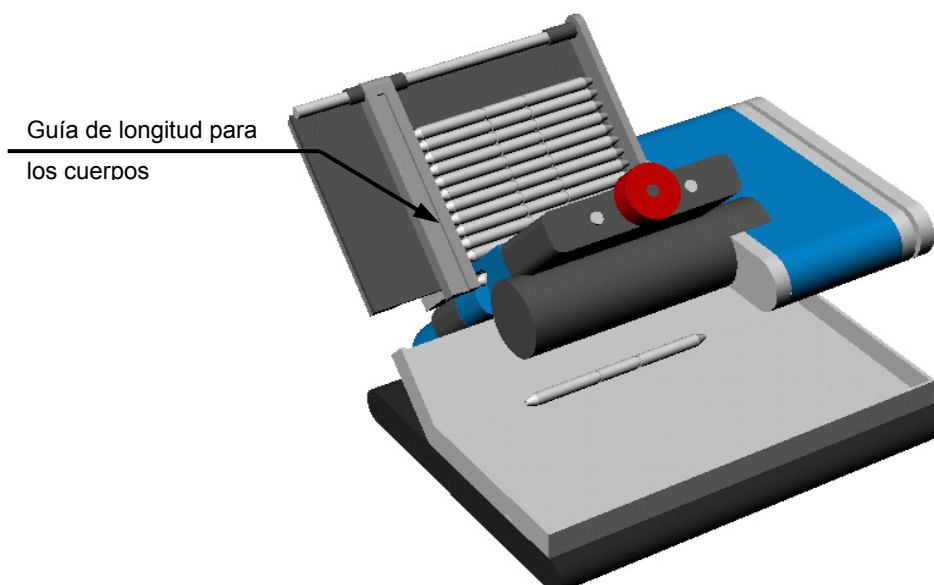


Figura 121. Ubicación de la guía de los cuerpos.

El empuje de los instrumentales utiliza un mecanismo de mordazas con las que se toman y presionan las partes activas en forma lateral, sin la realización de una presión en el extremo de la pieza para evitar que se deformen durante la aplicación de la fuerza del ensamble.

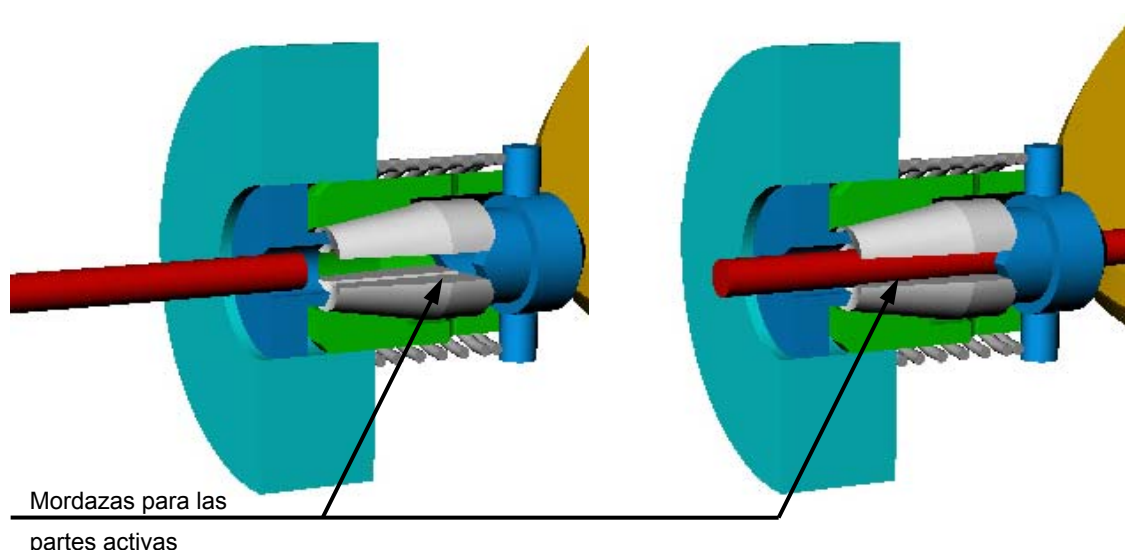


Figura 122. Mecanismo de mordazas.

La distancia a la que se encuentran las mordazas respecto del extremo del cuerpo es de 65 mm, la cual logra que se pueda realizar la operación para cualquier longitud de parte activa sin que se presenten atascamientos en medio del proceso. La acción de la fuerza en esta fase del proceso es realizada por un pistón hidráulico que es accionado manualmente por el operario.

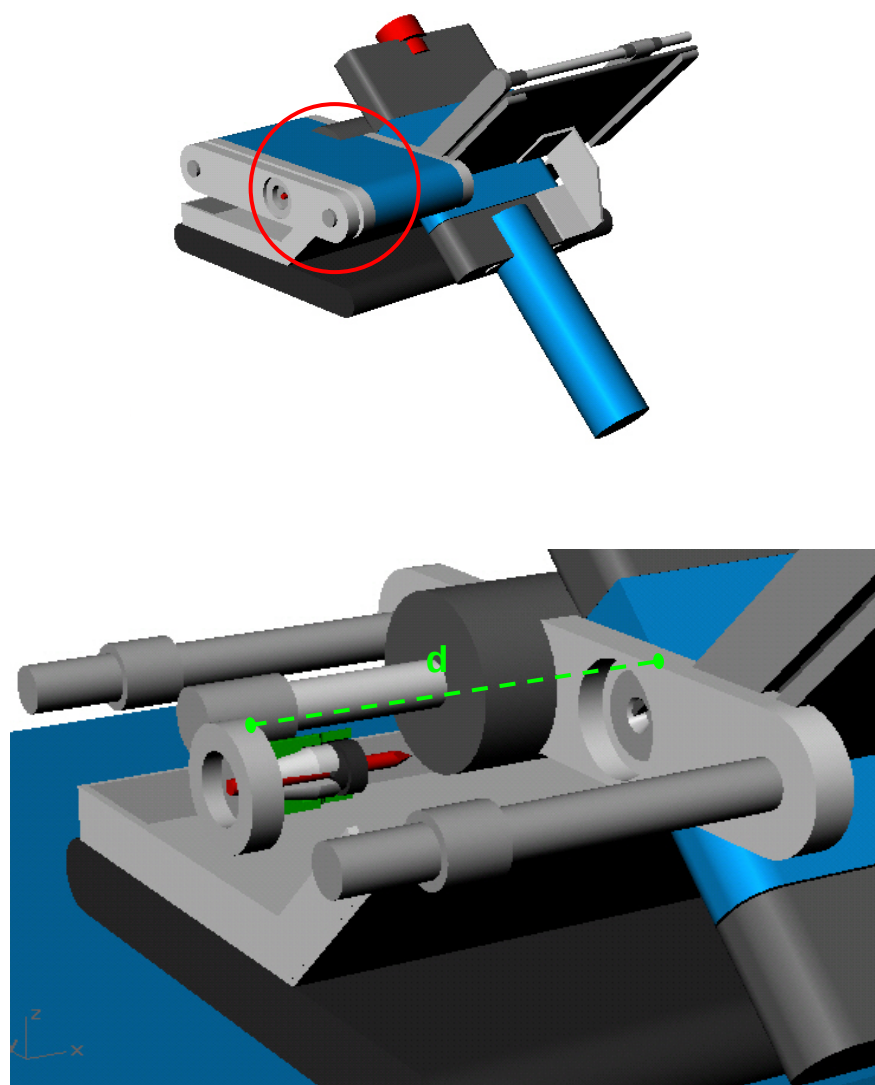
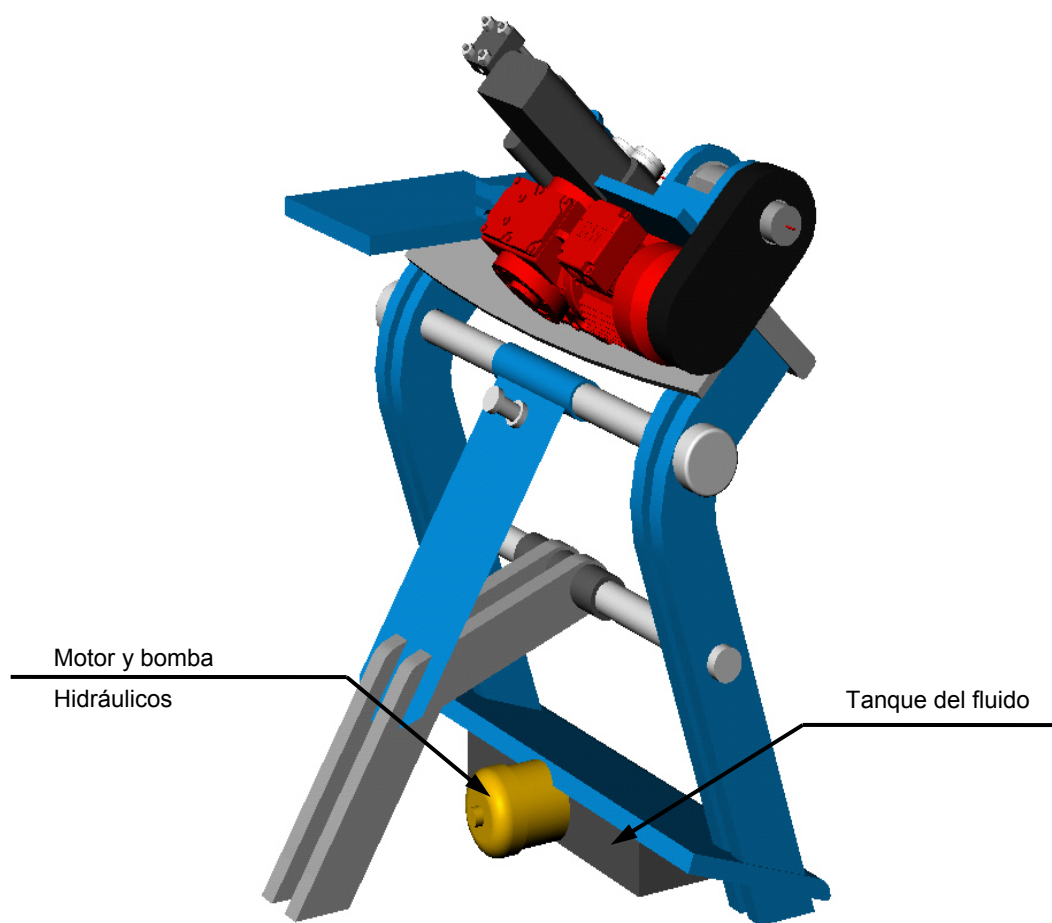


Figura 123. Distancia recorrida para el empuje.

6.2.5. SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico cuenta con varios elementos situados por toda la extensión del sistema contando con los pistones y las mangueras. Los elementos como la bomba, el motor y el depósito del aceite se han localizado en la parte inferior, sobre el suelo haciendo parte de la estructura. De esta manera, podemos desplazar el centro de masa de la máquina hacia abajo logrando mayor estabilidad, y consiguiendo que su diseño cumpla una doble función, al servir de apoya pies para el operario y de estructura.



6.2.6. SISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura del sistema está conformada por 9 piezas ensambladas entre si para dar estabilidad a los elementos que allí se encuentran situados. Dentro de ellas están los soportes inferiores que forman un triángulo equilátero con el que se buscan tres puntos de apoyo dentro del que se sitúe su centro de masa.

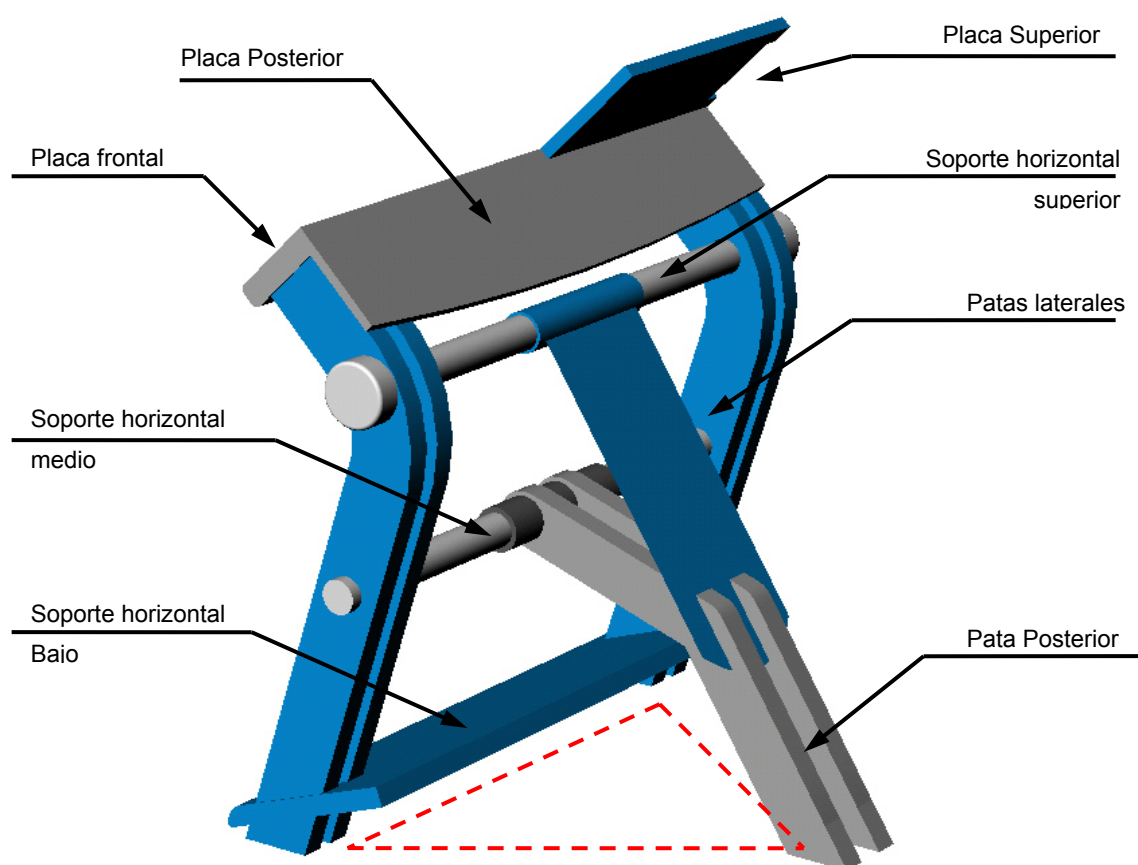


Figura 124. Estructura de la máquina

En la parte superior, la estructura está conformada por tres placas metálicas de gran calibre a las que se presentan una inclinación de 45° con respecto a la

horizontal a fin de dar una mayor visibilidad al operario, ya que allí se encuentran ubicados los elementos que realizan todos los procesos y que son los que entran en contacto con el operario.

En general, la geometría del sistema es sencilla y está generada a partir de la evolución del diseño de todos los componentes que la forman, teniendo en cuenta los aspectos técnicos relevantes como los procesos de fabricación y los materiales encontrados comercialmente.

6.3. SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO

La secuencia de funcionamiento del sistema planteado se ha desarrollado de tal manera que siga un orden lógico y con un modelo conceptual adecuado para el operario, con el fin de evitarle la realización de pasos innecesarios y arbitrarios con los que se pueda llegar a confusiones y por ende, una deficiente realización del trabajo. A continuación se enumeran los pasos a seguir para la realización del trabajo, el cual se puede dividir en dos secciones:

6.3.1. ENDEREZADO, CORTE Y CONICIDAD.

1. El funcionamiento del sistema inicia con la ubicación del rollo de alambre a procesar sobre el respectivo dispositivo de sujeción. Seguido de este paso, y antes de la introducción del material dentro del dispositivo de enderezado, se debe

realizar el montaje del par de boquillas específicas para el calibre de alambre, ya sea delgado (1,5 - 3,0 mm) o grueso (5,0 – 6,5mm).

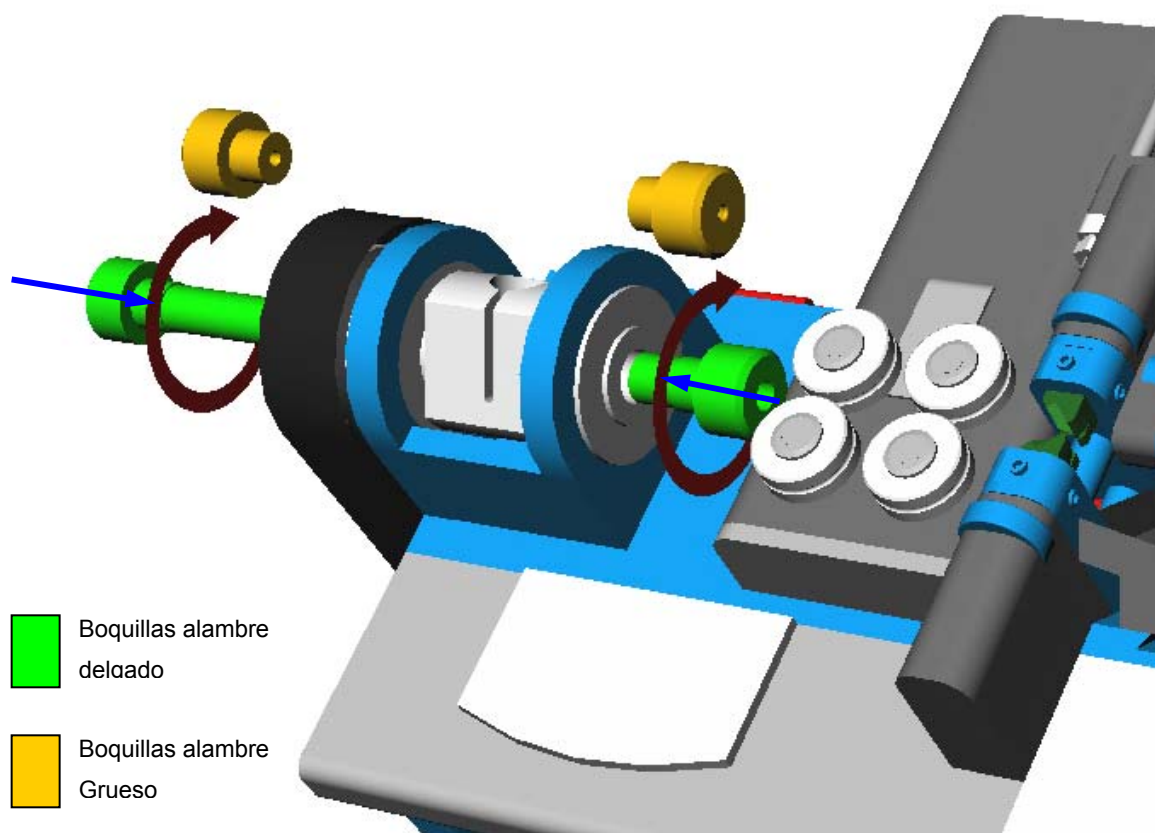


Figura 125. Introducción de las boquillas.

2. Introducción de una porción de alambre cercana a los 30 cm. dentro del extremo izquierdo del enderezador atravesando las dos boquillas y llegando hasta una tercera boquilla que se encuentra localizada después de sección de los rodillos de arrastre que se encuentran abiertos como posición inicial, tal y como lo muestra la figura. Este paso requiere que se levanten las pantallas de seguridad colocadas sobre las secciones del enderezador y rodillos. Debido a que este

montaje es manual, el operario debe asegurarse que lo está realizando en forma correcta y que está utilizando las boquillas adecuadas.

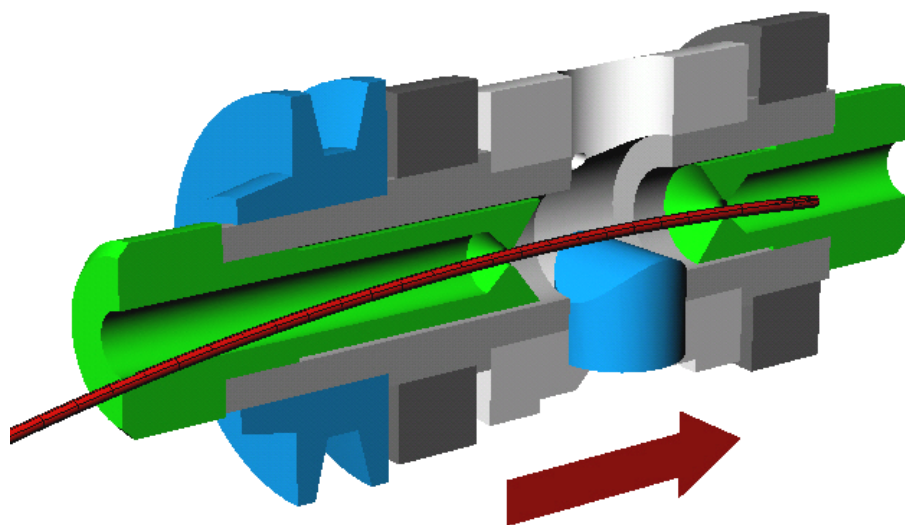


Figura 126. Introducción del alambre

3. Descender manualmente los rodillos de arrastre hasta pisar el extremo del alambre. El pistón de esta sección en el momento en que está apagada la máquina, se encuentra sin presión, de tal manera que no ofrecerá resistencia. Si el sistema eléctrico e hidráulico ya se encuentra encendido, se recomienda apagarlo para poder mover manualmente los rodillos.

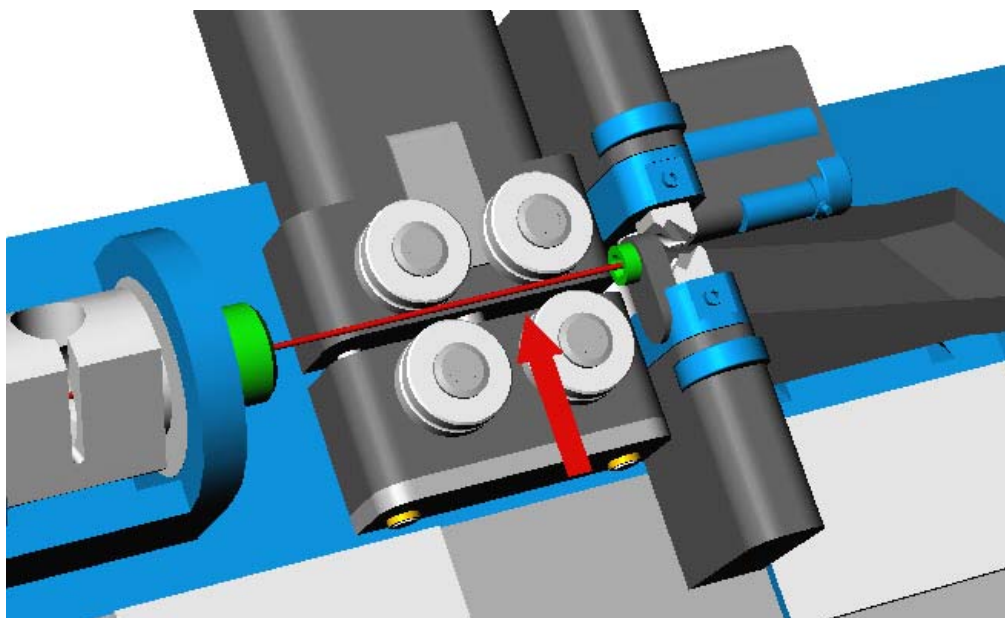


Figura 127. Rodillos móviles y válvula libre.

4. Configurar el enderezador hasta la posición requerida para cada calibre de alambre girando el tornillo Bristol que se encuentra en la parte inferior del dispositivo. Las indicaciones de posición para este desfase se pueden observar directamente sobre la superficie plana y el indicador, como se muestra en la figura.

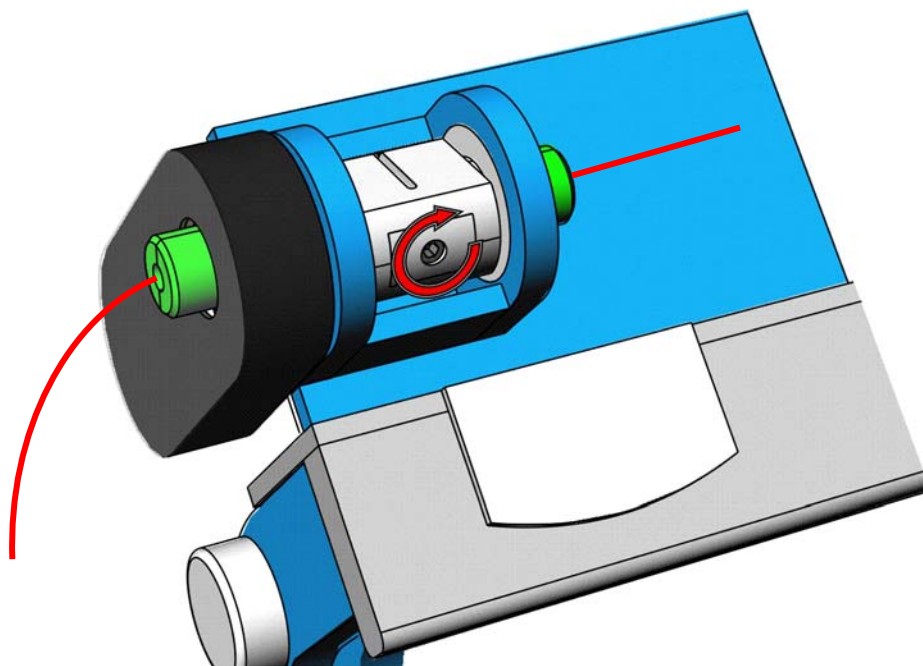


Figura 128. Uso del enderezador

5. Se da encendido a la totalidad del sistema, oprimiendo el botón de **encender**, ubicado en el centro de panel de control, con el cual se activan los sistemas eléctrico e hidráulico, estado que se puede evidenciar con el encendido led próximo a dicho botón. La primera operación será el ascenso del troquel de corte e inversamente el de los rodillos aplica la fuerza sobre el tramo del alambre.

6. Cuando no se haya efectuado un correcto prensado por los rodillos de arrastre al momento del encendido, el operario podrá apartarlos y aproximarlos manualmente abriendo la pantalla de protección de esta sección, lo cual enciende el led que corresponde a su alarma y retira la presión sobre el pistón. Cerrándola nuevamente se apaga la alarma y se recupera la presión ejercida sobre el alambre.

7. El último paso del montaje es especificar la longitud a la que se desean cortar las puntas del instrumental, mediante la operación manual de la perilla que desplaza horizontalmente al sensor de proximidad. La superficie inclinada indica numéricamente dicha longitud, para la cual la mínima está especificada en 15 mm, y la mayor en 80 mm.

8. El operario podrá iniciar la ejecución del enderezado cuando lo desee, para lo cual, deberá digitar sobre el teclado el número a las piezas que desee cortar. Cuando se están procesando alambres de calibre grueso (superiores a los 3,5 mm), no se podrá realizar el corte porque la máquina no está capacitada para ejercer dicha fuerza, por lo que el operario deberá indicar que el número de puntas en cero (número que viene por defecto). Posterior a esta programación se oprime el botón de **aceptar** para iniciar con el proceso, en caso de equivocación se puede utilizar el botón **borrar** para cambiar el número introducido.

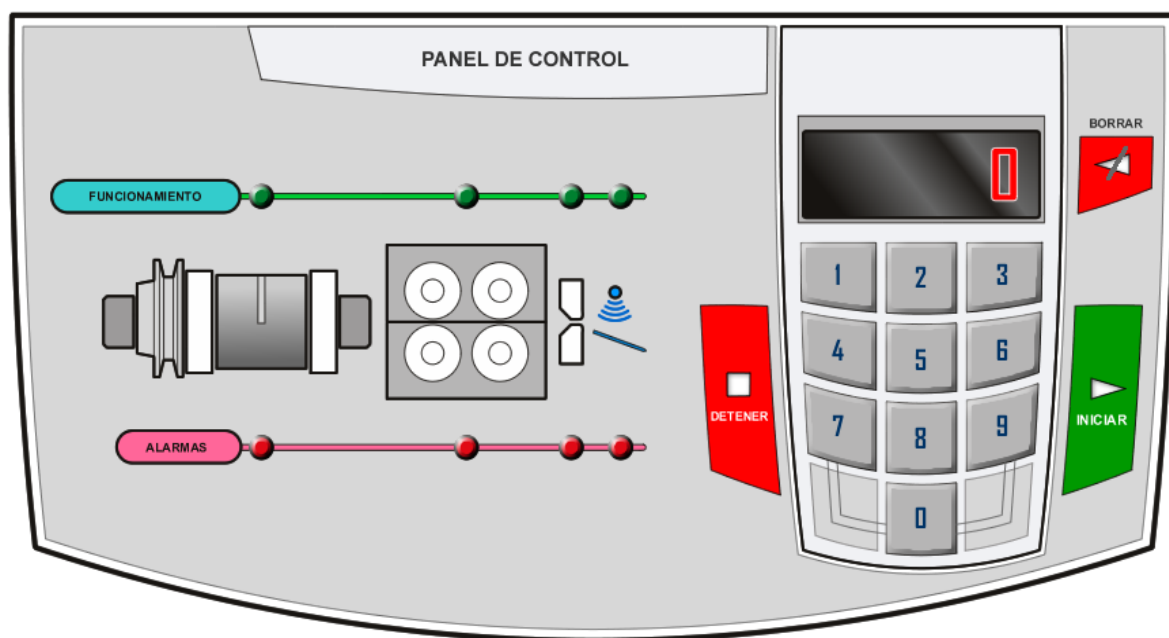


Figura 129. Apariencia del panel de control

9. Inmediatamente se oprime el botón de **inicio**, comienza el movimiento del motorreductor que transmite el movimiento de rotación del enderezador a alta velocidad y el arrastre de los rodillos a baja velocidad, con lo que el material avanza a una razón de 1,8 cm/seg, y atraviesa la sección de corte hasta llegar a la región en que es detectado por el sensor de proximidad.

10. Cuando el sensor detecta la presencia del material, envía una señal eléctrica hacia la válvula que controla al pistón de corte haciendo que éste descienda verticalmente, al mismo tiempo que el pistón de los rodillos se contrae para evitar que siga avanzando el material.

11. Posterior al corte de una parte activa, el sensor queda inhabilitado temporalmente mientras el troquel retrocede, de tal manera que se da el tiempo necesario para que la pieza cortada caiga a la tolva de recepción. Cuando se habilita nuevamente y se detecta la siguiente parte activa, simultáneamente se emite la señal para reducir en uno el número de piezas a cortar que se muestra sobre el display. Cuando éste número llega a 1, se interrumpe la operación apagando el motorreductor para evitar el avance de material, finalizando la secuencia.

Casos especiales

- La operación no podrá realizarse una vez oprimido el botón de **aceptar** si no se encuentran las pantallas de protección ubicadas sobre el enderezador, los

rodillos de arrastre. En tal caso se encenderán automáticamente los leds de alarma correspondientes a cada una de estas pantallas, acompañados de un sonido intermitente generado por el búzer. Una vez cerrada la pantalla de protección, se deberá oprimir nuevamente el botón de **aceptar** para comenzar con el proceso.

- Cuando el operario indique que el número de cortes es cero, el sensor queda inhabilitado, es decir que no enviará ninguna señal a la electro válvula del pistón de corte. En el caso en que el operario digite un número de cortes para un alambre cuyo calibre supere los 3,5 mm, este número sobre la pantalla será cero una vez se oprima **aceptar**, gracias al interruptor ubicado en la zona de arrastre, con lo que no se realizará ningún corte.
- En el caso en que la pieza no haya sido cortada por completo, el sensor la detecta y genera la señal para realizar nuevamente el corte, si esta situación se repite, se enciende la alarma de atascamiento de material. Para esta situación se requiere que sean ajustados los troqueles o llevados al afilado.

6.4. RELACIÓN USUARIO MÁQUINA

El sistema fue diseñado de acuerdo a los requerimientos anteriormente expuestos y a las medidas antropométricas de un hombre promedio (ANEXO E).

6.4.1. RELACIÓN DIMENSIONAL HOMBRE – MÁQUINA

Los elementos están organizados para evitar las excesivas extensiones de las extremidades superiores. Para que el operario manipulara los mandos y controles de una manera adecuada, el ángulo de trabajo fue inclinado 45° con respecto a la horizontal impidiendo las posturas estáticas prolongadas del cuello que crean traumas en los músculos de la región cervical.

Los controles están distribuidos de tal manera que se indique el orden de funcionamiento de la máquina.

En la interacción del hombre máquina las posiciones adoptadas para el correcto desempeño en el puesto de trabajo dependen de la zona así:

- Zona 1 : enderezado y corte
- Zona 2 : ensamble

6.4.1.1. Zona 1 : enderezado y corte

En esta parte del sistema se encuentran los mandos que dirigen el sistema de potencia de enderezado y arrastre y el sistema hidráulico de todo el conjunto. Aquí el operario da la orden de inicio con cada especificación de corte de acuerdo al número de partes activas a ensamblar; con el fin de evitar mala interpretación del funcionamiento y posteriores errores en el sistema se

diligencia junto con la máquina un folleto de funcionamiento y mantenimiento que se explica en el capítulo 7.

El comienzo de las tareas se hace cuando el operario introduce el alambre en el enderezador como se muestra en la figura. En esta zona el operario debe adoptar dos posiciones; la primera de flexión donde el trabajador debe agacharse para disponer el rollo de alambre en los rodillos de reposo. Esta posición es de gran riesgo en particular para la espalda y los brazos cuando se levantan pesos altos de manera repetitiva; aunque en este caso se exceptúa, ya que la operación se realiza únicamente cuando se necesita enderezar un nuevo calibre de alambre. El peso del rollo varía de acuerdo al calibre y los kilogramos de alambre que vengan en él, así entre más alambre se utilice el peso del rollo disminuye.

Es conveniente entonces recordar que los objetos se deben agarrar firmemente con la mano y ser levantados cerca del cuerpo, pues de otro modo los músculos de la espalda y los ligamentos estarían sometidos a tensión aumentando así la presión en los discos intervertebrales.

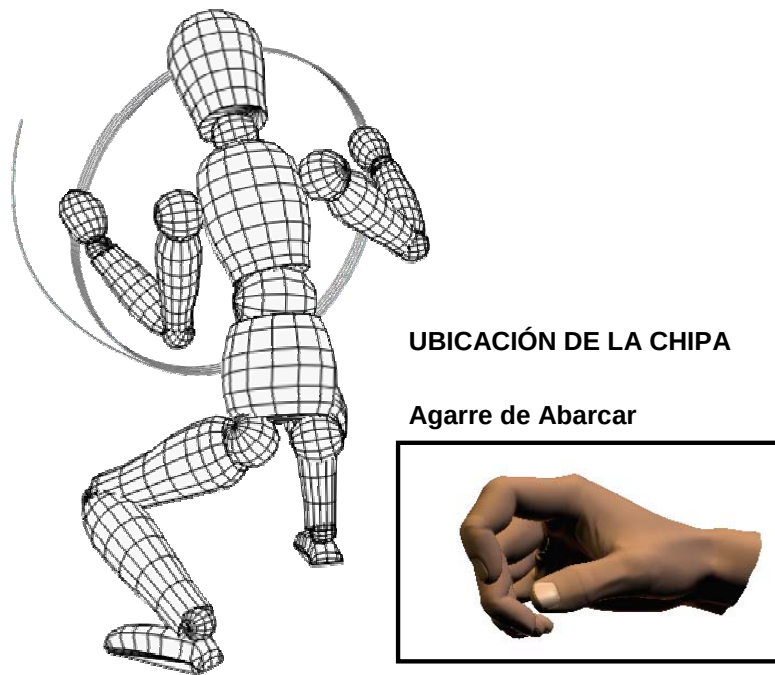


Figura 130. Posición adoptada para disponer la chipa en la máquina

Luego de la colocación del rollo en su lugar el operario debe adquirir una segunda posición, la bípida, para la introducción del alambre en el dispositivo de enderezado y arrastre; luego de esto gradúa el enderezador siguiendo atento las especificaciones descritas en el manual para el calibre de alambre utilizado. El instante de tiempo que utiliza para programar la máquina según la tarea del día es poca y no se ven afectados los músculos inferiores por esta posición al punto de la fatiga.

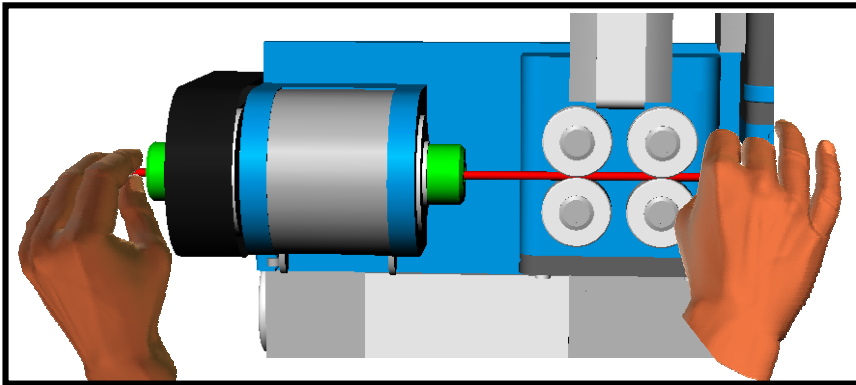
UBICACIÓN DEL ALAMBRE

Figura 131. Colocación del alambre en la zona de enderezado y arrastre

Los botones de mando son tipo teclado pulsador y teclado sensitivo dimensionalmente regido por parámetros ergonómicos como demuestra la figura.

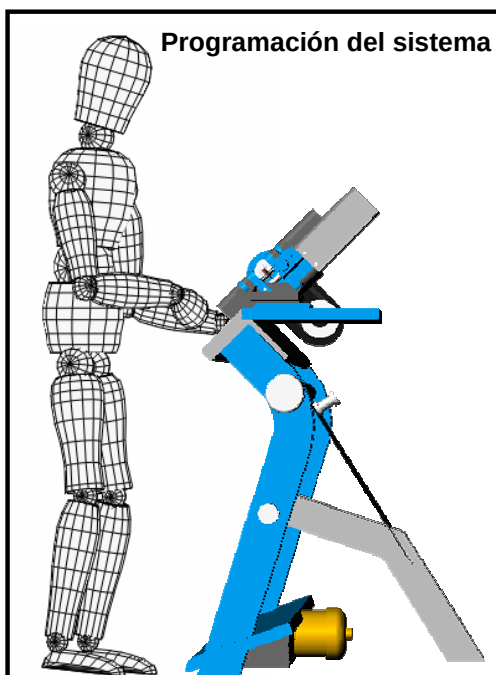


Figura 132. Posición adoptada por el operario para programar el sistema



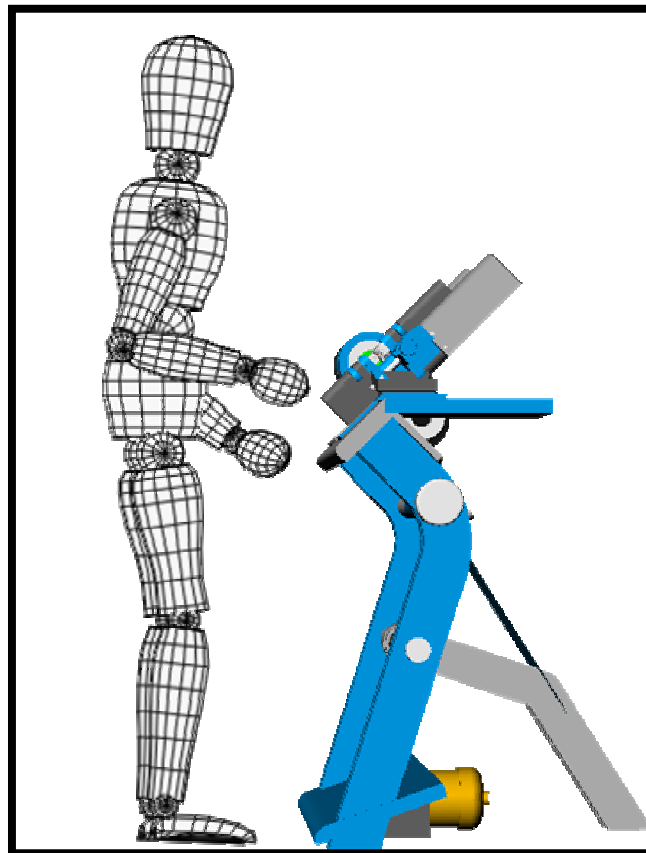
Tablero de Control

Panel de control

6.4.1.2. Zona de ensamble

Gracias a la configuración eléctrica del sistema el corte de alambre se realiza automáticamente y es necesario un control de calidad en esta sección del proceso. Es entonces imprescindible la adaptación de un puesto de trabajo aledaño que realice frecuentemente un análisis de las piezas troqueladas para detectar posibles fallas en el sistema o el dispositivo de corte y que manipule y controle acertadamente el ensamble del instrumental por medio de un botón situado en esta zona del conjunto.

El mesón de trabajo es uniforme para todo el sistema lo que indica una altura de 90 cms en la zona de ensamble y un espacio inferior que permite los cambio de posición de las piernas.

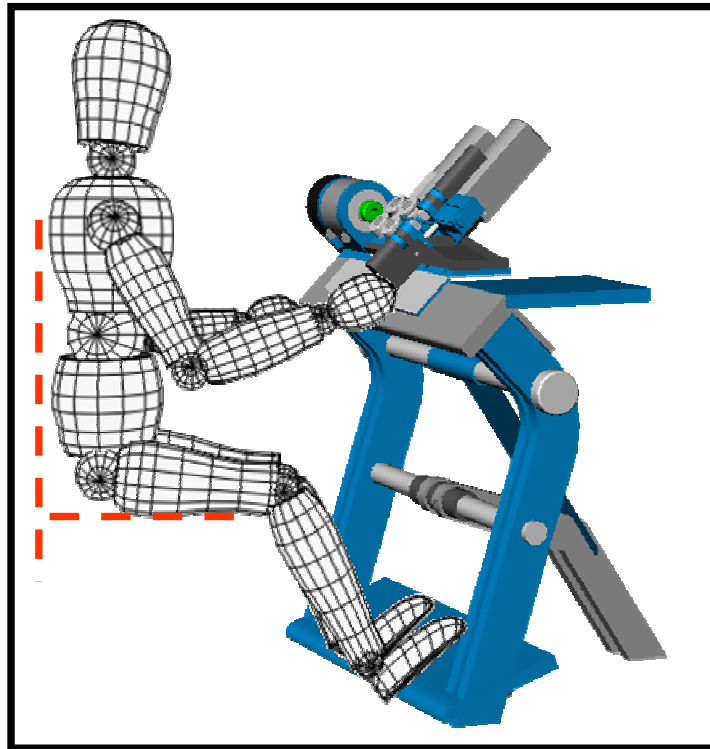


El operario en posición sedente cuenta con un apoya pies de 15 ° de inclinación para el descanso de las extremidades inferiores y para el trabajo de precisión que requiere gran exigencia visual.

Sugiriendo para el asiento los siguientes ítems de confort:

- Anchura del asiento entre 400 y 450 mm
- Profundidad entre 380 y 420 mm

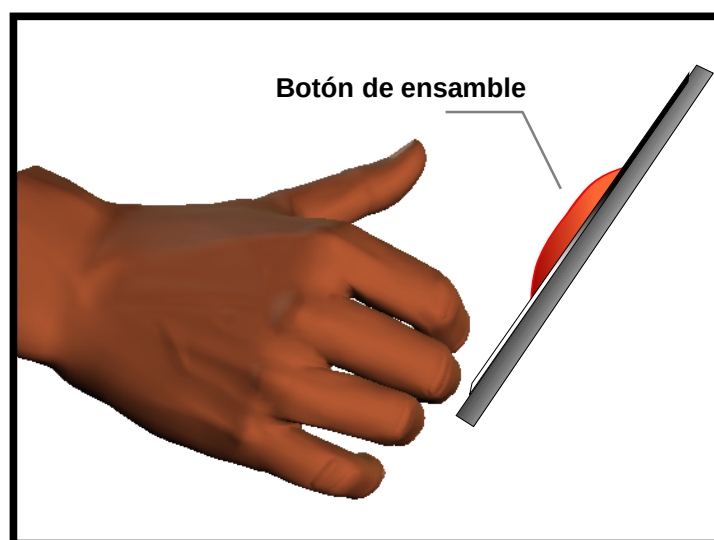
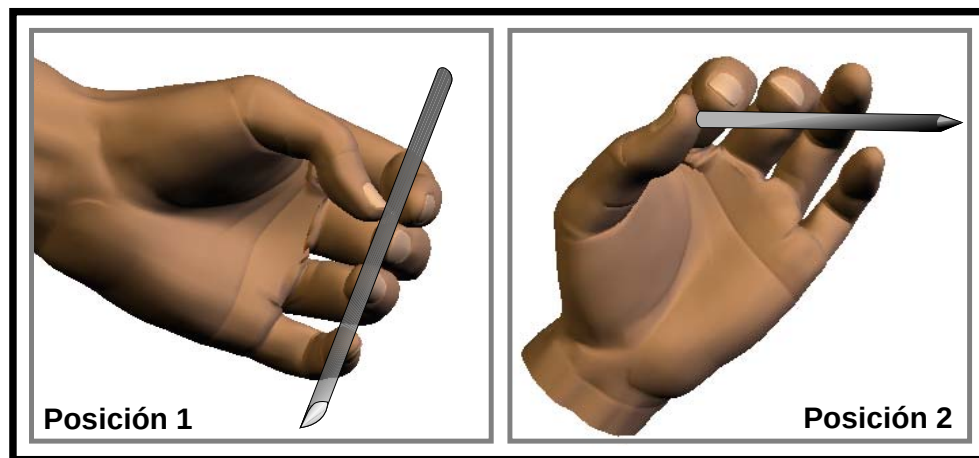
- Acolchado de 20 mm, recubiertos con tela flexible y transpirable
- Respaldo alto con apoyo lumbar que permite sostener la totalidad de la espalda relajando los músculos reduciendo la fatiga.
- Altura del respaldo 450 a 500 mm, mismo material del asiento



Los mecanismos de la máquina y cada elemento que la compone se encuentran al alcance del operario restringiendo extensiones de las extremidades superiores que conllevan a grandes dolencias y fatiga musculares.

La programación del sistema de ensamble se efectúa en el tablero ubicado en la parte derecha, de allí el operario comienza su labor de identificación de desperfectos y ensamble del instrumental. Una vez los cuerpos se ubican en la

tolva de recepción se gradúa su longitud con una guía y luego el operario adopta una posición sedente para el ensamble. Las partes activas son tomadas con un agarre de pinza con dos dedos y dispuestas hasta el tope en la boquilla de las mordazas, inmediatamente después el operario presiona el botón de ensamble finalizando así un ciclo de trabajo del sistema.



6.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL: CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE LOS MATERIALES HIDRÁULICOS, MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

El corte de alambre está especificado para calibres pequeños, que van desde los 1,5 hasta 3,0 mm. El diseño de los troqueles requiere que la fuerza aplicada en forma rectilínea y en el mayor de los casos sea cercana a 1200 kgf (12000 Nw), por lo que se realizó la elección de un pistón hidráulico de acuerdo a las características de funcionamiento del sistema de potencia. El sistema hidráulico otorga más fuerza en un espacio mucho menor contrario al sistema neumático (anexo F)

Los troqueles para el corte de acero inoxidable requieren que su fabricación sea en acero (ver sus características técnicas en el anexo F) con temple a 58 HRC para adquirir mayor tenacidad y 3 revenidos con los que se eliminan las tensiones sobre la superficie del material luego del temple. La recomendación acerca del manejo de dichas cuchillas se puede encontrar en el manual de funcionamiento y mantenimiento.

El recorrido necesario para el corte se establece en 20 mm, que es igual al avance del pistón hidráulico que cuenta con un sensor a cada extremo, con el fin de evitar el inicio o el final de cada ciclo de operaciones en el lugar en que no corresponde.

La secuencia combinada entre el avance del material y la ejecución del corte, se realiza de manera recíproca, de manera que, en el momento en que el pistón de los rodillos presiona al material para generar el avance, los troqueles se encuentran separados y viceversa. Tal acción permite que no se presente avance de material cuando se está cortando para evitar una reacción inesperada en el funcionamiento total.

Con el fin de realizar un enderezado uniforme por toda la longitud del alambre se requiere que el avance del material se realice en forma lenta y uniforme, cercanas a los 5 cm/seg, comparada con la velocidad requerida para la rotación del sistema, la cual se ha estimado en unas 1200 rpm.

La fuerza necesaria para proporcionar un arrastre continuo deberá estar cercana a los 125 kgf. Dichos requisitos de velocidad y fuerza requieren de la utilización de un motorreductor para el que se ha realizado una selección de acuerdo a las condiciones del fabricante que se encuentra consignada en los anexo F. La transmisión de la fuerza y velocidad de avance se realizará directamente hacia uno de los rodillos de arrastre por medio de un eje, mientras que la transmisión de alta revolución se realizará por medio de poleas y correas trapezoidales, seleccionadas por medio de los criterios utilizados a continuación.

SELECCIÓN DEL MOTOREDUCTOR

El motor a utilizar se adaptará al dispositivo de enderezado. La velocidad angular del motor se toma de acuerdo a las pruebas hechas para la selección del dispositivo en el torno mecánico y la potencia de acuerdo a las tablas de motores de sew eurodrive.

Los criterios de selección del motor abarcan varios puntos importantes entre ellos:

- El motor a seleccionar tendrá doble salida con el fin de adaptar un reductor a un extremo que pueda impulsar los rodillos de arrastre y le otorguen una velocidad de avance de alambre menor a 5 cm/seg.
- La distancia entre ejes requerida para el montaje debe ser mayor de 30 cms.
- La potencia será adaptable, de acuerdo al torque necesario para vencer la inercia de rotación de la jaula como para el arrastre del alambre en los rodillos.

MOTOR

Potencia: $\frac{1}{2}$ Hp

Torque máximo de salida: 245 Nm

Velocidad de entrada: 1400 rpm

Velocidad de salida del moto reductor: 8.7 rpm

Masa: 22 Kg

Referencia sew eurodrive trifásico: SAF 57 DT 71D4

SELECCIÓN DE POLEAS

$$W_{\text{mototr}}: 1400 \text{ rpm} = 146.6 \text{ rad/seg}$$

$$R_{\text{espigo}}: 1.5 \text{ cms}$$

$$\text{Entonces } V = W \times R$$

De donde V es la velocidad tangencial, W la velocidad angular y R el radio del espigo del motor.

Se necesita que la velocidad angular de la jaula sea 1100 rpm (115.19 rad/seg); y suponiendo que el radio de la polea 1 sea de 2.5 cms, se tiene

$$V_{\text{polea1}} = W_{\text{polea1}} \times r_{\text{polea1}}$$

$$W_{\text{polea1}} = W_{\text{motor}}$$

$$V_{\text{polea1}} = 146.6 \text{ (rad/ seg)} \times 0.025 \text{ (mts)}$$

$$V_{\text{polea1}} = 3.66 \text{ mts/seg}$$

$$V_{\text{polea1}} = V_{\text{polea2}}$$

$$W_{\text{polea2}} = W_{\text{jaula}}$$

$$r_{\text{polea2}} = V_{\text{polea2}} / W_{\text{polea2}}$$

$$r_{\text{polea 2}} = 3.66 \text{ (mts/seg) } / 115.19 \text{ (rad/seg)}$$

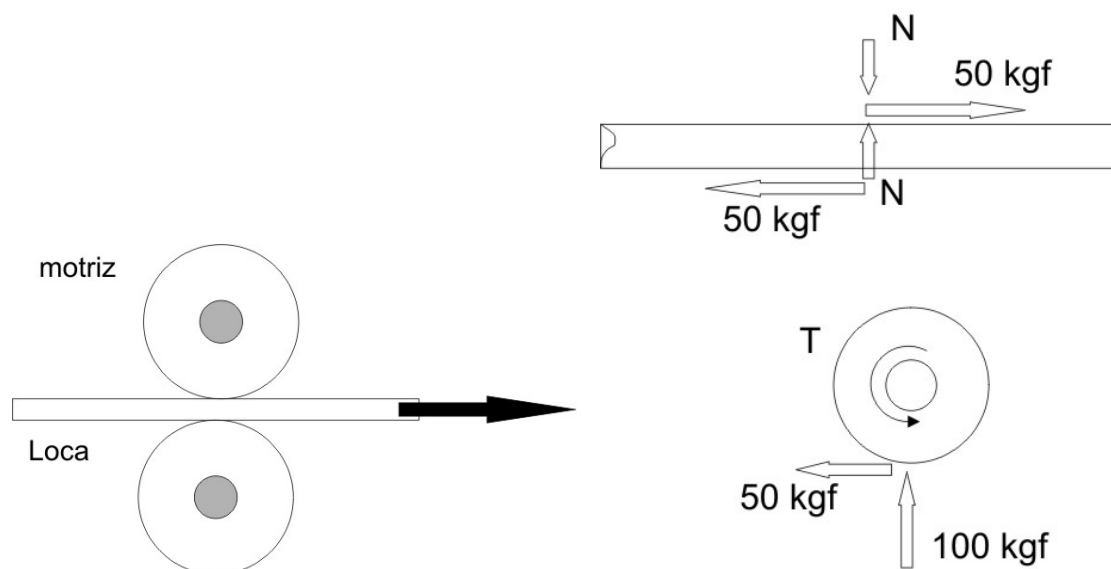
$$r_{\text{polea 2}} = 0.032 \text{ mts} = 3.2 \text{ cms}$$

Las poleas se consiguen comercialmente en aluminio. Las correas para las poleas pueden ser de dos clases:

- a. Correas trapezoidales:
 - Más económicas
 - Menos durables
 - Menos eficientes
- b. Correas planas:
 - Más costosas
 - Mayor duración
 - Mayor eficiencia

DISEÑO DE LOS EJES

Dato conocido $F_{aw} = 50 \text{ kgf}$. Suponiendo Velocidad constante. En todos los cálculos la notación $kg = kgf$.



$$T = F * R = 50 \text{ kg} * 2.5 \text{ cm}$$

$$T = 125 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$Pot \text{ minima} = \frac{TN}{K} = \frac{(125 \text{Kg} - \text{cm}) * (8.7 \text{ rpm})}{71620} = 0.015 \text{ cv} * \frac{1 \text{HP}}{1.014 \text{ cv}}$$

$$Pot \text{ minima requerida} = 0.0149 \text{ HP}$$

Los cálculos se hacen en el momento en que la velocidad de arrastre es máxima; aunque esta varía de cero a un máximo y nuevamente toman el valor máximo permite tomar un modelo de velocidad constante para facilitar los cálculos y además trabajar en ecuaciones estáticas.

Para el acceso A [S] 302 (Inoxidables) (formula en frío)

$$\mu = \frac{Sus}{3Syc} \text{ donde } Sus = \text{máxima residencial el corte} = 0.75S$$

$$Syc = \text{limite elástico a compresión} = Syc = 0.58 Sy$$

- Fuente = Diseño de maquinas Robert L. Norton Cap. 7. pag. 477

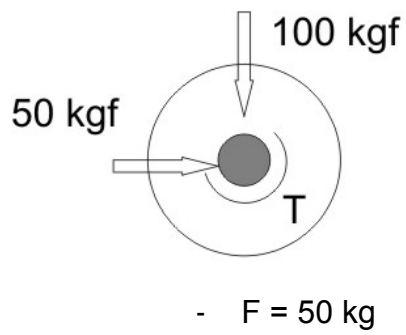
Tomado datos de tabla C-8, pag. 997 $Sut = 190 \text{ ksi}$

$$Sy = 165 \text{ ksi}$$

$$\mu = \frac{0.75 * 190 \text{ksi}}{3 * 0.08 * 165 \text{ksi}} = 0.496$$

$$\text{Tomamos } \mu = 0.5$$

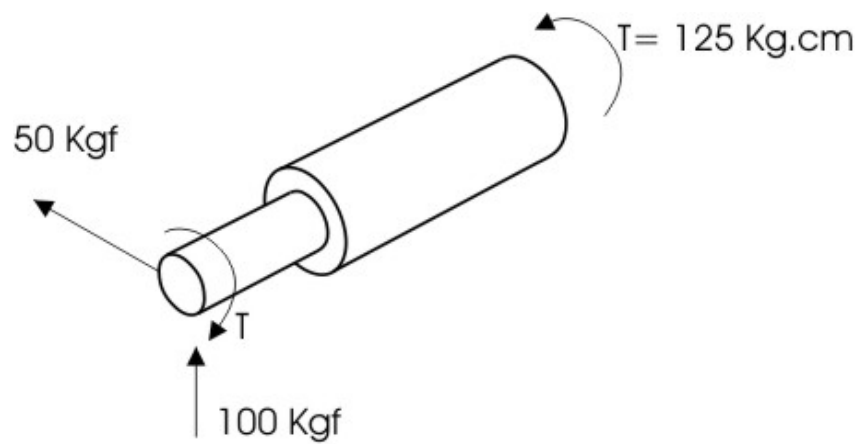
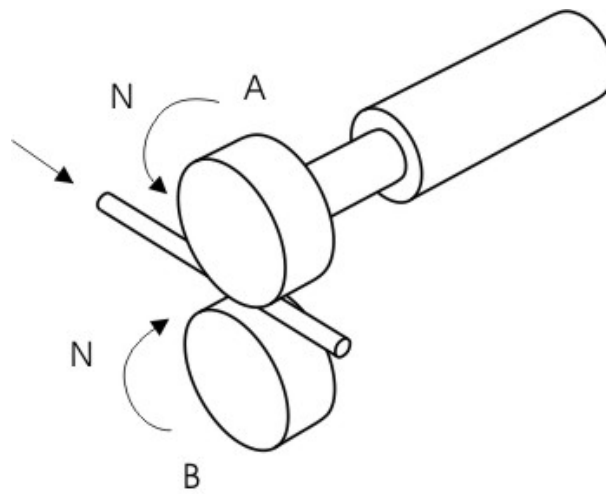
El valor tomado es cercano al correspondiente al coef. De fracción dinámico entre superficies de acero dúctil en seco lo que indica un resultado coherente.



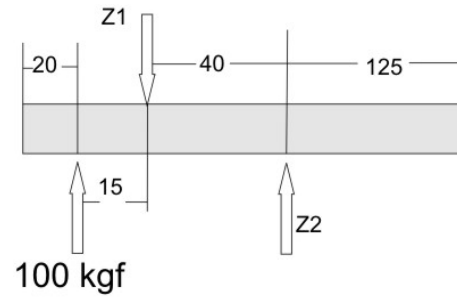
$$N = \frac{F}{\mu} = \frac{50 \text{ kg}}{0.5} = 100 \text{ kg}$$

La carga que pesa el eje es:

- $N = 100 \text{ kg}$



$$T = 125 \text{ kg.cm}$$



1.) Estática

$$\Sigma M_{xO} = 100kg * 15mm = Z_2 * 40mm$$

$$Z_2 = 37.5kg$$

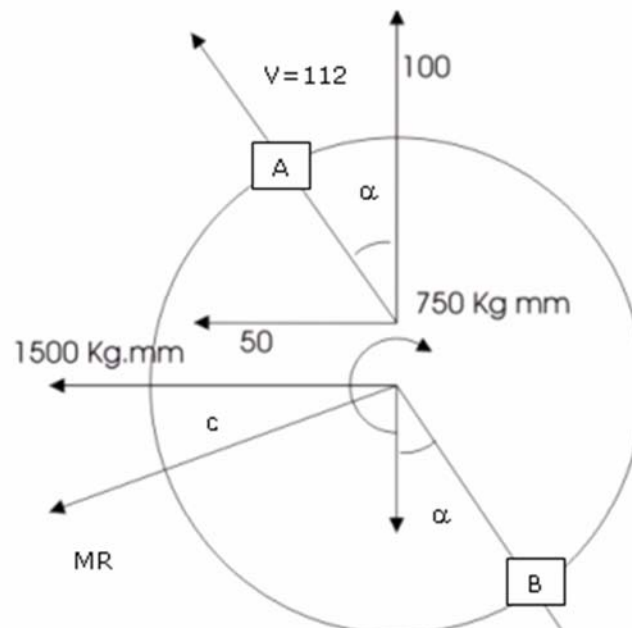
$$\Sigma F_z = \theta Z_1 = Z_2 + 100$$

$$Z_1 = 137.5KG$$

$$\Sigma M_{z0} = \theta \rightarrow 50kg * 15mm = X_2 * 40mm \Rightarrow X_2 = 18.75kg$$

$$\Sigma F_x = \theta \rightarrow X_1 = X_2 + 50 \Rightarrow X_1 = 68.75kg$$

Sección Crítica O. (En la porción más cercana a la punta hacia -y).



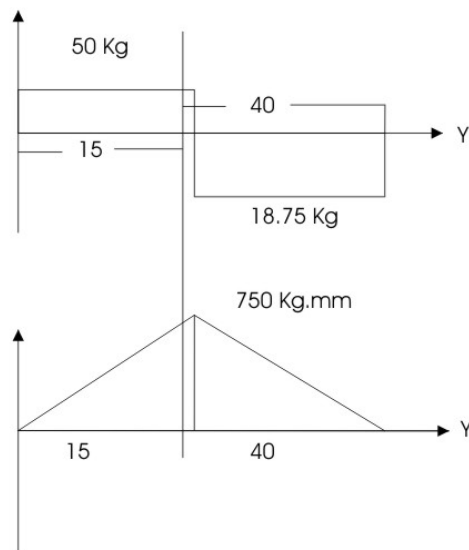
$$\beta = \alpha \Rightarrow V = 0$$

$$MR = \sqrt{1500^2 + 750^2} = 1677 \text{ Kg} - \text{mm}$$

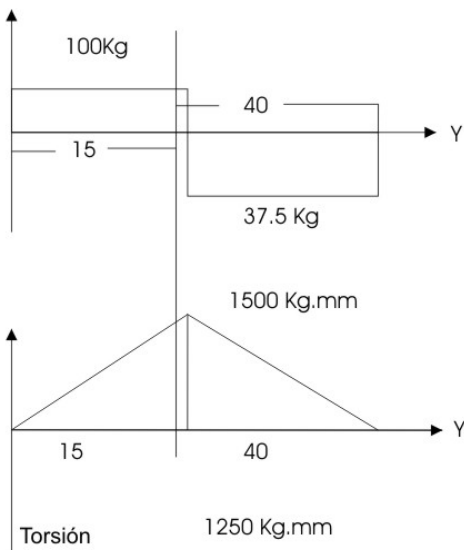
$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{750}{1500}\right) = 26.565^\circ$$

En el punto A $\mathfrak{F}_v$ y $\mathfrak{F}_T$ se suman por lo tanto A es más crítico que B.

Flexión x-y



Flexión y-z



Torsión

1250 Kg.mm

10	15	40	125

$$\sigma_f = \frac{MC}{I} = \frac{M(\frac{D}{2})}{\frac{\pi * D^4}{64}} = \frac{32 M}{\pi * D^3}$$

$$\mathfrak{T}_T = \frac{TC}{J} = \frac{TC}{2I} = \frac{T(\frac{D}{2})}{\frac{2\pi D^4}{64}} = \frac{16T}{\pi D^3}$$

Como el eje ya esta dimensionado se debe mas bien comprobar el factor de seguridad para determinado material.

$$\sigma_f = \sigma_y = \frac{32 * 167.7 kg.cm}{\pi (2cm)^3} = 213.5 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\mathfrak{T}_A = \mathfrak{T}_T + \mathfrak{T}_V = \frac{16(125 kg.cm)}{\pi (2cm)^3} = 80 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{-213.5}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{213.5}{2}\right)^2 + (80)^2}$$

$$\sigma_{1,2} = -106.75 \pm 133.40 \frac{kg}{cm^2} \Rightarrow \sigma_1 = 26.65 \frac{kg}{cm^2} \quad \sigma_2 = -240.15 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 240.15 \frac{kg}{cm^2} \text{ compresión}$$

N es el factor de seguridad recomendado; en este caso, para el diseño de ejes; el cual se puede tomar por: 2.

Por lo tanto cualquier material común en la fabrica de ejes con un $S_y = 5 \text{ kg/mm}$ servirá, y cumplir con el requerimiento de resistencia del eje.

Ahora remitiéndonos al catalogo de SIDELPA. SA (Siderúrgico del pacifico)

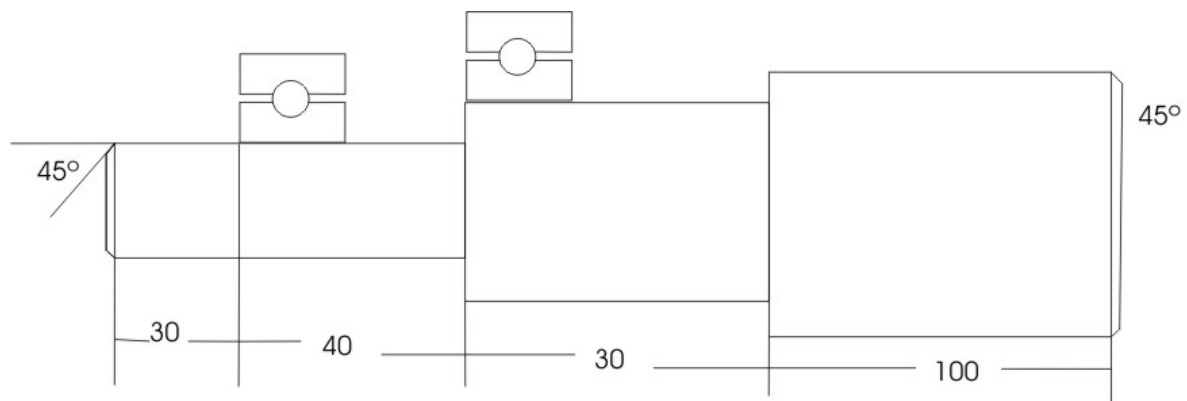
- Fuente. Diseño de maquinas I. Leonidas Vásquez

Escuela de Ingeniería Mecánica UIS.

Los aceros disponibles en perfil redondo que cumple con $S_y = 50 \text{ kg/mm}$ y que normalmente se usan para ejes son:

- Acero 1035 Calibrado $S_y = 50 \text{ kg/mm}$
- Acero 1045 calibrado $S_y = 52 \text{ kg/mm}$ $S_u = 62 \text{ kg/mm}$
- Acero 1060 recocido y calibrado $S_y = 65 \text{ kg/mm}$
- Acero 1016 laminado en caliente $S_y = 20 \text{ kg/mm}$
- Acero 1010 laminado en caliente $S_y = 25 \text{ kg/mm}$

“Cualquiera sirve ya que la pieza está esforzada al mínimo debido a que el torque resistivo solo es necesario para amarrar el cable, el cual es muy bajo”.



Rodamiento en O. (catalogo SKF)

$$D = 20\text{mm} \quad \text{Carga Estática} = \sqrt{100^2 + 50^5} = 112\text{kg} * \frac{2.21\text{lb}}{1\text{kg}} * \frac{4.448\text{N}}{1\text{lb}} = 1096\text{N}$$

Cualquiera de $d = 20\text{mm}$ soporta la carga dinámica así que ahora se mira su diámetro externo $D = 47\text{mm}$, luego el rodamiento en O debe ser

Rodamiento en O: 5204; $B = 14\text{mm}$

Damar - $d = 6\text{mm}$

Rodamiento en D (catalogo SKF)

$$D = 25 \text{ mm Cargo Estático} = \sqrt{37.5^2 + 18.75^2} = 42 \text{ kg} * (2.2) * (4.448) = 412 \text{ N}$$

Nuevamente todos los rodamientos con d = 25 mm soportan cargas superiores a 412 N. Su diámetro externo debe ser D = 47 mm luego debe ser:

Rodamiento en D : 16005; B = 8mm

$$Da_{\max} - d = 7 \text{ mm}$$



$$Pot_{\max} = \frac{TN}{K} \Rightarrow T = \frac{KPot}{N} = \frac{71620 * 0.5 \text{ HP} * \frac{1.014 \text{ cv}}{1 \text{ HP}}}{8.7 \text{ rpm}}$$

$$T_{\max} = 4174 \text{ kg} - \text{cm}$$

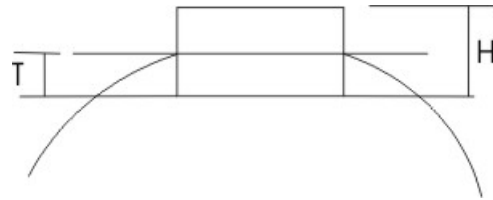
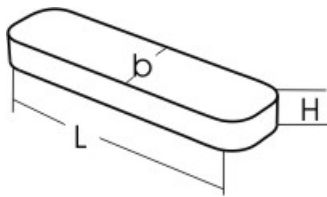
$$T = F_{ch} * r \Rightarrow F_{ch} = \frac{T}{r} = \frac{4174 \text{ kg} - \text{cm}}{1.7 \text{ cm}} = 2455 \text{ kg}$$

Lengüeta engastada de la tabla UNIM 92.

- Fuente: El dibujo Técnico Mecánico Straneo y Consorte. Pág 296.

Arbol Grupo 38>D<48. Aceri 1010 laminado en caliente. $S_y = 25 \text{ kg/mm}^2$

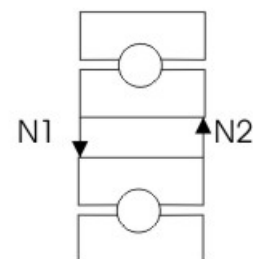
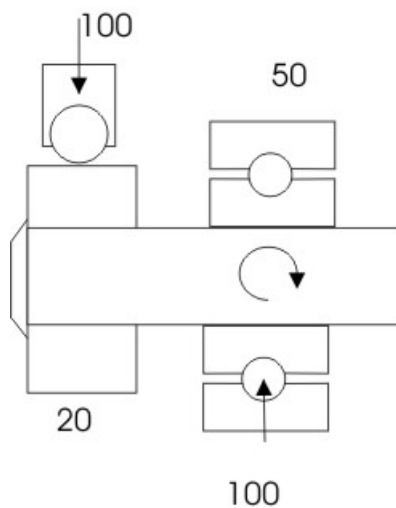
$S_u = 40 \text{ Kg/mm}^2$.



24 mm, es la longitud de la chaveta calculada con un acero 1010 laminado en caliente con $N = 2$.

Es decir de igual factor de seguridad que el eje pero de un material con propiedades inferiores, de manera que en el momento en que se llegase a representar la sobrecarga de 4174 kg.cm la chaveta corre mas peligro de fallar que el eje.

- Prueba de seguridad de los ejes cortos. ($d = 20$ mm)



Si se coloca el mismo rodamiento que en 0: 5204

Y suponiendo que se va a presentar un empotramiento

Detallado con el rodamiento:

La cota “a” el espesor

Del anillo se obtiene de los

Catálogos o de tablas

(UNI 3653). Straneo y consorte Pág. 349

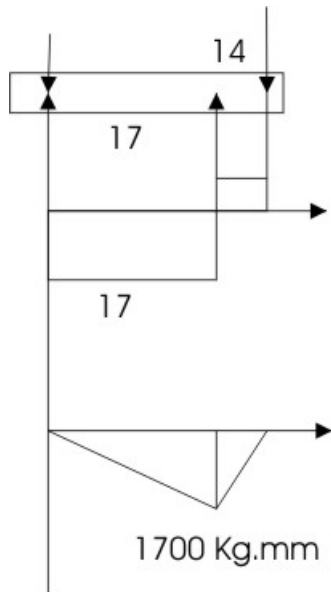
Para $d = 20\text{mm}$ $a = 1.3\text{mm}$

$$14N_1 = 24 \cdot 100 \Rightarrow N_1 = 171.43$$

$$N_2 = 71.43$$

- **Carga**

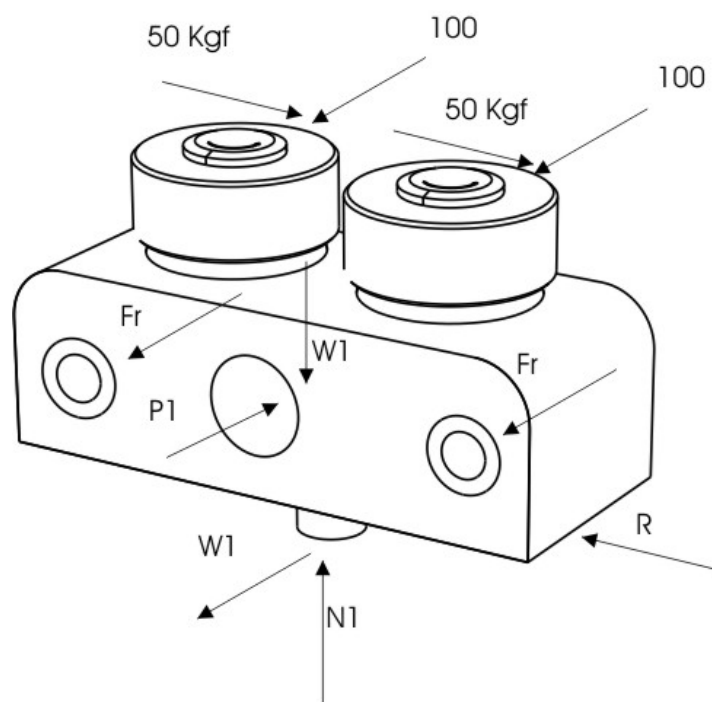
Este eje no tiene torque ya que el rodillo en su extremo es loco Y solo gira por la fracción con el alambre.



Hasta aquí listo todos los ejes (I, II)

Acero $\frac{1016}{1016}$ laminado en caliente

$$N = \angle 2$$



- Modelo para la conexión prisionera – vástago

Modelo aproximado

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{4} - hx$$

$$A_1 = \frac{\pi(14.4)^2}{4} - hx$$

$$A_1 = 162.86 - hx$$

$$A_2 = \frac{\pi X^2}{4}$$

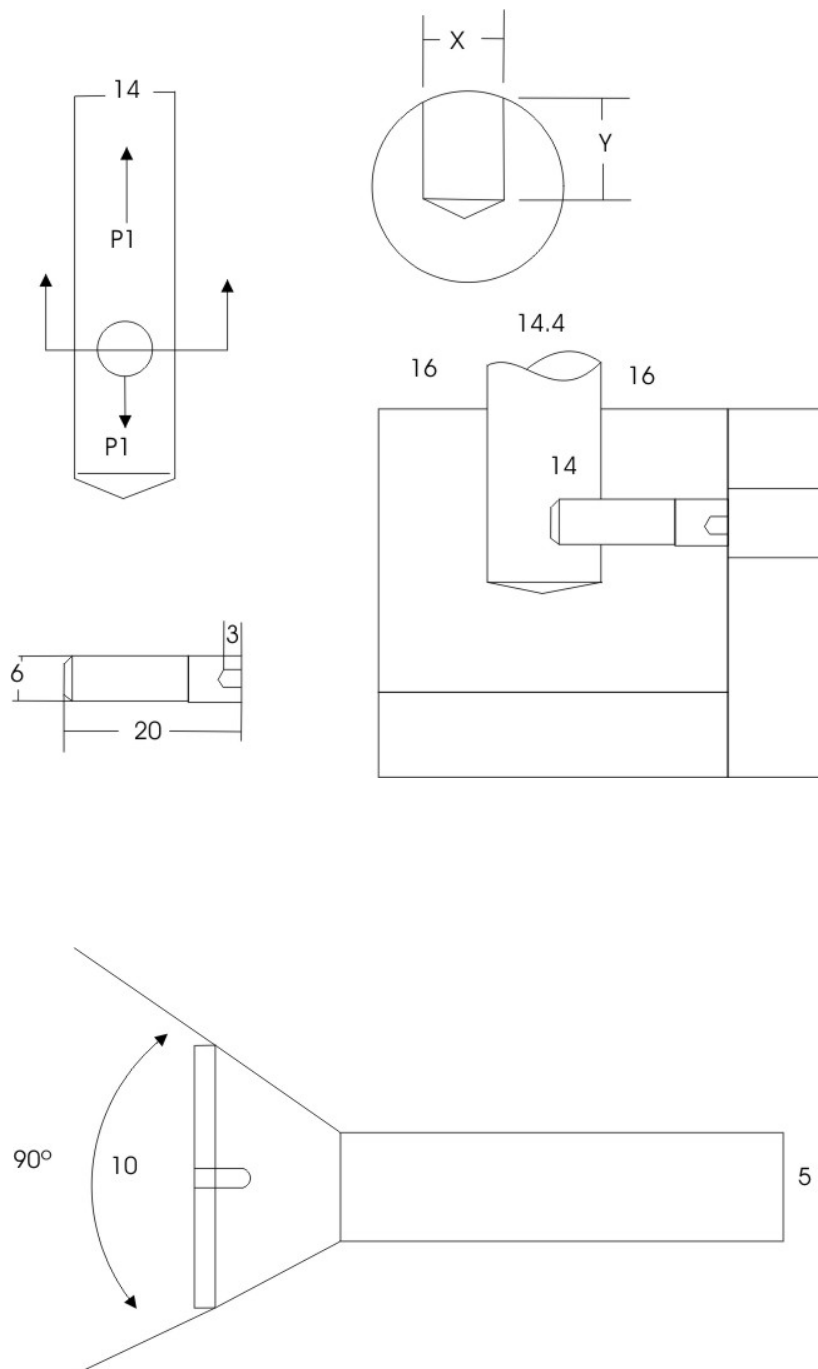
Para un prisionero d = 6 mm

$$A_2 = \frac{\pi(6mm)^2}{4} = 28.27mm^2$$

$$\forall_{adm} = \frac{Su}{N} = \frac{35kg/mm^2}{2} = 17.5kg/mm^2 \quad 1016 \text{ calibrado}$$

$$\mathfrak{S}_{adm} = 8.75kg/mm^2 \rightarrow \mathfrak{S} = \frac{V}{A} = \frac{213}{28.27} = 7.53$$

$$\mathfrak{S} < \mathfrak{S}_{adm} \text{ OK.}$$



SELECCIÓN DE LOS PISTONES HIDRÁULICOS

Debido a que las fuerzas necesarias para realizar los procesos de corte y ensamble eran tan altas, la necesidad de un sistema de potencia adaptable a estas fuerzas llevó a la selección de un sistema hidráulico con las siguientes especificaciones:

- Pistón para el arrastre de material:

$V = 4 \text{ cm/seg}$

$\varnothing = 1 \text{ "}$

$F = 200 \text{ Kgf}$

Carrera: 1.5 cms

- Pistón para el corte de alambre:

$V = 2 \text{ cm/seg}$

$\varnothing = 1.5 \text{ "}$

$F = 1000 \text{ a } 1200 \text{ Kgf}$

Carrera : 2 cms

- Pistón para el prensado del cuerpo:

$V = 5 \text{ cm/seg}$

$\varnothing = 1.5 \text{ "}$

$F = 700 \text{ a } 800 \text{ Kgf}$

Carrera: 4 cms

- Pistón para el ensamble de instrumental :

$V = 5 \text{ cm/seg}$

$\varnothing = 1 \text{ "}$

$F = 400 \text{ a } 500 \text{ Kgf}$

Carrera: 8 cms

De donde obtenemos:

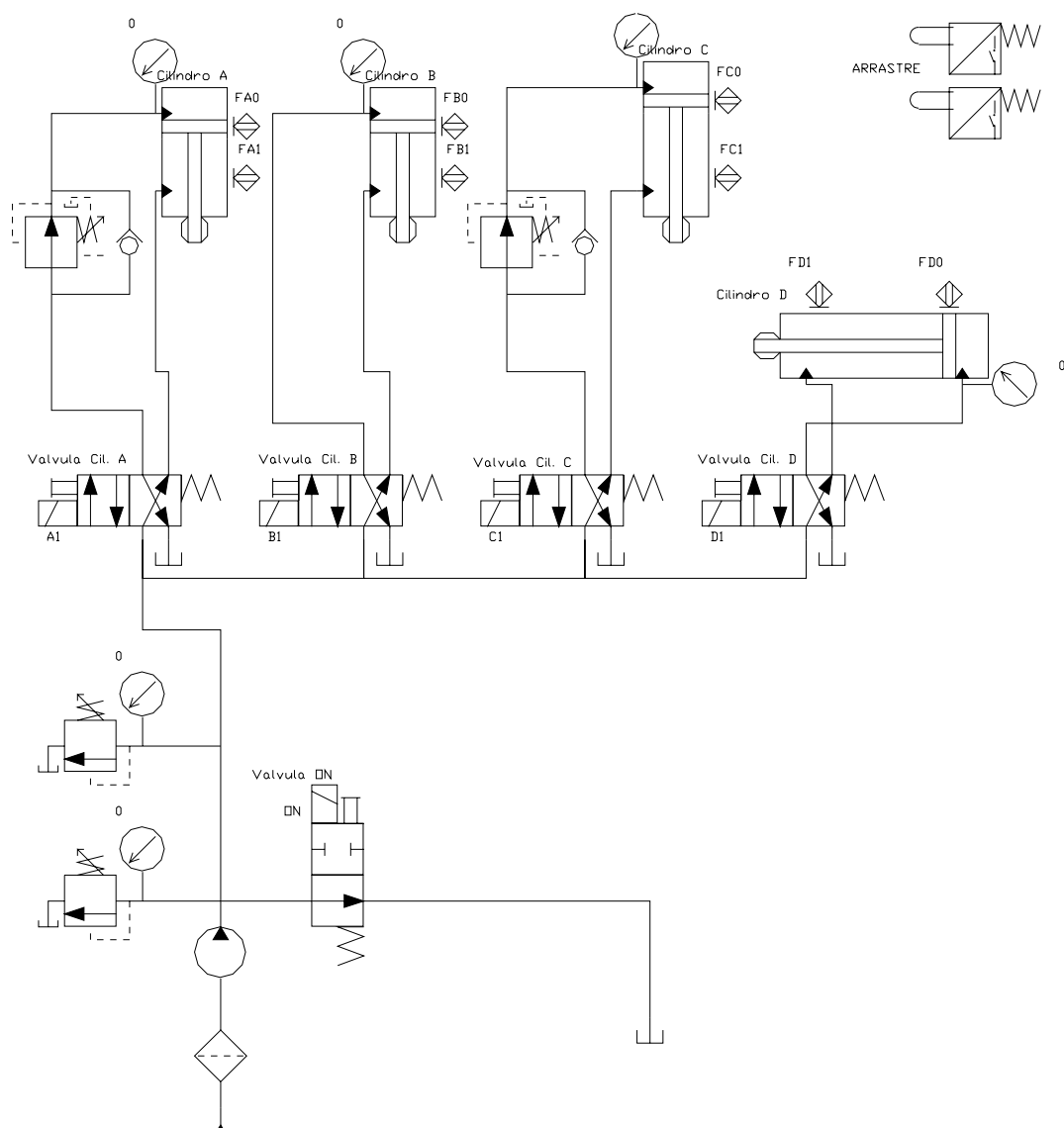
Velocidad	Diametro	Fuerza		Carrera	Área	Presión		Q	Q total	Pot
cm/seg	"	kgf		cm	cm ²	Kg/cm ² - psi		cm ³ /seg - gpm		hp
4	1	200		1.5	5.07	39.47		20.27	1.99	2.17
						561.39		0.32		
									125.41	
2	1.5	1000	1200	2	11.40	87.71	105.25	22.80		
						1247.53	1497.04	0.36		
5	1.5	700	800	4	11.40	61.40	70.17	57.00		
						873.27	998.02	0.90		
5	1	400	500	8	5.07	78.94	98.68	25.34		
						1122.78	1403.47	0.40		

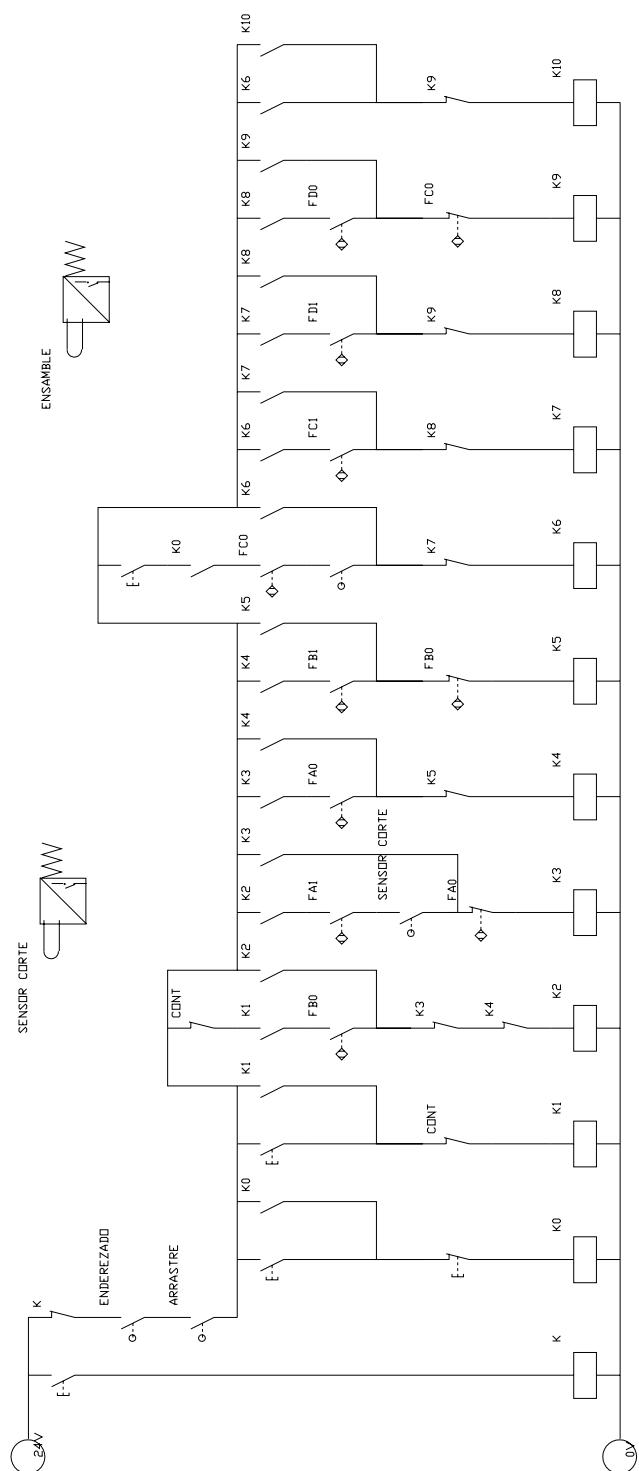
Eficiencia de la bomba es : 0.8

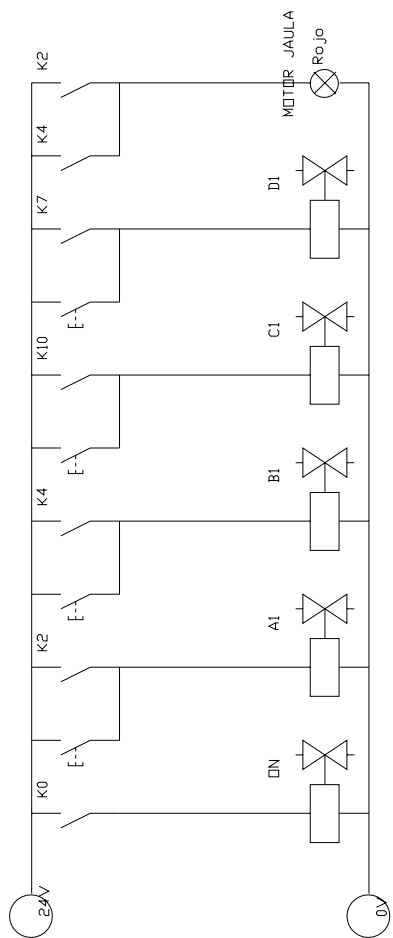
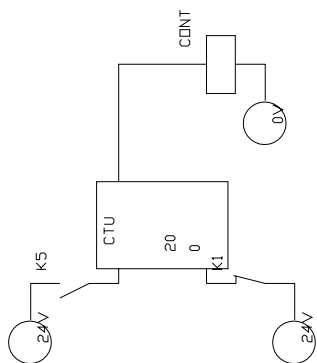
Tabla 31. Selección del sistema hidráulico

Los pistones, válvulas, reguladores de caudal, bombas y motores se seleccionaron según catálogo (ver anexo F).

A continuación se muestra el circuito de funcionamiento diseñado para la parte hidráulica y eléctrica:







6.5.1. PROTECCIONES

La protección para el operario se ha planteado como una ventana abatible fabricada en policarbonato que ofrece la suficiente resistencia contra cualquier cuerpo que salga expulsado como producto de la alta velocidad de rotación que se requiere, y evita el contacto con el dispositivo cuando éste se encuentre en operación.

El sistema de corte cuenta con una protección brindada al operario mediante una pantalla que imposibilita el acceso a los troqueles de forma accidental, ya que se interrumpe el fluido hidráulico que se dirige hacia el pistón que mueve los troqueles (ver siguiente sección), de la misma manera que evita que las partes activas que están siendo cortadas salgan expulsadas hacia el operario.

6.6. FABRICACIÓN DEL SISTEMA

Para la fabricación del sistema completo se debe tener en cuenta cada uno de los componentes que intervienen directa o indirectamente en su funcionamiento. Estas piezas se muestran a continuación con los procesos de fabricación que se les deben realizar; algunas de los componentes de la máquina se consiguen comercialmente y no necesitan de esta descripción.

PIEZAS Y PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO		
ENDEREZADO		
Pieza	Material	Operación
Polea	aluminio	comercial
Correa trapezoidal	caucho	comercial
Ejes del enderezador	S-4140	taladrado - torno
Cuerpo del enderezador	S- 1045	taladrado - torno - fresa
Boquillas	T - 2363	taladrado - torno
Tornillo bristol	inox. 304	comercial
Tornillos prisioneros bristol	inox. 304	comercial
Desfazador	T - 2363	torno - fresa
Carcaza protectora	poli carbonato	termoconformado
Placas laterales	S - 1045	corte plasma - taladrado - fresa
Rodamientos		comercial
Motoreductor	Sew eurodrive 1/2 Hp	comercial

ARRASTRE		
Pieza	Material	Operación
Rodillos de arrastre	inox. 316	Taladrado - Torno
Pasadores	S- 4140	Torno
Rodamientos		Comercial
Guías deslizantes	T-2510	Torno
Soportes de rodillos	S- 1045	Corte plasma - Taladrado - Fresa
Protector pistón de presión	Lámina CR	Corte - Doblado
Carcaza protectora	Polycarbonato	Termoconformado
CORTE		
Pieza	Material	Operación
Troqueles	TSP4	fresa - limado
Tornillería	inox 316	comercial
Tolva de recepción de puntas	inox 316	corte- doblez- soldadura
Guías deslizantes	T-2510	torno
Protector pistón de corte	Lámina C.R.	Corte - Doblado
Placas de sujeción	S- 1045	Corte plasma - Taladrado - Fresa
Boquilla	S- 4140	Torno
Soporte Sensor de puntas	S-1045	Corte plasma - fresa - torno
Tornillería	GL	comercial
ENSAMBLE		
Pieza	Material	Operación
Tolva de entrada de cuerpos	inox 316	corte- doblez- soldadura
Tolva de recepción de instrumental	inox 316	corte- doblez- soldadura
Mordazas	inox 302	torno
Guías deslizantes	T - 2510	torno
Placas de ensamble	S-4140	Corte plasma - fresa- escareado
Prensas	T-2363	corte- fresa
Separadores de Mordazas	inox 316	taladro - torno - fresa
Placas de sujeción del dispositivo	S-4140	Corte plasma - Taladrado - Fresa
Protecciones de los pistones	lámina C.R.	Corte - Doblado - soldadura
Guía graduadora de cuerpos	inox. 316	taladro - torno - fresa
Tornillería	GL	comercial

SOPORTE		
Pieza	Material	Operación
Plataforma superior 1	ángulo, lámina C.R.	corte - doblado- soldadura
Plataforma superior 2	ángulo, lámina C.R.	corte - doblado- soldadura
Placa inferior	ángulo, lámina C.R.	corte - doblado- soldadura
Columnas de soporte	ángulo, lámina C.R.	corte - doblado- soldadura
Soporte horizontal alto	Tubos C.R.	torno - soldadura
Soporte horizontal medio	Tubos C.R.	torno - soldadura
Soporte Horizontal bajo	Tubos C.R.	torno - soldadura
Tubos y uniones	C.R.	torno - soldadura
Tornillería	S- 1045	
Placa posterior	Lámina C.R.	corte - doblado- soldado

Tabla 32. Piezas y procesos de fabricación del sistema mecánico

PIEZAS DEL S. HIDRÁULICO
Pieza (comercial)
Pistones
Tanque de aceite
Motor
Bomba
Válvulas
Mangueras
Racores
Manómetro
Regulador de Caudal
Demás accesorios
PIEZAS DEL S. ELÉCTRICO
Pieza (comercial)
Tablero
Contactores
Protecciones
Breaker
Sensor
Pulsadores
Fusibles
Cableado
Marcas

Tabla 33. Piezas del sistema hidráulico y eléctrico

6.7. MONTAJE Y MANTENIMIENTO

6.7.1. SISTEMA HIDRÁULICO

Instrucciones de montaje

- Plano general del montaje, donde deberá quedar reflejada la disposición de los elementos con las cotas necesarias y más importantes.
- Relación de los elementos oleohidráulicos , con sus planos de medidas y especificaciones de montaje.
- Dimensiones y calidad de las distintas tuberías y racordajes que deben emplearse.
- Planos de los circuitos de conexión con el máximo de detalle y destacando los puntos clave o más importantes.
- Descripción de las secuencias o ciclos manuales, semiautomáticos y automáticos.
- Hojas de verificación de montaje por elementos y conjuntos.
- Instrucciones para la puesta en marcha de la instalación o máquina.

Centralitas Hidráulicas

El depósito debe colocarse en un lugar al alcance del operario en el que se pueda dar un buen mantenimiento.

Tuberías

Todas las tuberías que atraviesen la tapa del depósito han de ir totalmente aisladas del exterior; mediante racores soldados a la tapa y roscados a las tuberías, o bien estancos mediante pastas especiales para juntas, para evitar la contaminación del fluido hidráulico.

Se debe evitar los cambios bruscos, suavizando el número de curvas; así mismo se evitarán los cambios de sección, conservando el mismo tamaño de tubería para líneas donde circula el aceite en igualdad de condiciones (caudal – presión). Cuando el tendido se realice en tramos largos, se dispondrá en espacios convenientes las bridas necesarias para sujetar las tuberías. Si se le somete a la brida a algún tipo de soldado o calentamiento se debe proceder a una limpieza para eliminar residuos.

La unión de las tuberías deberá hacerse únicamente cuando se observe que la alineación es correcta, sin uniones forzadas.

Las uniones se realizarán con racordaje adecuado que garantice la estanqueidad, en el caso de una fuga no se debe hermetizar apretando excesivamente el racordaje, pues lo único que se conseguirá será averiarlo. El proceso a seguir será en desmontar el racord, verificando todas las piezas hasta encontrar la defectuosa.

Las tuberías de drenaje deben montarse por encima del nivel del aceite del depósito; no muy altas sobre el nivel para evitar la formación de espuma.

FILTROS

Se deben disponer en lugar de fácil acceso para ser limpiados y cambiados con comodidad. Los colocados en el depósito (no en el fondo, no cerca de las superficie, no cerca de las paredes), tanto los interiores como exteriores, sus conexiones a las tuberías deben ser estancos.

MANÓMETROS

Proteger el manómetro de los golpes de ariete aislándolos mediante válvulas o grifos. Elegir un manómetro cuya escala sea el doble de la presión a medir y bañado en glicerina.

VÁLVULAS

- La limpieza del lugar donde se sitúe los elementos es primordial.
- No se deben someter las tuberías a tensión si se quiere un correcto funcionamiento.
- La nomenclatura del sistema debe quedar en un lugar visible.
- Para evitar goteos por fugas sobre el sistema eléctrico es necesario impedir las conexiones de tubos o elementos que puedan coincidir en la perpendicular de una válvula con un mando eléctrico.

MANIFORD

Los cuadros de distribución deben ir solidarios a los depósitos.

Se han de tener en cuenta la ubicación de estos paneles de distribución de tal forma que todos los aparatos que se encuentran ubicados en el interior de los mismos tengan fácil acceso, sobre todo para las reparaciones o cambios de piezas por averías, para la maniobra de mandos como para comprobar en tal caso la presión manométrica del aceite en un punto determinado.

BOMBAS, MOTORES ELÉCTRICOS, MOTORES HIDRÁULICOS

La bomba con el motor eléctrico se hace mediante un acople elástico de tal forma que evite en parte los defectos de una mala alineación entre ambos y un defecto de paralelismo pudiendo absorber 0.2 mm y 1° en paralelismo y alineación , respectivamente.

El ensamble de las bombas y motores hidráulicos con los elementos impulsadores o receptores, se realizará empleando un soporte o bancada sobre la que se fijarán ambos elementos, debiendo conseguir que los ejes guarden una alineación inalterable.

Si la bomba o motor tiene drenaje, la fijación de este elemento se realizará de manera que quede situado en la parte superior (con ello garantiza que todas las partes mecánicas en rozamiento estén lubricadas). En caso de imposibilidad la

tubería debe ponerse la tubería de tal forma que se eleve por encima del nivel del elemento antes de conducirla al depósito.

EL ACEITE

El aceite hidráulico lubrica, refrigera y transmite la energía, siendo fundamental en la instalación hidráulica. Para que cumpla satisfactoriamente sus tareas, el aceite del sistema debe ser cambiado anualmente de la siguiente manera:

- Descomprimir el circuito
- Vaciar todo el aceite del sistema
- Verificar y limpiar los filtros sustituyendo las piezas dañadas o defectuosas.
- Limpiar el depósito.
- Abrir las válvulas limitadoras de caudal, presión y los tornillos o grifos de purga.
- Llenar nuevamente el depósito de aceite a través de un tamiz o filtro de 10 micrones hasta alcanzar el máximo nivel. Siempre utilizar el mismo tipo de aceite.
- Si hubiesen acumuladores en la instalación se procederá a una verificación de la presión de hinchado.
- Poner en marcha la bomba a la presión más baja posible, pero suficiente para llenar la instalación, vigilando que el aceite siempre se mantenga en los niveles fijados.
- Purgar el circuito hasta comprobar que el aceite fluya de una manera continua sin burbujas.

- Aumentar la presión del sistema hasta alcanzar la presión de trabajo, vigilando que el aceite se mantenga dentro de la temperatura y niveles establecidos y que no existan ruidos extraños.

Una vez realizado el montaje y antes de poner en marcha la máquina o instalación conviene:

- Verificar que todas las conexiones eléctricas, mecánicas, alineación de bomba, alineación de cilindros, conexiones de tuberías, etc, han sido realizadas según las instrucciones establecidas en el proyecto.
- Comprobar que el depósito se encuentre limpio.
- Aflojar todos los reguladores de presión y abrir los reguladores de caudal.

PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

- Llenar el depósito de aceite adecuado vertiendo a través del tapón de llenado controlando el nivel de llenado.
- Comprobar la tensión eléctrica del motor (220-380 voltios)
- Abrir la válvula de seguridad limitadora, los reguladores de caudal y ajustar todos los instrumentos a cero.
- Comprobar el giro del motor eléctrico efectuando cortos arranques y paros (aunque no es muy apropiado para el motor)
- Poner en marcha la bomba.
- Controle las tuberías por si hay fugas.
- Verificar la suciedad de los filtros después de 1, 8 y 24 horas de trabajo.

MANTENIMIENTO

DIARIO

- Verificar el nivel de aceite del depósito.
- Verificar el aspecto del aceite (la presencia de espuma en la superficie indica que hay entrada de aire)
- La presencia de espuma es motivo para que la bomba funciones con ruido y los receptores funciones irregularmente.
- Anotar todas las fugas existentes o que se observen por muy pequeñas que sean, bien sean en un aparato o en una tubería. Durante el primer mes de funcionamiento de un circuito hidráulico es conveniente supervisar la instalación y corregir posibles fugas, apretando las distintas uniones que presenten fugas.

SEMANALMENTE

- Los Filtros montados sobre las líneas de retorno, los cartuchos son reemplazados después de un cierto número de horas de funcionamiento de acuerdo a indicaciones de mantenimiento (500, 1000 y 1500 horas y en función de la atmósfera donde trabajan, y la instalación más o menos contaminante).
- Reparar las fugas que se hayan visto cambiando las partes defectuosas.
- Verificar los acoplamientos elásticos entre bomba y motor.

ANUALMENTE

- Taponar los tubos que se encuentren desabrochados de su lugar mediante tapones metálicos o de cualquier otro material, menos con trapos.

- De acuerdo al tiempo de funcionamiento, vaciar limpiar y verificar filtros, mirillas y bombas sumergidas.
- Verificar el estado de las piezas de las bombas
- Después de desmontar las válvulas, limpiar las piezas y verificar el buen estado de los asientos, cables, tiradores, etc.
- Inspeccionar los vástagos, junta escurre vástagos, alineación, pérdidas de aceite y anclaje.

PRINCIPALES AVERÍAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO			
ELEMENTO DEL SISTEMA	DEL	AVERÍA	CAUSAS
Tanques o depósitos		Temperatura elevada	- No hay refrigeración - El refrigerador no disipa suficiente calor
		Aceite Contaminado	Circuito Contaminado Filtro ambiente defectuoso Tuberías o circuitos obstruidos
		Emulsión	Aceite inadecuado Depresión en el depósito Tubería de retorno encima del nivel de aceite Cavitación Entrada de aire
Bombas y motores		Ruido en la bomba o motor	Entrada de aire por la aspiración. Cavitación. Obstrucción o aplastamiento del tubo de aspiración Aceite demasiado caliente Nivel de aceite bajo Bomba o motor con piezas gastadas
		Calentamiento de la bomba o el motor	Refrigeración inadecuada Cavitación Circuito parcialmente obstruido Presión muy elevada Velocidad de giro elevada Filtro obstruido Bomba o motor gastados

	La bomba no da presión	Válvula de seguridad averiada o bloqueada Árbol de la bomba roto Fugas grandes en el circuito Mala regulación de las válvulas.
	La bomba da poco o no da caudal	Árbol de la bomba roto Entrada de aire por la aspiración Nivel de aceite muy bajo o viscoso Sentido de giro invertido Filtro ambiente obstruido Bomba descebada Aire en el circuito
	Fugas en la bomba o el motor	Mala estanqueidad en los retenes Fugas en el cuerpo Mala estanqueidad de juntas Cartuchos o piezas internas gastadas
	El motor no gira	Le llega poco caudal Fugas internas o en el drenaje Motor inadecuado Carga inadecuada
	El motor gira más lento que el caudal que le llega	Fugas internas Presión de entrada baja Demasiada temperatura
Cilindros	Cilindro Agarrotado	Suciedad en el circuito Deformación del vástago Entrada de impurezas Ha recibido algún golpe Montaje inadecuado
	Funcionamiento a Tirones	Presión y caudal irregular Esfuerzos desiguales Aparatos de regulación averiados
	Falta de fuerza	Comunicación juntas pistón Reguladores de presión maltratados. Agarrotamiento en vástago Mal sistema de anclaje
Filtros	Filtración inadecuada	Filtros obstruidos Filtros de poca eficiencia Mantenimiento inadecuado Demasiada suciedad en el aceite Al estar el cartucho obstruido se abre la válvula antirretorno y el aceite pasa sin filtrar

Reguladores de Presión	Regulador de Presión agarrotado	Temperatura aceite muy elevada o muy baja Aceite contaminado Muelle bloqueado Asiento con suciedad Drenaje obstruido
	Regulador no regula	Muelle roto Está agarrotado Muelles desgastados
Reguladores de Caudal	Regulador no regula el caudal	Muelle roto Regulador Agarrotado Asiento defectuoso Mal estado válvula antirretorno Sistema de compensación agarrotado.
Válvulas de retención	Fugas	Juntas defectuosas Racores flojos Asientos defectuosos
	Válvula agarrotada	Contrapresión en drenaje Error de montaje Asiento defectuoso No hay drenaje
Válvulas distribuidoras	El distribuidor se calienta	Temperatura aceite elevada Aceite Sucio Carrete agarrotado Avería circuito eléctrico
	Fugas en la válvula	Juntas defectuosas Contrapresión en el drenaje Falta drenaje Racores defectuosos
	Ruido en el distribuidor	Vibración en el circuito Carrete agarrotado Distribuidor inapropiado
	Carrete agarrotado	Suciedad en el aceite o en el circuito Aceite muy viscoso Juntas en mal estado Tuberías sometidas a tensiones Temperatura aceite elevada Gran pérdida de carga Aceite muy frío Hay contrapresión o no hay drenaje

	El mando eléctrico no actúa	Bobina quemada Circuito eléctrico mal montado Falta corriente Carrete agarrotado
Tuberías	Vibraciones	Caudal pulsatorio bomba Aire en el circuito Regulación de presión inestable Cavitación Resonancias elementos mecánicos circuito Tuberías mal fijadas
	Mala estanqueidad	Juntas gastadas o mal colocadas Racores flojos Tubería con tensiones Mal instalada
Acumuladores	No funciona	Juntas en mal estado Presión muy alta Mal montado Presión de Precarga incorrecta Diferencias de presiones muy pequeña Vejiga doblada o rota Mecanismo interno averiado
Enfriadores y refrigeradores	Refrigeración defectuosa	Circuito obstruido Refrigerador mal diseñado No llega agua al refrigerador No gira el ventilador Mala colocación

Tabla 34. Fuente: Manual de mecánica industrial, tomo II

6.8. COSTOS

Para la fabricación del sistema completo se hará un contrato de suministro con la empresa donde se especificará:

Las piezas del conjunto se fabricarán por personal idóneo altamente calificado para las operaciones a las que se les fue contratado. Dentro de los costos se tendrá un A.I.U. no superior al 25% ; donde los imprevistos serán de un 10%, la utilidad del sistema de un 10% y la administración de un 5% del costo de la máquina. Este rubro (A.I.U.) cubre costos como la papelería que se empleó en el proceso de diseño y fabricación, los desplazamientos de pruebas, alquiler de computadores, fabricación de planos, pruebas de prototipos entre otros.

Los costos de la parte mecánica, hidráulica y eléctrica se encuentra a continuación:

MAQUINA PARA ENDEREZAR, CORTAR Y ENSAMBLAR INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO

SISTEMA : MECÁNICO
DISPOSITIVO : ENDEREZADO

TIEMPO DE ENTREGA: 45 días hábiles

PIEZAS Y MATERIALES					
Pieza	Material	Operación	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Polea	aluminio	comercial	1	\$ 25,000	\$ 25,000
Correa trapezoidal	caucho	comercial	1	\$ 20,000	\$ 20,000
Ejes del enderezador	S-4140	taladrado - torno	2	\$ 30,000	\$ 60,000
Cuerpo del enderezador	S- 1045	taladrado - torno - fresa	1	\$ 140,000	\$ 140,000
Boquillas	T - 2363	taladrado - torno	4	\$ 25,000	\$ 100,000
Tornillo bristol	inox. 304	comercial	1	\$ 1,760	\$ 1,760
Tornillos prisioneros bristol	inox. 304	comercial	4	\$ 885	\$ 3,540
Desfazador	T - 2363	torno - fresa	1	\$ 25,000	\$ 25,000
Carcaza protectora	poli carbonato	termoconformado	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Placas laterales	S - 1045	corde plasma - taladrado - fresa	2	\$ 57,500	\$ 115,000
Rodamientos		comercial	2	\$ 4,850	\$ 9,700
Motoreductor	Sew eurodrive 1/2 Hp	comercial	1	\$ 880,000	\$ 880,000
			SUBTOTAL		\$ 1,425,000

MAQUINA PARA ENDEREZAR, CORTAR Y ENSAMBLAR INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO

SISTEMA : MECÁNICO
DISPOSITIVO : ENSAMBLE
TIEMPO DE ENTREGA: 45 días hábiles

PIEZAS Y MATERIALES					
Pieza	Material	Operación	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Tolva de entrada de cuerpos	inox 316	corte- doblez- soldadura	1	\$ 35,000	\$ 35,000
Tolva de recepción de instrumental	inox 316	corte- doblez- soldadura	1	\$ 35,000	\$ 35,000
Mordazas	inox 302	torno	2	\$ 67,500	\$ 135,000
Guías delizantes	T - 2510	torno	2	\$ 15,000	\$ 30,000
Placas de ensamble	S-4140	Corte plasma - fresa- escareado	2	\$ 90,000	\$ 180,000
Prensas	T-2363	corte- fresa	2	\$ 100,000	\$ 200,000
Separadores de Mordazas	inox 316	taladro - torno - fresa	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Placas de sujeción del dispositivo	S-4140	Corte plasma - Taladrado - Fresa	1	\$ 85,500	\$ 85,500
Protecciones de los pistones	lámina C.R.	Corte - Doblado - soldadura	2	\$ 10,500	\$ 21,000
Guía graduadora de cuerpos	inox. 316	taladro - torno - fresa	1	\$ 12,500	\$ 12,500
Tornillería	GL	comercial		\$ 13,000	\$ 13,000
			SUBTOTAL	\$	792,000

MAQUINA PARA ENDEREZAR, CORTAR Y ENSAMBLAR INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO

SISTEMA : SOPORTE DE TRABAJO

TIEMPO DE ENTREGA: 45 días hábiles

PIEZAS Y MATERIALES					
Pieza	Material	Operación	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Plataforma superior 1	ángulo, lámina C.R.	corte - doblado- soldadura	1	\$ 170,000	\$ 170,000
Plataforma superior 2	ángulo, lámina C.R.	corte - doblado- soldadura	1	\$ 170,000	\$ 170,000
Placa inferior	ángulo, lámina C.R.	corte - doblado- soldadura	1	\$ 170,000	\$ 170,000
Columnas de soporte	ángulo, lámina C.R.	corte - doblado- soldadura	6	\$ 120,000	\$ 720,000
SopORTE horizontal alto	Tubos C.R.	torno - soladura	1	\$ 95,000	\$ 95,000
SopORTE horizontal medio	Tubos C.R.	torno - soladura	1	\$ 95,000	\$ 95,000
SopORTE Horizontal bajo	Tubos C.R.	torno - soladura	1	\$ 95,000	\$ 95,000
Tubos y uniones	C.R.	torno - soldadura	GL	\$ 125,000	\$ 125,000
Tornillería	S- 1045		GL	\$ 25,000	\$ 25,000
Placa posterior	Lámina C.R.	corte - doblado- soldado	1	\$ 25,000	\$ 25,000
			SUBTOTAL		\$ 1,690,000

MAQUINA PARA ENDEREZAR, CORTAR Y ENSAMBLAR INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO

SISTEMA : ELÉCTRICO

TIEMPO DE ENTREGA: 45 días hábiles

PIEZAS			
Pieza	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Tablero	1	\$ 90,000	\$ 90,000
Contactores	2	\$ 220,000	\$ 440,000
Protecciones	2	\$ 350,000	\$ 700,000
Breaker	1	\$ 120,000	\$ 120,000
Sensor	2	\$ 200,000	\$ 400,000
Pulsadores	GL		\$ 100,000
Fusibles	GL		\$ 30,000
Cableado	GL		\$ 30,000
Marcas	GL		\$ 30,000
	SUBTOTAL		\$ 1,940,000

TRATAMIENTOS, ACABADOS Y MONTAJE DE UNA MAQUINA PARA ENDEREZAR, CORTAR Y ENSAMBLAR INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO

TIEMPO DE ENTREGA: 45 días hábiles

OPERACIONES			
Operación	Cantidad	Valor Total	
Tratamientos térmicos, templado pavonado y revenido		GL \$	300,000
Pintura electrostática		GL \$	420,000
Montaje sistema mecánico		GL \$	500,000
Montaje Sistema Híráulico		GL \$	500,000
Montaje Sistema Eléctrico		GL \$	400,000
SUBTOTAL		\$ 2,120,000	
PRECIO DE COSTO	\$		13,792,920
UTILIDAD	\$ 10%		\$ 1,379,292
IMPREVISTOS	\$ 10%		\$ 1,379,292
ADMINISTRACIÓN	\$ 5%		\$ 689,646.00
DISEÑO	\$ 20%		\$ 2,758,584.00
PRECIO TOTAL DE LA MÁQUINA		\$	19,999,734
		\$	20,000,000

Tabla 35. Costos de fabricación del sistema

7. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

El sistema desarrollado propone la solución integral a los problemas que presenta el actual proceso productivo; su puesta en marcha supone beneficios directos sobre la empresa y sus recursos en forma inmediata tal y como se analizará en el presente capítulo, para el cual se sigue un orden similar al realizado durante el estudio hecho a la empresa. A continuación se presenta la propuesta sobre los métodos de fabricación que cambiarían luego de la implantación del sistema propuesto.

7.1. MÉTODO DE PRODUCCIÓN PROPUESTO

Inicialmente se plantea la localización del sistema propuesto en la parte media del área de producción, aledaña a la zona de esmerilado, siguiendo la misma línea en que están dispuestos los tornos, como se señala más adelante en la vista de planta. El principal criterio para su ubicación fue la secuencia en la linealidad del proceso con el fin de generar un orden del flujo de trabajo y evitar así zonas de alto tráfico.

De igual manera se tuvieron en cuenta aquellos puestos de trabajo que no se pueden mover de su posición actual, en donde se encuentran principalmente la

máquina que realiza el brillo de los cuerpos debido a la cantidad de material textil desprendido y el torno revólver, el cual genera salpicaduras de líquido refrigerante hacia su frente.

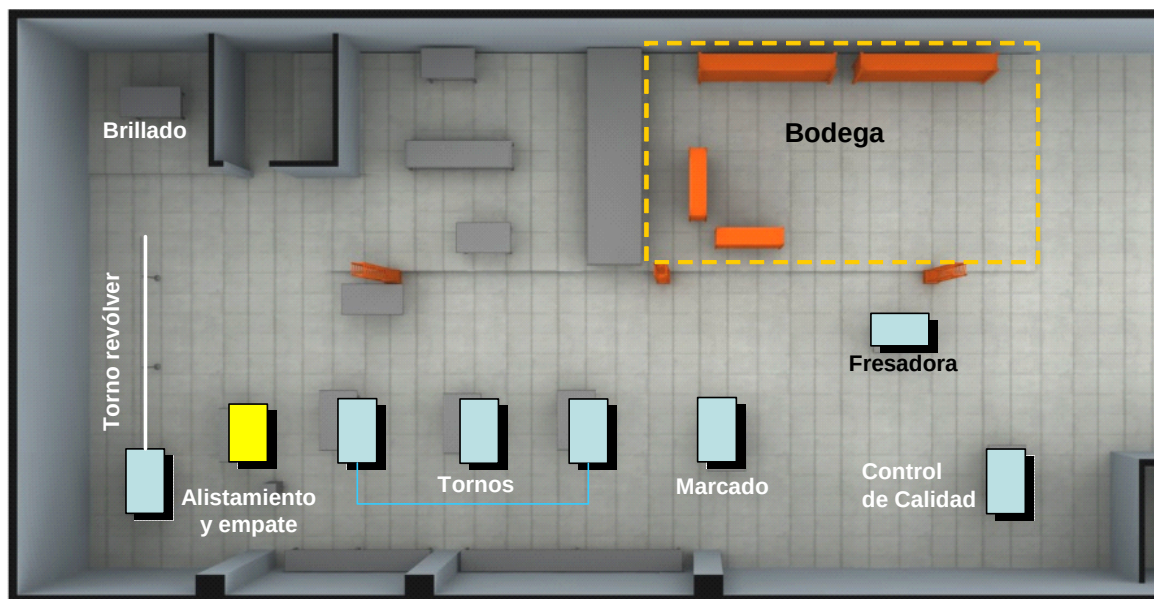


Figura 133. Nueva distribución de la planta de producción.

Como se puede observar, algunos puestos de trabajo han sido reubicados, de acuerdo con las necesidades que se presentaban anteriormente y tras la adaptación del nuevo sistema para el alistamiento y empate de partes activas. Dentro de estos puestos trasladados se encuentran los esmeriles que ahora se hallan en un lugar específico para el esmerilado, para el cual se han tenido en cuenta las sugerencias realizadas por la gerencia, quien dispuso unas mesas especiales para su acomodación. De esta manera se evitan las molestias ya mencionadas generadas hacia la vecindad por las altas vibraciones de los esmeriles en funcionamiento.

Otro de estos puestos de trabajo reubicado ha sido la **cizalla** anteriormente utilizada para el corte de las partes activas, ya que ahora no cumplirá dicha función, pero tampoco ha sido eliminada del todo, debido a que su utilización no se limita a esta acción específica, sino que por el contrario, cumple un doble servicio en su parte posterior como enderezador de algunas piezas de gran calibre.

El puesto provisional utilizado para el **enderezado de las partes activas** después del empate se ha eliminado ya que los instrumentales armados mediante este sistema no presentan ninguna deformación en tanto que no se requiere de la fuerza de impacto para el ensamble, por el contrario la fuerza ejercida es de baja velocidad guiando suavemente a la parte activa hacia el orificio, tomándola por los costados y realizando un recorrido rectilíneo en forma axial.

La mesa de las presas sobre la que se realizaba la labor de empate de los instrumentales, será desplazada hacia un espacio donde se efectúen otras labores de ajuste y elaboración de piezas metálicas.

El diagrama de recorrido para la realización de las labores que comprenden las etapas de corte de cuerpos y alistamiento para empate de puntas se redistribuye como se muestra en la siguiente vista de planta.

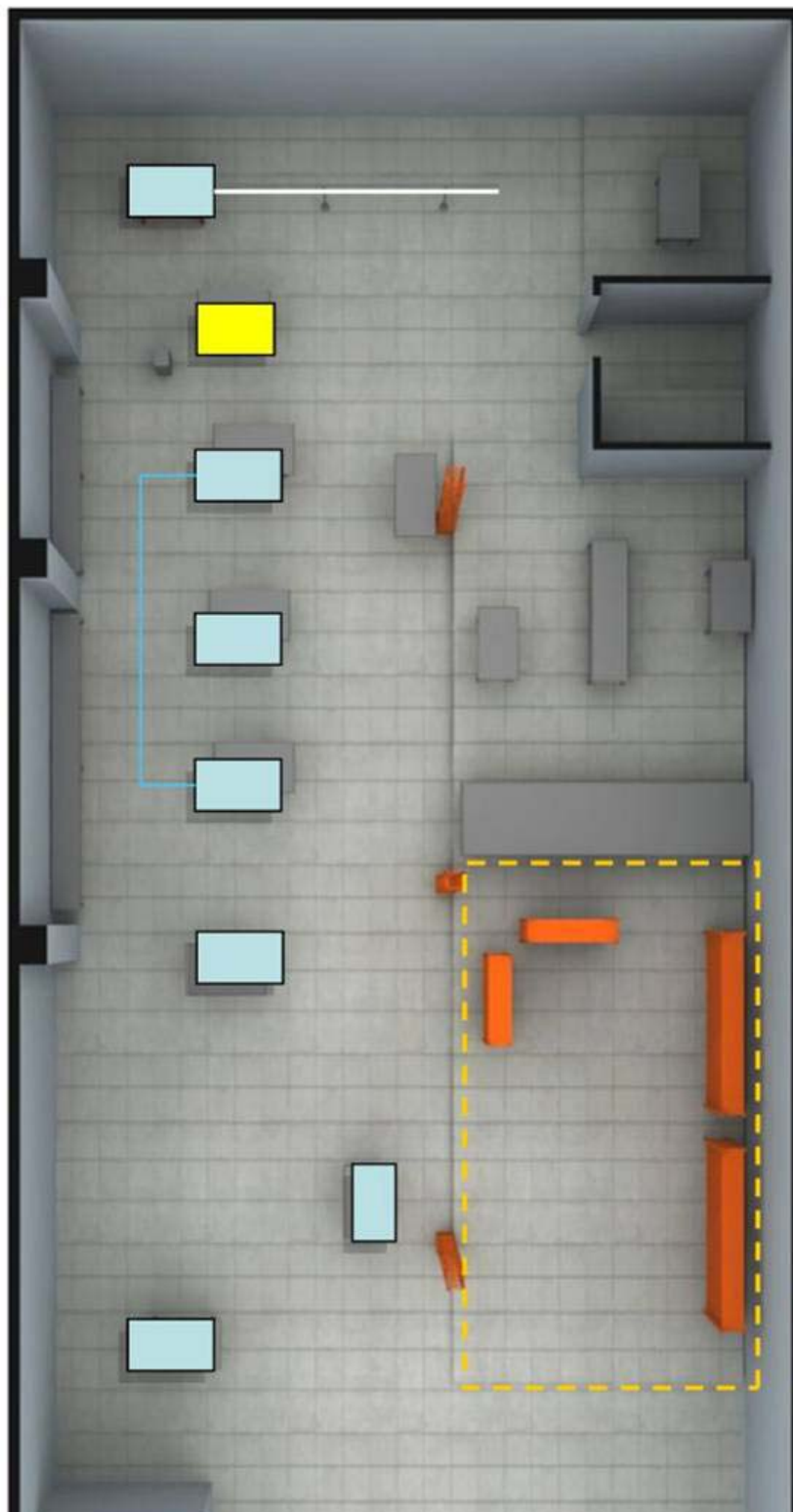


Figura 134. Diagrama de recorrido propuesto.

La realización de un largo recorrido inicial que comienza en la bodega y llega al fondo de la planta para el transporte de la materia hacia el lugar en donde se procesará la varilla para los cuerpos y el alambre de las partes activas, entra de cierta manera en conflicto con la necesidad de aminorar los desplazamientos. Pese a esto se tuvo que optar por dejar estos procesos en la ubicación señalada debido a que allí el torno revólver generaba menor impacto hacia los demás puestos de trabajo. De igual manera, el área de tránsito fue ampliada al desplazar la línea de los tornos hacia la pared izquierda.

El recorrido fue mejorado, en la medida en que presenta una secuencia ordenada para las operaciones, a la vez que disminuye los desplazamientos hacia el puesto de trabajo siguiente, de igual manera, sobre el diagrama de flujo que se muestra a continuación se puede observar la eliminación de algunos pasos que ahora se convierten en innecesarios.

FABRICACIÓN DE INSTRUMENTAL

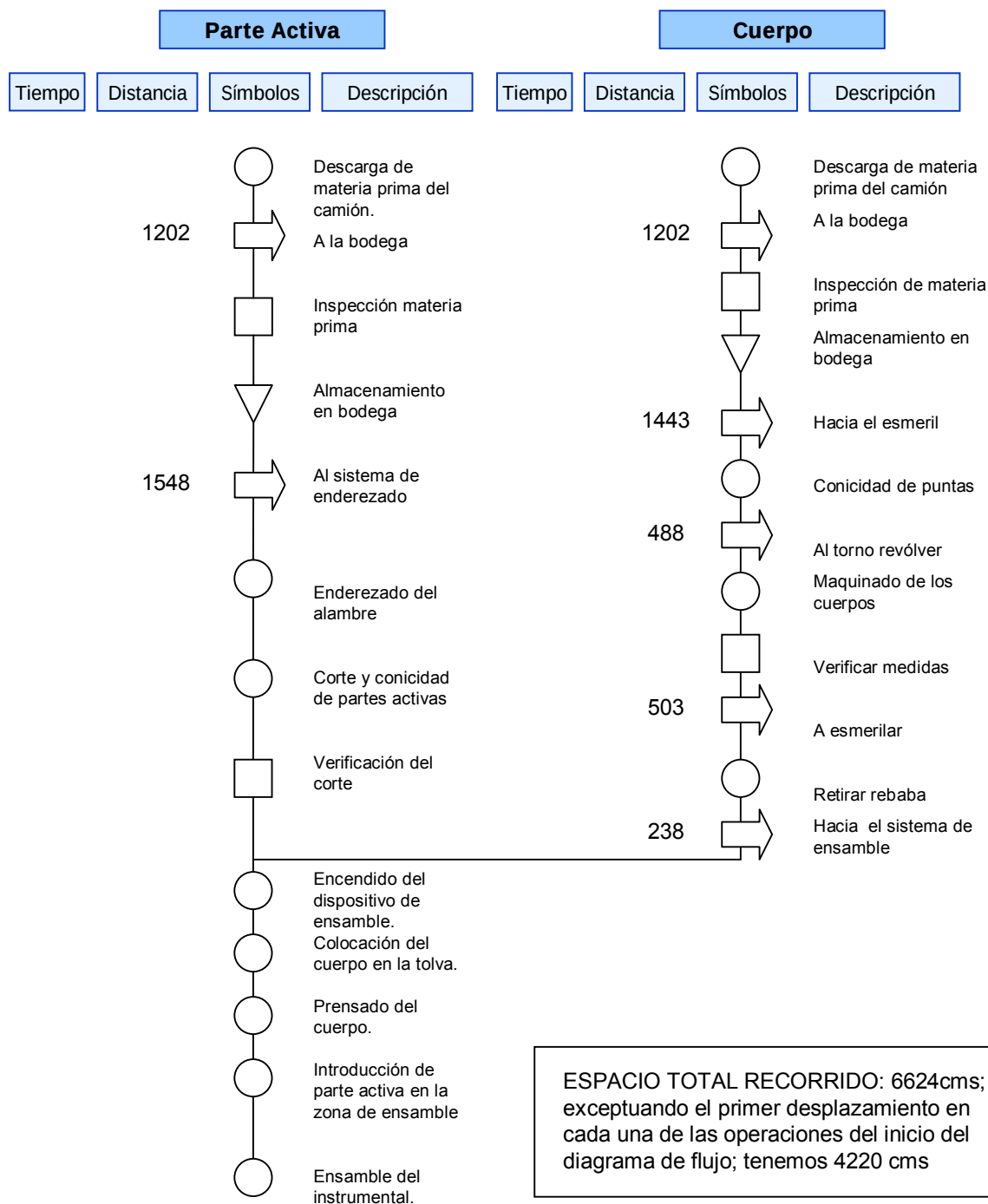


Figura 135. Diagrama de flujo. Operaciones y desplazamientos propuestos para el sistema completo.

7.1.1. MEJORA SOBRE LOS RECURSOS

Se generan mejoras notorias sobre el tratamiento que se le da a la **materia prima**, evidenciados en la utilización del alambre en forma lineal y sin necesidad de seccionarlo para su manipulación, situación que evita el desperdicio al final de cada tramo. Se puede estimar alrededor de un 0,2 % de desperdicio de alambre presentado en la totalidad del rollo.

Gracias a que la sección de corte es adyacente a la de enderezado, podemos dosificar la cantidad necesaria de alambre que se vaya a utilizar sin la necesidad de mantener en bodega material ya procesado con anterioridad.

De la misma manera, se puede evitar hasta cierta medida el desperdicio de material por los cortes del sobrante de alambre de las partes activas generadas por el anterior proceso de empate de los instrumentales, ya que ahora la fuerza aplicada con el nuevo sistema, y la profundidad del ensamble son constantes en cada uno de los casos y no dependen de otros factores como el calibre del alambre.

Acerca de las mejoras presentadas en el **recurso energético**, se puede observar que la dependencia del operario para la realización de las tareas redujo al 100% el aporte de tipo físico, en donde el trabajador ahora realiza el control y la planeación del trabajo. Aquí pasa entonces a ser mayor la inversión por energía eléctrica para la generación de potencia, la cual, no representa mayores costos para la empresa.

Por otro lado, y de manera muy importante, los beneficios que se pueden observar de forma directa, se realizan sobre los **productos finales**, de tal manera, que vamos a obtener productos que conserven la alta calidad que siempre han mantenido pero evitando la cantidad de rechazos que se han venido presentado como consecuencia de los actuales procesos. La diferencia radica en la exactitud de las diferentes operaciones que no requieren procesos posteriores de rectificado. Pese a esto, se pueden presentar problemas provenientes del proceso anterior, en el que el mecanizado de los cuerpos genera en ocasiones agujeros excéntricos y con diámetros superiores a los requeridos.

Al igual que en todos los procesos, una correcta capacitación acerca del manejo del sistema evitará que se presenten problemas directos sobre los productos. Para tal efecto se presentó en el anterior capítulo el manual de operaciones y de mantenimiento que indica la forma correcta de actuar ante cualquier eventualidad presentada durante su trabajo.

7.2. MEJORA DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN

Los efectos más evidentes tras la implantación del sistema se pueden ver en la reducción del tiempo general de producción, en donde se han eliminado los problemas anteriores tales como la falta de linealidad del proceso y las demoras en los tiempos de entrega parciales. Los tiempos registrados para las diferentes etapas del proceso se consignan a continuación:

Enderezado de alambre.

El tiempo de enderezado en esta fase es constante, y depende exclusivamente de la velocidad de salida del motorreductor establecida en 8,7 rpm, lo que quiere decir que hace el rectificado del alambre a una razón de 2,27 cm/seg, representando un tiempo de 00'30,83" para el tramo de 70 cm anteriormente utilizado, lo cual supone un aumento cercano al 600% en la fase inicial del enderezado, y un 800% al cabo de los 10 tramos rectificados. El siguiente gráfico compara la relación tiempo vs cantidad de trabajo para el operario y para la máquina diseñada:

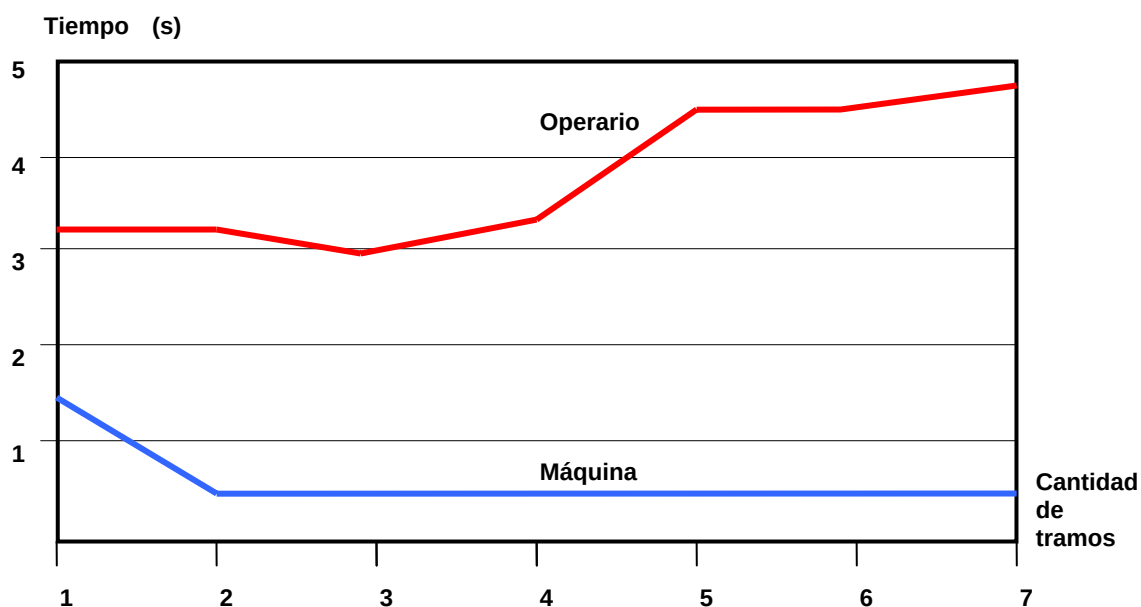


Tabla 36. Rendimiento de la máquina en la fase de enderezado de alambre.

El alto tiempo registrado al inicio del proceso hace referencia al ajuste necesario para el montaje del material, el cual se estima en 45 segundos, que no es un

tiempo considerable, y el cual tienden a ser menos notorio en cuanto mayor sea el trabajo a realizar.

Corte de las partes activas

Los tiempos dependen inicialmente de la velocidad de salida del material, al cual se le debe sumar el tiempo que le toma al pistón la ejecución del corte, que está estimado en 2 cm/s, es decir, 2 segundos en avance, corte y retroceso. En este caso, el tiempo promedio utilizado para la obtención de una parte activa de 4,2 cm tomaría unos 00'03,9". Evidentemente este tiempo supera al registrado por el corte manual, pero como se verá más adelante, se está eliminando el cuello de botella al no tener material represado en proceso.

El tiempo necesario para la fabricación de la **conicidad de las partes activas**, se ha eliminado, lo que supone una ventaja evidente la ejecución de dos procesos al mismo tiempo. Es en este punto en donde se elimina otro de los represamientos de material en proceso, cambiando a una ejecución de tipo lineal.

Empate del instrumental.

Dentro de este proceso se tienen grandes cambios en la secuencia de la operación, pues los cuerpos inicialmente deben ser dispuestos para que sean dispensados automáticamente y las partes activas son llevadas una a una al interior del dispositivo, tal y como se presenta a continuación:

Tiempos estimados:

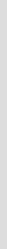
- Introducción de los cuerpos a la rampa dispensadora: 00'10"
- Encendido del dispositivo: 00'03"
- Prensado del cuerpo: 00'01"
- Introducción de la parte activa: 00'01"
- Accionamiento: 00'01"
- Avance del pistón: 00'01"
- Retroceso y caída del instrumental: 00'02"

El ciclo que se debe cumplir para el empate va desde el prensado del cuerpo hasta la caída del instrumental ya ensamblado, el cual demanda aproximadamente 6 segundos, dependiendo de la velocidad con que el operario aproxime la parte activa y accione el dispositivo, logrando un rendimiento cercano al 200% respecto de los 12,16 segundos que le tomaba en promedio al operario más ágil para el empate de un instrumental de cuerpo sencillo.

En esta fase se pueden obtener beneficios con relación a los tiempos parciales si se efectúa el empate a medida que van saliendo las partes activas del corte sin esperar a tener un número grande de ellas.

El tiempo aquí requerido para los ajustes iniciales ha sido disminuido debido a que la máquina se ajusta para los calibres de alambre utilizados sin necesidad de la intervención del operario.

Debido a que el proceso de enderezado de partes activas posterior al empate desaparecerá, se registrará una ganancia en el tiempo global de producción cercano a los 55 segundos por cada instrumental de cuerpo sencillo. Para realizar una comparación sobre la que se reconozca la verdadera ganancia en materia de tiempos, se muestra a continuación el cuadro de tiempos y operaciones correspondiente a la fabricación de 20 instrumentales tipo **ST5-A** para los métodos de producción tradicional y los propuestos.

T/	ALISTAMIENTO CUERPOS				ALISTAMIENTO PUNTAS					
	Ajustes	Mecanizado cuerpos	Esmerilado		Enderezado del alambre	Corte del alambre	Conicidad puntas	Empate		
0	2'35,17"				00'45,00"					
1					00'4,42"				00'2,0"	00'10,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
					00'4,42"				00'2,0"	00'6,0"
2	00'4,42"	00'2,0"	00'20,0"							
	00'4,42"	00'2,0"								
	00'4,42"	00'2,0"								
	00'4,42"	00'2,0"								
	00'4,42"	00'2,0"								
	00'4,42"	00'2,0"								
	00'4,42"	00'2,0"								
	00'4,42"	00'2,0"								
	00'4,42"	00'2,0"								
	00'4,42"	00'2,0"								
3	10'39,33"				00'4,42"	00'2,0"	00'6,0"			
					00'4,42"	00'2,0"	00'6,0"			
					00'4,42"	00'2,0"	00'6,0"			
					00'4,42"	00'2,0"	00'6,0"			
					00'4,42"	00'2,0"	00'6,0"			
					00'4,42"	00'2,0"	00'6,0"			

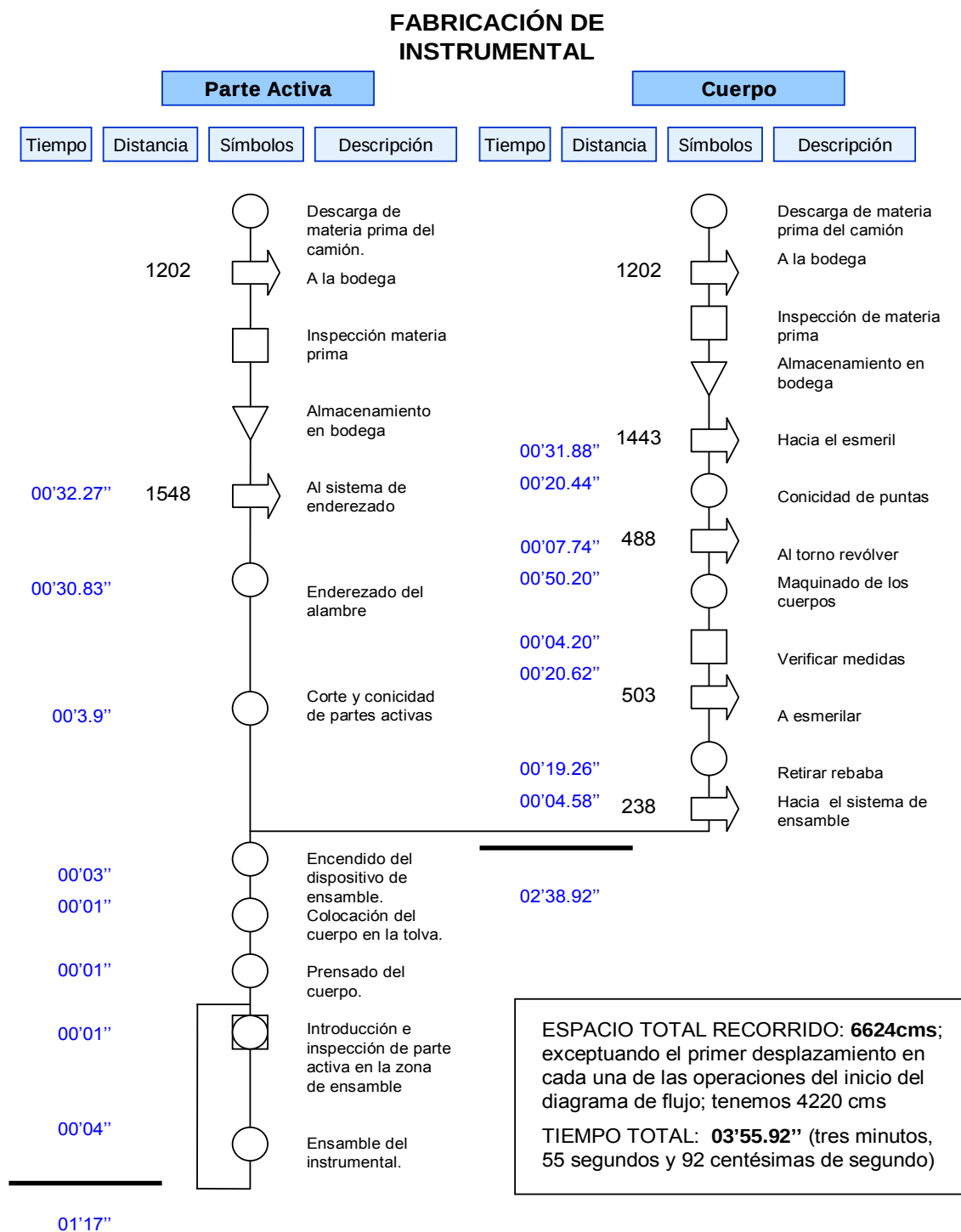


Figura 136. Diagrama de Flujo. Tiempos y desplazamientos para el sistema propuesto

Los tiempos que se muestran en la figura 137 indican los desplazamientos, operaciones e inspecciones en cada puesto de trabajo propuesto.

Comparando los tres minutos con cincuenta y cinco segundos del diagrama propuesto con el tiempo actual que maneja la empresa (diez minutos, treinta y siete segundos) para el proceso de alistamiento y ensamble se tiene una optimización de los procesos de un 300% y una disminución del espacio recorrido de 2436 cms que repercute directamente en la disminución de tiempos y reducción de costos para la empresa.

7.3. EVALUACION ECONÓMICA

En la acelerada forma como se mueven los negocios hoy día, todo empresario se ve enfrentado a la decisión de modernizar su empresa, a fin de llevarla a niveles competitivos. Esta decisión se origina por una sola, o por una combinación de las siguientes causas:

- Deterioro total de la maquinaria existente.
- Capacidad de trabajo inadecuada para las labores a realizar
- Costos de mantenimiento muy altos.
- Crecimiento del tiempo perdido
- Eficiencia declinante en calidad y cantidad
- Obsolescencia tecnológica.

En la primera situación, la decisión es fácil, no da cabida a análisis pues no hay otra alternativa: comprar un nuevo equipo. En los demás casos la situación es más complicada por cuanto los equipos existentes pueden cumplir aún la labor encomendada y obviamente la decisión a tomar está entre continuar operando con los equipos actuales, salir de los equipos viejos y adquirir los equipos nuevos, o salir de los equipos viejos y suspender la actividad.

Esta decisión requiere además de una evaluación técnica muy clara en lo referente a tiempos perdidos, productividad, calidad, desperdicios, mantenimiento, obsolescencia relativa, etc., una traducción de dichos efectos, en términos de inversiones, costos e ingresos, para poder evaluar las alternativas en consideración con dicha información.

En general, adquirir el equipo nuevo implica una inversión adicional, la cual como cualquier otra inversión debe estar plenamente justificada. La sustitución o adquisición de un equipo nuevo debe basarse en consideraciones económicas y no sólo en aspectos técnicos.

Para el caso específico de MARTHE, no existe en la actualidad un sistema que realice el trabajo para el cual fue diseñada la máquina del presente estudio, el proceso se realice todo manualmente, lo que simplifica el análisis económico a realizar.

La evaluación económica por lo tanto, se basa en el incremento de la productividad con la nueva herramienta, para lo cual se tienen en cuenta las siguientes variables:

- Valor de la máquina: Para establecer el valor de la máquina se realizó el despiece total de la misma, y se cotizaron cada uno de los elementos que la conforman, con materia prima idónea para el trabajo a realizar, a fin de garantizar una vida útil prolongada y un rendimiento óptimo.
- Vida útil: En términos financieros, la vida útil de la máquina es el tiempo durante el cual la herramienta está en capacidad de producir piezas en óptimas condiciones.

Analizados los implementos que conforman la máquina propuesta, se llegó a la conclusión de que la vida útil de la máquina es de doce años, no tanto por que exista riesgo de que alguna de las piezas se fatigue, sino porque con el avance actual de la tecnología, en el lapso de doce años el mercado estará en condiciones de ofrecer algunas de las piezas, especialmente los motores, a menores precios, con costos de funcionamiento mínimos (consumo de energía especialmente).

- Costo de mantenimiento anual: El costo de mantenimiento lo constituye el mantenimiento del sistema hidráulico y eléctrico, cambio de racores, reguladores de caudal, cambio de aceite del sistema hidráulico, afilado y cambio de troqueles, etc.
- Depreciación: Este concepto se origina en el hecho real de que los bienes tangibles disminuyen su valor con la edad, debido a desgaste, deterioro y

obsolescencia. El término de depreciación se usa en contextos diferentes como son:

- Una deducción tributaria: El valor de la depreciación reduce la renta gravable y los impuestos a pagar.
- Un costo de operación: La depreciación se usa como un costo, similar al costo de materia prima, a los costos de operación, etc, para reflejar claramente la utilidad obtenida en el proceso de producción.
- Un medio de generar fondos para reemplazar el equipo: Al descontarse la depreciación del estado de Ganancias y Pérdidas de la empresa, se están liberando fondos de efectivo que pueden ser utilizados para reemplazar los equipos, aunque esto no implica que el valor de la depreciación tenga que invertirse realmente en la compra de nuevos equipos.
- Una medida de la pérdida de valor: La depreciación también puede ser analizada como la pérdida de valor anual de dicho bien.
- Incremento de la producción anual proyectada: Los estudios de tiempo arrojaron que la máquina está en capacidad de producir un instrumental cada cuatro minutos, solo la parte que encierra el proceso de corte y ensamble, versus diez minutos que emplea actualmente el operario. Esto daría un ahorro de seis minutos en cada instrumental producido. Si se toma la producción mensual de 1.800 unidades, se tendría que mensualmente se ahorraría 10.800 minutos, los cuales al emplearlos en la producción de nuevos instrumentales, darían un incremento de 234 unidades mensuales, para un total anual aproximado de 2.582 unidades adicionales producidas.
- Rentabilidad adicional proyectada: Tomando como base las 2.582 unidades adicionales producidas, multiplicadas por el margen de utilidad promedio por instrumental (dato suministrado por la empresa), se tendría un ingreso adicional de \$12.913.043. A este valor se le deducen los costos adicionales

que generará la máquina tales como mantenimiento, depreciación e incremento en el consumo de servicios públicos (energía eléctrica), lo que daría una rentabilidad adicional proyectada de \$8.246.376.81.

7.3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- RENTABILIDAD

Teniendo en cuenta que el costo de la máquina es de \$20.000.000, esta inversión arrojaría una rentabilidad del 41.23% anual, o sea un 3.44% mensual, valor bastante llamativo en las condiciones actuales del mercado financiero en el país, donde las inversiones en Bancos están generando escasamente un 0.5% mensual, y se adquieren créditos en el mercado financiero al 1.5% mensual. Es decir, en caso tal de que la empresa no contara con el dinero suficiente para adquirir la máquina de contado y necesitara recurrir a un crédito bancario, la máquina estaría en capacidad de pagar el interés bancario actual y generar un excedente del 1.94% sobre el valor inicial para abono a capital.

Analizando el incremento con relación a las utilidades actuales, se tiene un aumento aproximado del 7.64%. Cabe anotar que este valor se da analizando solo lo que la empresa está en capacidad de producir en las condiciones *actuales*, pues la máquina realmente tiene capacidad para incrementar la producción hasta en un 67% (pasando de producir 21.600 unidades anuales a

producir 36.000), pero en virtud a que existen en la empresa otros cuellos de botella que están limitando la producción de la empresa al 34% de su capacidad instalada, el beneficio real de la máquina se limita sustancialmente. Haciendo un análisis Si la máquina se utilizara en un 100% de su capacidad de producción, la rentabilidad de la empresa aumentaría hasta en un 58%,

- **RECUPERACIÓN DE LA INVERSION**

Si la inversión se realizara con dineros propios, en condiciones normales, se recuperaría en un lapso de dos años y medio aproximadamente.

En caso de que se recurriera a un crédito, con una tasa mensual del 1.5%, interés vencido, la empresa estaría en capacidad de pagar el crédito en 60 meses, es decir, 5 años, empleando tan solo el 1.5% para intereses, lo que daría un remanente del 1.94% para utilidad.

**DISEÑO DE UNA MAQUINA PARA EL ENSAMBLE DE INSTRUMENTAL ODONTOLÓGICO
PARA LA EMPRESA MARTHE**

EVALUACIÓN ECONÓMICA

VALOR DE LA MAQUINA		20,000,000.00
VIDA UTIL	AÑOS	12
COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL		2,400,000.00
DEPRECIACIÓN ANUAL		1,666,666.67
Costo de la máquina	20,000,000.00	
Vida útil (en años)	<u>12.00</u>	
INCREMENTO DE LA PRODUCCION ANUAL PROYECTADA		2,582.61
Capacidad de producción en este proceso	1 c/4 min	
Producción actual en este proceso	1 c/10 min	
Ahorro de tiempo por instrumental	6.00 Minutos	
Instrumental producido mensualmente	1,800.00 Unidades	
Minutos ahorrados mensualmente	10,800.00 Minutos	
Tiempo de producción por intrumental	46.00 Minutos	
Capacidad de producir nuevo intrumental	234.78 Un/mes	
Meses laborados en el año	<u>11.00 Meses</u>	
MARGEN DE RENTABILIDAD POR INSTRUMENTAL		5,000.00
RENTABILIDAD ADICIONAL PROYECTADA ANTES DE COSTOS		
Incremento de la producción anual	2,582.61	
X Margen de rentabilidad por instrumental	<u>5,000.00</u>	12,913,043.48
(MENOS) COSTOS ADICIONALES		
Depreciación anual de la máquina	1,666,666.67	
Mantenimiento anual de la máquina	2,400,000.00	
Incremento de servicios públicos	<u>600,000.00</u>	-4,666,666.67
RENTABILIDAD ADICIONAL PROYECTADA		<u><u>8,246,376.81</u></u>

BIBLIOGRAFIA

- INTRODUCCION A LA NEUMATICA. Antonio Guillen Salvador. Alfaomega Marcombo 1995. Barcelona España.
- CÁLCULO Y DISEÑO DE CIRCUITOS EN APLICACIONES NEUMATICAS. Salvador Millán. 1998 Alfa omega Marcombo. Bogotá.
- ERGONOMÍA 3 DISEÑOS DE PUESTOS DE TRABAJO. Mondelo Pedro R.. Mutua Universal.1999. Ediciones UPC
- LA INNOVACION TECNOLOGICA EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA: Un estudio en dos cadenas industriales. Edotires: Marisela Vargas, Florentino Malaver, Alvaro Zerda. 590 p. 2003
- CARROBLES, Marcial. Manual de mecánica industrial. Edición 1999, ultural S.A. Madrid – España. 227 pág.
- SEELY, Fred B. Resistencia de materiales, México. Unión tipográfica. Editorial hispano americana, UTEHA, 1960.
- NORMAN,Donald A. La Psicología de los Objetos Cotidianos. Madrid- Nereas. 1990. 299p.
- MUNARI, Bruno. Como nacen Los Objetos. Barcelona: Gustavo Gili. 1983.385
- MONDELO, Pedro. Ergonomía 1 Fundamentos. Mondelo. Méjico-Alfaomega Editores, 2000. 194 p.

- ESTRADA, Jairo. Ergonomía. Antioquia – Universidad de Antioquia, 200. 345 p.
- MAPHFRE, Fundación. Manual de Ergonomía. Madrid – Maphfre . 1995. 619p.
- FERRER, Francisco V. Manual de Ergonomía Fundación Mapfre, editorial Mapfre S.A. 1994.
- Catálogo Hidráulica Rexroth
- Catálogo Neumática Festo.
- Catálogo Técnico, Compañía general de aceros
- Catálogo Motores Trifásicos cerrados WEG.
- Catálogo SKF
- Catálogo de motores Sew Eurodrive, pistones y bombas hidráulicas Vickers, Mindman.
- Normas Técnicas Colombianas, 1461, 1819.

CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones se formulan basados el trabajo realizado durante el presente año en la empresa Marthé Arias Sucesores:

- El presente proyecto surge como alternativa de presentar a la pequeña empresa del área de la fabricación de instrumentales odontológicos, una máquina producida nacionalmente acorde con sus necesidades y presupuesto.
- La labor del diseñador en la empresa, es de vital importancia para generar soluciones a problemas de tipo particular que estén afectando en alguna medida la productividad.
- La identificación de las causas de los problemas que aquejan a las empresas a nivel productivo debe partir de un estudio minucioso de los todos los aspectos que la componen, con el fin de evitar la utilización de información parcial y equivocada.
- La realización de un proyecto de tal magnitud como el presente que tiende a la optimización de los procesos productivos, conlleva la interacción de diferentes disciplinas en las que se mezclan los saberes teóricos con los de tipo práctico y requieren de la correcta administración del conocimiento para lograr objetivos bien orientados.

- Gracias al análisis de cada uno de las fases de producción dentro de la empresa se logró definir con exactitud que las demoras en los procesos dependen directamente de la experiencia del trabajador y de otros factores externos que intervienen en las labores netamente artesanales que desarrolla Marthé; tales factores bien diseñados como la ubicación, la disposición del operario, la iluminación y los niveles de ruido en el puesto de trabajo entre otros, permiten un buen desempeño del operario y una disminución en los tiempos de ejecución o fabricación de instrumental.
- Optimizar un proceso productivo dentro de una empresa requiere un estudio detallado de los tiempos, los procesos y los recorridos que se efectúen al interior para detectar las demoras o atascamientos que hacen ineficiente el proceso de fabricación ya sea de un bien o un servicio.
- Posterior a la identificación total del problema, la labor del diseñador lleva a la creación de soluciones particulares basadas en otras de tipo general ya existentes en el mercado y con las que se llegue a una propuesta correctamente coordinada con las necesidades de la empresa, aún cuando ésta no las haya identificado por completo.
- La introducción de tecnología en el entorno de una empresa, genera beneficios de manera inmediata sobre sus recursos siempre que para ésta se haya tenido en cuenta todo el entorno de trabajo y se observen las repercusiones directas e indirectas que puedan generar.

- Para la fabricación de un prototipo funcional con el que se puedan realizar todas las labores para las que fue diseñada, se requiere del reconocimiento de la oferta comercial de materias primas y procesos con el fin de evitar situaciones que repercutan directamente sobre el precio final de la máquina.
- Finalmente se puede concluir que se cumplieron a cabalidad los objetivos planteados al inicio de este proyecto, para los que se tuvieron en cuenta todos los aspectos que componen el quehacer de una empresa y sin llegar a generar situaciones contraproducentes.

8. ANEXOS

ANEXO A

ESTÁNDARES DE INSTRUMENTAL

ST1-A	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	2 de 38,0 mm Largo
Conos	2 de 5,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST2-B	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	80,0 mm de Largo
Bahías	2 de 30,0 mm Largo
Conos	2 de 5,0 mm de Largo
Puntas	2,0 mm de Diámetro
Broca	1,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST1-B	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	2 de 38,0 mm Largo
Conos	2 de 5,0 mm de Largo
Puntas	2,0 mm de Diámetro
Broca	1,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST3-A	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	2 de 38,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST1-C	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	2 de 38,0 mm Largo
Conos	2 de 5,0 mm de Largo
Puntas	2,70 mm de Diámetro
Broca	2,60 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST3-B	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	2 de 38,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	2,0 mm de Diámetro
Broca	1,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST1-D	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	2 de 38,0 mm Largo
Conos	2 de 5,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST3-C	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	2 de 38,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	2,7 mm de Diámetro
Broca	2,60 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST4-A	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	107,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST5-A	
Varilla	1/4" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	107,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST4-B	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	107,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	2,0 mm de Diámetro
Broca	1,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST5-B	
Varilla	1/4" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	107,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	2,0 mm de Diámetro
Broca	1,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST4-C	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	107,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	2,7 mm de Diámetro
Broca	2,60 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST5-D	
Varilla	1/4" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	107,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST4-D	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	107,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	2 de 6,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST6-D	
Varilla	1/4" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	90,0 mm de Largo
Bahías	2 de 35,0 mm Largo
Conos	2 de 3,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST19-B	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Mixto
Largo Total	140,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	2,0 mm de Diámetro
Broca	1,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST18-A	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Mixto
Largo Total	130,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 y 35,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST7-E	
Varilla	1/4" de Diámetro
Cuerpo	Doble extremo
Largo Total	107,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	No tiene
Puntas	4,0 mm de Diámetro
Broca	3,90 mm a 10,0 mm de Profundidad

ST10-B	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	120,0 mm de Largo
Bahías	1 de 76,0 mm Largo
Conos	1 de 5,0 mm de Largo
Puntas	No Tiene, Lleva rosca
Broca	2,30 mm a 10,0 mm de Profundidad

ST11-D	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	120,0 mm de Largo
Bahías	1 de 76,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST12-D	
Varilla	1/4" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	120,0 mm de Largo
Bahías	1 de 76,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST13-A	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	80,0 mm de Largo
Bahías	1 de 48,0 mm Largo
Conos	1 de 5,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST14-D	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	1 de 50,0 mm Largo
Conos	1 de 5,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST15-A	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	1 de 50,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST15-D	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	100,0 mm de Largo
Bahías	1 de 50,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST17-B	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Mixto
Largo Total	130,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 y 35,0 mm Largo
Conos	1 de 5,0 mm de Largo
Puntas	2,0 mm de Diámetro
Broca	1,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST10-A	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	120,0 mm de Largo
Bahías	1 de 76,0 mm Largo
Conos	1 de 5,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST10-D	
Varilla	3/16" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	120,0 mm de Largo
Bahías	1 de 76,0 mm Largo
Conos	1 de 5,0 mm de Largo
Puntas	3,0 mm de Diámetro
Broca	2,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ST18-A	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Mixto
Largo Total	130,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 y 35,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST11-A	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Sencillo (un solo extremo)
Largo Total	120,0 mm de Largo
Bahías	1 de 76,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	1,50 mm de Diámetro
Broca	1,40 mm a 7,0 mm de Profundidad

ST19-B	
Varilla	7/32" de Diámetro
Cuerpo	Mixto
Largo Total	140,0 mm de Largo
Bahías	2 de 40,0 mm Largo
Conos	1 de 6,0 mm de Largo
Puntas	2,0 mm de Diámetro
Broca	1,90 mm a 9,0 mm de Profundidad

ANEXO B

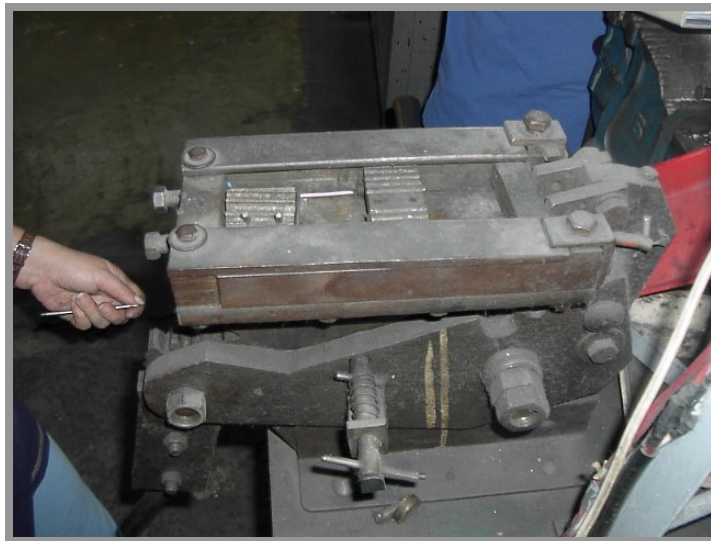
DISPOSITIVO DE ENSAMBLE UTILIZADO POR LA EMPRESA EN LOS AÑOS 80 Y 90

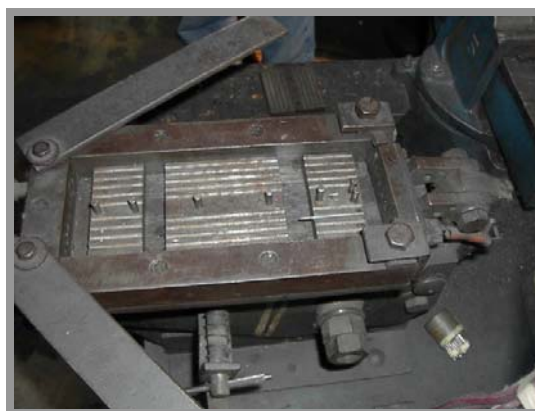
El dispositivo que desarrolló la empresa y que fue expuesto con anterioridad da pautas para un proceso similar de introducción de partes activas por presión o golpe que se puede desarrollar en la máquina de manera mecánica, neumática o hidráulica.

Este proceso industrialmente se ha desarrollado por medio de altas temperaturas donde se expanden los metales agujereados y se introducen los ejes o varillas para una perfecta unión; estos procedimientos demandan un alto consumo energético además de dejar impurezas de aceite en las superficies, no muy convenientes para nuestro caso que debe ser 100% higiénico.

La empresa hacia principios de los noventa planteó una solución para ensamblar el instrumental con un dispositivo (gráfico) manual disminuyendo los tiempos de producción; éste dispositivo consistía en una palanca de fuerza infinita que a presión introducía 20 partes activas a 10 instrumentales a la vez; el dispositivo estaba elaborado en acero 1020 y contaba con matrices intercambiables de acuerdo al diámetro de cuerpo y parte activa a utilizar así como longitud graduable dependiendo del estándar de fabricación en el momento.

El dispositivo con el tiempo presentó fallas de precisión debido a la excentricidad de agujeros de las matrices y a la falta de calibración del mismo que llevaron a procesar instrumental defectuoso con abolladuras; la fuerza aplicada manualmente no era controlada y no se sabía con exactitud la distancia de penetración de la parte activa en el cuerpo lo que generaba en procesos posteriores de maquinado la salida de las puntas activas del mango. Las partes activas debían ser completamente derechas para no violentar el cuerpo del instrumental; en la parte superior el dispositivo llevaba dos platinas que debían asegurar las matrices en el momento de ensamblar ya que de lo contrario la fuerza podía hacer saltar las matrices del dispositivo y ocasionar daños al operario.





ANEXO C

DIAGRAMA DE PROCESOS

DIAGRAMA DE PROCESO				
Proceso Actual				
Sujeto del diagrama: empate de instrumental odontológico Elaborado por: Carlos Alberto Angulo - Adriana Gualdrón Fecha: 03/08/2004				
Distancia en metros	Tiempo en minutos	Símbolos del diagrama	Descripción del Proceso	
446			Toma el cuerpo Abre la prensa Introduce el cuerpo Cierra la prensa Busca el empataador Toma el empataador- inspecciona el diámetro y el largo Introduce la parte activa en el empataador Introduce el otro extremo de la parte activa en el cuerpo (martillado) Retira el empataador Inspecciona Abre la prensa Gira el instrumental Introduce el instrumental Cierra la prensa Toma el empataador Introduce la parte activa en el empataador Introduce el otro extremo de la parte activa en el cuerpo (martillado). Retira el empataador Inspecciona Hacia la mesa de corte del instrumental	
446 cms	00'40"12"	16 1 3 1	TOTAL	

En 00'40"12" se efectúan 16 operaciones, 1 desplazamiento, 3 inspecciones y 1 demora en el proceso de empate

DIAGRAMA DE PROCESO				
Proceso Actual				
Sujeto del diagrama: alistamiento del cuerpo				
Elaborado por: Carlos Alberto Angulo - Adriana Gualdrón				
Fecha: 03/08/2004				
Distancia en metros	Tiempo en minutos	Símbolos del diagrama		Descripción del Proceso
1202		● → □ D ▽		Descarga de materia prima del camión
		○ → □ D ▽		A la bodega
		○ → ■ D ▽		Inspección de materia prima
		○ → □ D ▽	▽	Almacenamiento en bodega
1443		○ → □ D ▽		Hacia el esmeril
		● → □ D ▽		Encender el esmeril
		● → □ D ▽		Conicidad en extremos
		● → □ D ▽		Apaga el esmeril
488		○ → □ D ▽		Al torno revólver
		● → □ D ▽		Introducir Varilla
		● → □ D ▽		Calibrar el torno
		● → □ D ▽		Deslizar la varilla
		● → □ D ▽		Hacer canales en el cuerpo
		● → □ D ▽		Hacer agujeros
		● → □ D ▽		Hacer conicidad en los extremos del cuerpo
		● → □ D ▽		Cortar cuerpo
503		○ → □ D ▽		Comprobar medidas
		○ → □ D ▽		Hacia el esmeril
		● → □ D ▽		Encender el esmeril
		● → □ D ▽		Pulir el cuerpo
		○ → □ D ▽		Inspección
		● → □ D ▽		Retirar rebaba del cuerpo
		● → □ D ▽		Apagar el esmeril
		○ → □ D ▽		Hacia la mesa de empate
463				
4099 cms	00'50"20"	15	5 3 -	TOTAL

Estas operaciones, demoras y desplazamientos se exceptúan puesto que no intervienen directamente en el proceso general debido a que no se realizan consecutivamente en el mismo día.

En 00'50"20" se realizan 14 operaciones, 4 desplazamientos y 2 inspecciones

DIAGRAMA DE PROCESO						
Proceso Actual						
Sujeto del diagrama: alistamiento de las partes activas						
Elaborado por: Carlos Alberto Angulo - Adriana Gualdrón						
Fecha: 03/08/2004						
Distancia en metros	Tiempo en minutos	Símbolos del diagrama			Descripción del Proceso	
1202		● → □ D ▽			Descarga de materia prima del camión	
		○ → □ D ▽			A la bodega	
		○ → ■ D ▽			Inspección de materia prima	
		● → □ D ▽			Corte del alambre	
		○ → □ D ▽			Almacenamiento en bodega	
1442	00'30"14"	○ → □ D ▽			Hacia la mesa de rectificado	
	00'07"88"	○ → □ ■ ▽			Consecución de herramientas	
	03'46"18"	● → ■ D ▽			Enderezado de alambre - inspección	
902	02'06"06"	○ → □ ■ ▽			Operario descansa	
	00'16"31"	○ → □ D ▽			Hacia la mesa de corte	
	01'14"38"	● → □ D ▽			Gradúa cizalla	
		○ → ■ D ▽			Inspecciona	
	00'02"06"	● → □ D ▽			Corta Alambre	
689	00'04"53"	○ → ■ D ▽			Comprueba medidas	
	00'01"75"	● → □ D ▽			Corta Alambre	
	00'08"35"	○ → □ D ▽			Hacia el esmeril	
	00'01"09"	● → □ D ▽			Enciende el esmeril.	
	00'04"27"	● → □ D ▽			Hace conicidad de punta.	
		○ → ■ D ▽			Inspecciona	
	00'01"63"	● → □ D ▽			Gira la parte activa	
280	00'04"27"	● → □ D ▽			Hace conicidad de punta.	
	00'01"09"	● → □ D ▽			Apaga el esmeril	
	00'32"39"	○ → □ D ▽			A la mesa de empate	
4515 cms	09'05"58"	11	5	5	2	TOTAL

Estas operaciones, demoras y desplazamientos se exceptúan puesto que no intervienen directamente en el proceso general debido a que no se realizan consecutivamente en el mismo día.

En 09'05"58" se realizan 9 operaciones, 4 desplazamientos, 4 inspecciones y 2 demoras

ANEXO D

MUESTREO

EXCENTRICIDADES DE LOS CUERPOS

ST1: CUERPO DOBLE (2 puntas activas) - DIAMETRO 3/16" - 100 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO	LADO + GRUESO	Ø INTERNO
1 ¹ punta	2.9 mm	0.8 mm	1.5 mm ^{-0.1 mm}
1 ² punta	2.9 mm	0.8 mm	1.5 mm ^{-0.1 mm}

ST1: CUERPO DOBLE - DIÁMETRO 7/32" - 107 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO	LADO + GRUESO	Ø INTERNO
1 ¹	3.6 mm	1.1 mm	1.5 mm
1 ²	3.6 mm	1.2 mm	1.5 mm

ST2 : CUERPO DOBLE – DIÁMETRO 3/16" – 100 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
---------	----------------	--------------------	----------------

1^1	3.2	0.8	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
1^2	3.2	0.75	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
2^1	3.3	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
2^2	3.1	0.8	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
3^1	3.4	0.75	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
3^2	3.3	0.75	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
4^1	3.5	0.9	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
4^2	3.3	0.85	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
5^1	3.3	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
5^2	3.1	0.9	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
6^1	3.3	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
6^2	3.2	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
7^1	3.4	0.75	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
7^2	3.2	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
8^1	3.3	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
8^2	3.3	0.8	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
9^1	3.4	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
9^2	3.1	0.8	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
10^1	3.3	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$
10^2	3.3	0.7	$2.0^{-0.1 \text{ mm}}$

ST3: CUERPO DOBLE – DIÁMETRO 3/16” – 100 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1 ¹	3.5	0.6	2.7 ^{-0.1mm}
1 ²	3.4	0.4	2.7 ^{-0.1}
2 ¹	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
2 ²	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
3 ¹	3.5	0.4	2.7 ^{-0.1}
3 ²	3.4	0.5	2.7 ^{-0.1}
4 ¹	3.5	0.6*	2.7 ^{-0.1}
4 ²	3.5	0.4	2.7 ^{-0.1}
5 ¹	3.5	0.65*	2.7 ^{-0.1}
5 ²	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
6 ¹	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
6 ²	3.5	0.6*	2.7 ^{-0.1}
7 ¹	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
7 ²	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
8 ¹	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
8 ²	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
9 ¹	3.5	0.5	2.7 ^{-0.1}
9 ²	3.6	0.6	2.7 ^{-0.1}
10 ¹	3.5	0.55	2.7 ^{-0.1}
10 ²	3.45	0.5	2.7 ^{-0.1}

ST3: CUERPO DOBLE – DIÁMETRO 7/32” – 100 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1 ¹	4.3	0.8	2.7 ^{-0.1mm}
1 ²	4.35	0.9	2.7 ^{-0.1}
2 ¹	4.15	0.8*	2.7 ^{-0.1}
2 ²	4.15	0.8*	2.7 ^{-0.1}
3 ¹	4.4	0.9*	2.7 ^{-0.1}
3 ²	4.3	0.9	2.7 ^{-0.1}
4 ¹	3.9	0.65	2.7 ^{-0.1}
4 ²	4.4	0.9*	2.7 ^{-0.1}
5 ¹	4.3	1*	2.7 ^{-0.1}
5 ²	4.3	1*	2.7 ^{-0.1}
6 ¹	4.3	0.9	2.7 ^{-0.1}
6 ²	4.3	0.8	2.7 ^{-0.1}
7 ¹	4.1	0.9	2.7 ^{-0.1}
7 ²	4.3	1	2.7 ^{-0.1}
8 ¹	4.3	0.9	2.7 ^{-0.1}
8 ²	4.3	0.9	2.7 ^{-0.1}
9 ¹	4.2	0.8	2.7 ^{-0.1}
9 ²	4.2	0.8	2.7 ^{-0.1}
10 ¹	4.1	1*	2.7 ^{-0.1}
10 ²	4.3	0.9	2.7 ^{-0.1}

ST4: CUERPO DOBLE – DIÁMETRO 3/16” – 100 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1 ¹	3.9	0.55	3 ^{-0.1 mm}
1 ²	3.9	0.5	3 ^{-0.1}
2 ¹	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
2 ²	3.8	0.4	3 ^{-0.1}
3 ¹	3.6	0.3	3 ^{-0.1}
3 ²	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
4 ¹	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
4 ²	3.7	0.5	3 ^{-0.1}
5 ¹	4	0.6	3 ^{-0.1}
5 ²	3.9	0.5	3 ^{-0.1}
6 ¹	3.7	0.5	3 ^{-0.1}
6 ²	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
7 ¹	3.9	0.5	3 ^{-0.1}
7 ²	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
8 ¹	3.9	0.5	3 ^{-0.1}
8 ²	4	0.55	3 ^{-0.1}
9 ¹	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
9 ²	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
10 ¹	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
10 ²	3.7	0.4	3 ^{-0.1}

ST4: CUERPO DOBLE – DIÁMETRO 7/32” – 108 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1 ¹	4.2	0.6	3 ^{-0.1 mm}
1 ²	4.3	0.8	3 ^{-0.1}
2 ¹	4.4	0.8	3 ^{-0.1}
2 ²	4.0	0.7	3 ^{-0.1}
3 ¹	4.0	0.9*	3 ^{-0.1}
3 ²	4.1	0.7	3 ^{-0.1}
4 ¹	4.5	0.9	3 ^{-0.1}
4 ²	4.2	0.6	3 ^{-0.1}
5 ¹	4.2	0.8*	3 ^{-0.1}
5 ²	4.0	0.45	3 ^{-0.1}
6 ¹	4.0	0.6	3 ^{-0.1}
6 ²	4.4	0.65*	3 ^{-0.1}
7 ¹	4.5	0.9*	3 ^{-0.1}
7 ²	4.0	0.6	3 ^{-0.1}
8 ¹	4.3	1*	3 ^{-0.1}
8 ²	4.5	0.9	3 ^{-0.1}
9 ¹	4.4	0.8	3 ^{-0.1}
9 ²	4.2	0.55	3 ^{-0.1}
10 ¹	4.5	0.9	3 ^{-0.1}
10 ²	4.0	0.6	3 ^{-0.1}

ST5: CUERPO DOBLE – DIÁMETRO 1/4” – 107mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1 ¹	4.5	1	3 ^{-0.1 mm}
1 ²	4.3	1	3 ^{-0.1}
2 ¹	4.4	0.95	3 ^{-0.1}
2 ²	4.3	0.9	3 ^{-0.1}
3 ¹	4.5	1	3 ^{-0.1}
3 ²	4.45	0.9	3 ^{-0.1}
4 ¹	4.4	0.95	3 ^{-0.1}
4 ²	4.3	0.9	3 ^{-0.1}
5 ¹	4.3	0.9	3 ^{-0.1}
5 ²	4.3	0.9	3 ^{-0.1}
6 ¹	4.3	0.95	3 ^{-0.1}
6 ²	4.25	0.9	3 ^{-0.1}
7 ¹	4.35	0.95	3 ^{-0.1}
7 ²	4.3	1	3 ^{-0.1}
8 ¹	4.5	1.3	3 ^{-0.1}
8 ²	4.35	1	3 ^{-0.1}
9 ¹	4.4	1	3 ^{-0.1}
9 ²	4.3	1*	3 ^{-0.1}
10 ¹	4.3	1	3 ^{-0.1}
10 ²	4.3	0.95	3 ^{-0.1}

ST6: CUERPO DOBLE – DIÁMETRO 1/4” – 107 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1 ¹	4.4	1.2	2 ^{-0.1 mm}
1 ²	4.4	1.5 ^{agujero pequeño}	2 ^{-0.1}
2 ¹	3.4	0.85	2 ^{-0.1}
2 ²	4.0	1.1	2 ^{-0.1}
3 ¹	4.0	1	2 ^{-0.1}
3 ²	4.6	1.3	2 ^{-0.1}
4 ¹	4.5	1.3	2 ^{-0.1}
4 ²	4.3	1.35	2 ^{-0.1}
5 ¹	4.1	1.2	2 ^{-0.1}
5 ²	4.2	1.3	2 ^{-0.1}
6 ¹	4.3	1.2	2 ^{-0.1}
6 ²	4.1	1	2 ^{-0.1}
7 ¹	4.1	1.1	2 ^{-0.1}
7 ²	4.2	1.1	2 ^{-0.1}
8 ¹	3.9	1.1	2 ^{-0.1}
8 ²	3.4	0.75	2 ^{-0.1}
9 ¹	4.5	1.4	2 ^{-0.1}
9 ²	4.45	1.1	2 ^{-0.1}
10 ¹	4.0	1	2 ^{-0.1}
10 ²	4.3	1.5	2 ^{-0.1}

**ST8: CUERPO SENCILLO (una punta activa) – DIÁMETRO 3/16” – 80 mm
de largo**

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1	3	0.9	1.5 ^{-0.1mm}
2	2.8	0.9	1.5 ^{-0.1}
3	3	1*	1.5 ^{-0.1}
4	3	1	1.5 ^{-0.1}
5	3.1	0.9	1.5 ^{-0.1}
6	3.1	0.85	1.5 ^{-0.1}
7	2.7	0.6	1.5 ^{-0.1}
8	3.2	1	1.5 ^{-0.1}
9	3.15	0.9	1.5 ^{-0.1}
10	3	0.9	1.5 ^{-0.1}

ST9: CUERPO SENCILLO – DIÁMETRO 7/32” – 121 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1	3.6	1.1	1.5 ^{-0.1mm}
2	3.5	1.2*	1.5 ^{-0.1}
3	3.8	1.2	1.5 ^{-0.1}
4	3.7	1.25	1.5 ^{-0.1}
5	3.4	1.1	1.5 ^{-0.1}
6	3.5	1.2	1.5 ^{-0.1}
7	3.8	1.4	1.5 ^{-0.1}
8	3.5	1.1	1.5 ^{-0.1}
9	3.6	1.1	1.5 ^{-0.1}
10	3.6	1.2	1.5 ^{-0.1}

ST9: CUERPO SENCILLO – DIÁMETRO 3/16” – 113 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1	3	0.9	1.5 ^{-0.1mm}

ST11: CUERPO SENCILLO – DIÁMETRO 3/16” – 121 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1	4	0.6	3 ^{-0.1 mm}
2	3.8	0.5	3 ^{-0.1}
3	3.6	0.4	3 ^{-0.1}

ST13: CUERPO SENCILLO – DIÁMETRO 3/16” – 130 mm de largo

PROBETA	Ø EXTERNO (mm)	LADO + GRUESO (mm)	Ø INTERNO (mm)
1	4	1	2.7 ^{-0.1 mm}
2	3.9	1*	2.7 ^{-0.1}
3	4	1	2.7 ^{-0.1}

ANEXO E

TIEMPOS DE ALISTAMIENTO PARA ENSAMBLE

DESENTORCHE DE VARILLA – PARTES ACTIVAS

CALIBRE (mm.)	TIEMPOS (min,seg,cs)						
	1	2	3	4	5	6	7
3	03'17''18'''	03'17''89'''	03'05''26'''	03'35''38'''	04'35''14'''	04'07''32'''	04'21''06'''
2.7	04'16''08'''	04'21''00'''					
2	03'23''98'''	02'17''92'''	02'04''34'''	02'53''31'''	03'00''90'''	02'33''08'''	02'35''86'''
1.5	04'53''07'''	04'12''46'''	04'17''10'''				

1. ST2: CUERPO DOBLE DE Ø 3/16" Y PUNTA ACTIVA DE Ø 2 mm

Toma de tiempos a partir del corte de las puntas ativas.

PROCESO	CANTIDAD	TIEMPO (min,seg,cs)
corte de puntas	30	00'22''00'''
Esmerilado de puntas	30	06'28''51'''
Transición procesos: esmerilado - empate		00'30''93'''
Empate de cuerpos ^(cuadro 1)	15	10'11''46'''
Alistamiento de pinzas		00'28''62'''
Verificación y arreglo de puntas ^(cuadro 2)	30	15'08''65'''

CUADRO 1. EMPATE DE CUERPOS

Tiempo promedio: 00'40''47'''

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'55''00'''
2	00'44''43'''
3	00'44''24'''
4	00'40''89'''
5	00'42''05'''
6	00'37''99'''
7	00'35''61'''
8	00'40''35'''
9	00'37''58'''
10	00'38''84'''
11	00'34''29'''
12	00'48''69'''
13	00'36''69'''
14	00'37''21'''
15	00'33''20'''

CUADRO 2. VERIFICACION Y ARREGLO DE PUNTAS

Tiempo Promedio: 01'00''36'''

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	01'12''42'''
2	00'59''01'''
3	00'59''75'''
4	00'55''60'''
5	00'38''89'''
6	00'35''80'''
7	00'49''50'''
8	01'02''62'''
9	00'56''02'''
10	00'43''39'''
11	00'22''93'''
12	01'09''05'''
13	01'18''26'''
14	02'34''28'''
15	00'47''13'''

2. TUBING : PARTE ACTIVA Ø 5mm y CUERPO DE Ø ¼"

Tiempo promedio: 00'58''14'''

PROCESO	CANTIDAD	TIEMPO (min,seg,cs)
Esparcimiento del adhesivo y empate de los cuerpos	5	04'50''71'''

3. ST3: CUERPO DOBLE DE Ø 3/16" Y PARTE ACTIVA DE Ø 2.7 mm

PROCESO	CANTIDAD	TIEMPO (min,seg,cs)
Maquinado de cuerpos	5	02'24''46'''
Pulimento de cuerpos (retirar rebaba) (cuadro 3)	7	02'06''30'''
Desentorchar alambre p.a.	2	08'37''08'''
Calibrar cizalla		01'14''84'''
Corte de Partes Activas (cuadro 4)	40	01'34''44'''
Empate de cuerpos (cuadro 5)	7	04'46''35'''

CUADRO 3. PULIMENTO DE CUERPOS (Retirar rebaba)

Tiempo Promedio: 00'18''04'''

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'10''16'''
2	00'27''43'''
3	00'13''98'''
4	00'23''05'''
5	00'13''07'''
6	00'15''99'''
7	00'20''62'''

CUADRO 4. CORTE DE PARTES ACTIVAS

Tiempo Promedio: 00'02''22'''

VARILLA	PARTES ACTIVAS	TIEMPO (min,seg,cs.)
1	11	00'23''60'''
2	14	00'33''36'''
3	15	00'36''68'''

CUADRO 5. EMPATE DE CUERPOS

Tiempo Promedio: 00'40''56'''

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'41''18'''
2	00'34''68'''
3	00'38''40'''
4	00'44''42'''
5	00'46''30'''
6	00'37''88'''
7	00'41''49'''

4. ST6: CUERPO DOBLE DE Ø 7/32" Y PARTE ACTIVA DE Ø 2mm

PROCESO	CANTIDAD	TIEMPO (min,seg,cs)
Empate de cuerpos ^{cuadro 6}	4	02'59"59"

CUADRO 6. EMPATE DE CUERPOS

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'43"07"
2	00'45"72"
3	00'45"68"
4	00'44"32"

ST11: CUERPO DOBLE DE Ø ¼" Y PARTES ACTIVAS DE Ø 3mm

PROCESO	CANTIDAD	TIEMPO (min,seg,cs)
Maquinado de cuerpos ^{cuadro 7}	8	09'33"47"
Pulimento de cuerpos (retirar rebaba) (cuadro 8)	13	04'30"13"
Calibrar cizalla		01'45"51"
Corte de Partes Activas ^(cuadro 9)	30	00'54"55"
Esmerilado de Puntas	30	02'13"36"
Empate de cuerpos ^(cuadro 10)	14	04'12"25"
Verificación y arreglo de puntas ^{cuadro11}	30	07'37"58"
Corte de puntas ^{cuadro12}	30	06'00"31"

CUADRO 7. Maquinado De cuerpos

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	02'05''95'''
2	01'01''32'''
3	00'46''77'''
4	00'50''14'''
5	00'51''09'''
6	00'55''32'''
7	01'13''60'''
8	01'47''28'''

CUADRO 8. Pulimento de Cuerpos

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'23''24'''
2	00'22''83'''
3	00'19''45'''
4	00'21''26'''
5	00'20''07'''
6	00'09''72'''
7	00'11''25'''
8	00'20''78'''
9	00'20''95'''
10	00'29''90'''
11	00'20''93'''
12	00'23''57'''
13	00'20''98'''

CUADRO 9. Corte de Partes Activas

VARILLA	PARTES ACTIVAS	TIEMPO (min,seg,cs.)
1	12	00'20''16'''
2	14	00'23''15'''
3	4	00'10''84'''

CUADRO 10. Empate de Cuerpos

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'17''59'''
2	00'19''84'''
3	00'18''87'''
4	00'16''64'''
5	00'18''31'''
6	00'19''04'''
7	00'18''01'''
8	00'21''20'''
9	00'17''31'''
10	00'17''81'''
11	00'18''90'''
12	00'13''45'''
13	00'14''01'''
14	00'16''87'''

CUADRO 11. Verificación y arreglo de Puntas

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'25''92'''
2	00'29''59'''
3	00'29''33'''
4	00'32''48'''
5	00'39''69'''
6	00'37''98'''
7	00'54''52'''
8	00'18''75'''
9	00'09''47'''
10	00'38''66'''
11	00'29''31'''
12	00'31''68'''
13	00'24''70'''
14	00'18''34'''
15	00'31''56'''

CUADRO 12. Corte de puntas

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'21''45'''
2	00'27''43'''
3	00'22''54'''
4	00'21''77'''
5	00'24''96'''
6	00'30''59'''
7	00'41''24'''
8	00'17''98'''
9	00'22''69'''
10	00'19''13'''
11	00'26''66'''
12	00'18''75'''
13	00'19''43'''
14	00'19''43'''
15	00'20'66'''

TIEMPOS DE ENSAMBLE

CUERPO DE 3/16" DE DIÁMETRO Y PARTES ACTIVAS DE 1.5 mm DE DIÁMETRO

Operario: URIEL

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'54''90'''
2	00'58''19'''
3	00'54''25'''
4	00'52''04'''
5	00'57''93'''
6	00'57''70'''
7	00'50''29'''
8	01'08''09'''
9	00'58''11'''
10	00'54''77'''
11	00'56''96'''
12	00'53''51'''
13	00'47''63'''
14	00'51''54'''
15	00'48''54'''

*CUERPO DE 3/16" DE DIAMETRO Y PARTES ACTIVAS DE 2.0 mm DE
DIÁMETRO*

Operario: SOCORRO

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'55''00'''
2	00'44''43'''
3	00'44''24'''
4	00'40''89'''
5	00'42''05'''
6	00'37''99'''
7	00'35''61'''
8	00'40''35'''
9	00'37''58'''
10	00'38''84'''
11	00'34''29'''
12	00'48''69'''
13	00'36''69'''
14	00'37''21'''
15	00'33''20'''

*CUERPO DE 3/16" DE DIAMETRO Y PARTES ACTIVAS DE 2.7 mm DE
DIÁMETRO*

Operario: SOCORRO

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'41''18'''
2	00'34''68'''
3	00'38''40'''
4	00'44''42'''
5	00'46''30'''
6	00'37''88'''
7	00'41''49'''
8	00'37''00'''
9	00'39''37'''
10	00'40''25'''
11	00'43''57'''
12	00'37''45'''
13	00'45''45'''
14	00'39''29'''
15	00'40''70'''

*CUERPO DE 7/32" DE DIAMETRO Y PARTES ACTIVAS DE 2.0 mm DE
DIÁMETRO*

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'43''07'''
2	00'45''72'''
3	00'45''68'''
4	00'44''32'''
5	00'40'70'''
6	00'39''25'''
7	00'43''80'''
8	00'37'45'''
9	00'42'41'''
10	00'44''21'''
11	00'47''02'''
12	00'39''58'''
13	00'41''05'''
14	00'41''56'''
15	00'40''67'''

*CUERPO DE 7/32" DE DIAMETRO Y PARTES ACTIVAS DE 2.7 mm DE
DIÁMETRO*

Operario: AURORA

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'25''31'''
2	00'28''81'''
3	00'23''34'''
4	00'23''28'''
5	00'24''37'''
6	00'21''62'''
7	00'23''70'''
8	00'28''66'''
9	00'26''38'''
10	00'25''68'''
11	00'22''46'''
12	00'23''63'''
13	00'23''16'''
14	00'21''09'''
15	00'23''40'''

Operario: OSCAR

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'22"94'''
2	00'29"84'''
3	00'28"59'''
4	00'33"19'''
5	00'29"32'''
6	00'30"52'''
7	00'38"82'''
8	00'30"84'''
9	00'32"12'''
10	00'27"56'''
11	00'33"43'''
12	00'30"37'''
13	00'32"03'''
14	00'32"35'''
15	00'29"38'''

*CUERPO DE 7/32" DE DIAMETRO Y PARTES ACTIVAS DE 3.0 mm DE
DIÁMETRO*

Operario: WILMAR

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'30''51'''
2	00'24''22''
3	00'24''66'''
4	00'20''98'''
5	00'22''40'''
6	00'26''57'''
7	00'31''29'''
8	00'22''13'''
9	00'21''44'''
10	00'22''51'''
11	00'23''79'''
12	00'34''48'''
13	00'25''88'''
14	00'24''36'''
15	00'21''58'''

*CUERPO DE ¼" DE DIAMETRO Y PARTES ACTIVAS DE 1.5 mm DE
DIÁMETRO*

Operario: URIEL

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'53''65'''
2	01'04''07'''
3	00'55''41'''
4	00'56''83'''
5	01'01''12'''
6	00'52''14'''
7	00'57''09'''
8	01'02''41'''
9	00'54''31'''
10	01'21''00'''
11	00'53''62'''
12	00'56''37'''
13	00'52''80'''
14	00'53''55'''
15	00'50''81'''

CUERPO DE $\frac{1}{4}$ " DE DIAMETRO Y PARTES ACTIVAS DE 3.0 mm DE
DIÁMETRO

Operario: LUIS

CUERPO	TIEMPO (min.,seg.,cs.)
1	00'42''93'''
2	00'41''43'''
3	00'40''10''
4	00'42''75'''
5	00'37''25'''
6	00'39''53'''
7	00'38''10'''
8	00'41''03'''
9	00'38''84'''
10	00'38''15'''
11	00'37''65'''
12	00'38''84'''
13	00'37''57'''
14	00'35''89'''
15	00'32''52'''

ANEXO F

Parámetros antropométricos de la población**laboral colombiana 1995**

Parámetros antropométricos población laboral colombiana

resumen de medidas para sexo femenino

NOMBRE VARIABLE	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
1, MASA CORPORAL	46,7	48,6	53,4	59,1	65,3	71,8	77,0
2, ESTATURA	146,7	148,7	151,7	155,6	159,6	163,7	166,2
3, ALCANCE VERTICAL MAXIMO	182,4	185,4	189,3	195,0	200,6	206,7	210,2
4, ALCANCE VERTICAL ASIMIENTO	169,6	172,1	175,9	181,5	187,3	192,4	196,1
5, ALTURA OJOS [PARADO]	136,2	138,6	141,3	145,1	149,1	153,1	155,2
6, ALTURA SENTADO NORMAL	76,5	77,6	79,6	81,7	83,8	85,6	86,7
7, ALTURA SENTADO ERGUIDO	78,5	79,5	81,1	83,0	84,9	86,6	87,7
8, ALTURA OJOS [SENTADO]	68,4	69,3	71,1	72,9	74,9	76,5	77,6
9, ALTURA ACROMIAL [PARADO]	119,1	120,8	123,6	127,1	130,8	133,9	136,2
10, ALTURA CRESTA ILIACA [PARADO]	85,3	86,8	89,3	92,3	95,4	98,7	100,5
11, ALTURA ACROMIAL [SENTADO]	51,2	52,1	53,3	55,2	56,7	58,1	58,9
12, ALTURA RADIAL [PARADO]	91,4	93,0	95,3	97,8	101,0	103,4	105,3
13, ALTURA MUÑECA [PARADO]	69,7	70,8	72,9	75,0	77,5	79,4	80,8
14, ALTURA DEDO MEDIO [PARADO]	54,6	55,6	57,5	59,3	61,4	63,1	64,2
15, ALTURA RADIAL [SENTADO]	19,0	20,0	21,5	23,1	24,6	25,7	26,6
16, ALTURA MUSLO [SENTADO]	12,1	12,5	13,3	14,1	15,0	16,0	16,5
17, ALTURA RODILLA [SENTADO]	44,7	45,5	46,7	48,5	49,9	51,5	52,5
18, ALTURA FOSA POPLIT, [SENTADO]	35,1	35,7	36,8	38,3	39,7	41,1	42,0
19, ANCHURA BICIGOMATICA	12,4	12,6	12,9	13,3	13,7	14,1	14,3
20, ANCHURA TRANSVERS, CABEZA	14,0	14,2	14,5	14,8	15,2	15,6	15,9
21, ANCHURA BIACROMIAL	32,2	32,8	33,9	35,2	36,4	37,3	38,0
22, ANCHURA BIELTOIDEA	37,5	38,6	40,3	42,1	44,0	46,0	47,1
23, ANCHURA TRANSVERSAL TORAX	23,6	24,1	25,0	26,3	27,8	29,4	30,4
24, ANCHURA ANT, POST, TORAX	15,6	16,3	17,3	18,5	19,9	21,3	22,1

25, ANCHURA BICRESTAL	21,7	22,6	24,1	25,7	27,4	29,2	30,2
26, ANCHURA BITRONCANTEREA	28,8	29,6	30,8	32,1	33,5	35,3	36,0
27, ANCHURA CODO A CODO	33,9	35,4	37,5	40,6	44,0	47,4	49,5
28, ANCHURA CADERAS	32,6	33,5	35,1	37,3	39,4	41,5	42,6
29, ANCHURA CODO	5,5	5,6	5,7	6,0	6,2	6,5	6,7
30, ANCHURA MUÑECA	4,5	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5
31, ANCHURA DE LA MANO	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,1
32, ANCHURA DE RODILLA	8,3	8,4	8,7	9,1	9,5	10,1	10,5
33, ANCHURA DEL TOBILLO	6,0	6,1	6,3	6,5	6,7	7,0	7,1
34, ANCHURA DEL TALON	5,4	5,6	5,9	6,2	6,5	6,9	7,0
35, ANCHURA DEL PIE	8,2	8,3	8,6	9,0	9,3	9,7	10,0
36, LARGURA ANT, POST, CABEZA	17,0	17,1	17,6	18,0	18,5	18,9	19,2
37, LARG, ALCANCE LAT, ASIMIENTO	65,1	66,2	68,1	70,1	72,2	74,2	75,3
38, LARG, ALCANCE ANT, ASIMIENTO	61,0	62,0	63,6	65,6	68,0	70,2	71,6
39, LARGURA DE LA MANO	15,4	15,7	16,1	16,6	17,2	17,7	18,1
40, LARGURA PALMA DE LA MANO	8,4	8,6	8,9	9,2	9,6	10,0	10,1
41, LARGURA NALGA A FOSA POPLITEA	42,0	43,0	44,4	46,1	47,8	49,5	50,4
42, LARGURA NALGA A RODILLA	51,0	51,8	53,3	55,0	56,7	58,4	59,5
43, LARGURA DEL PIE	21,3	21,6	22,2	22,9	23,7	24,3	24,7
44, LARGURA PLANTA DEL PIE	17,2	17,5	18,0	18,5	19,1	19,6	20,0
45, PERIMETRO CEFALICO	51,0	51,4	52,3	53,4	54,4	55,4	55,9
46, PERIMETRO DELTOIDEO	93,4	95,6	99,5	103,5	108,4	113,6	116,1
47, PERIMETRO MESOESTERNAL	78,9	81,2	84,1	88,4	92,7	97,2	100,1
48, PERIMETRO ABDOMINAL (CINTURA)	63,1	65,7	69,8	74,9	81,7	88,4	93,4
49, PERIMETRO ABDOM, (UMBILICAL)	71,5	74,5	79,4	85,4	91,9	99,3	103,5
50, PERIMETRO CADERA	87,0	89,0	92,4	96,6	101,6	106,7	110,1
51, PERIM, BRAZO FLEXION Y TENSO	23,5	24,4	26,0	27,7	29,9	30,0	33,8
52, PERIM, BRAZO MEDIO Y RELAJADO	23,3	24,2	25,9	27,8	30,1	32,3	33,6
53, PERIMETRO ANTEBRAZO	20,9	21,3	22,2	23,4	24,5	26,0	26,9
54, PERIMETRO MUÑECA	13,5	13,6	14,1	14,6	15,2	15,7	16,1
55, PERIMETRO METACARPAL	16,5	16,8	17,4	17,9	18,5	19,1	19,5
56, PERIMETRO MUSLO SUPERIOR	48,4	49,9	52,9	56,0	59,3	63,2	65,4
57, PERIMETRO MUSLO MEDIO	44,5	45,6	48,0	51,0	54,0	57,6	60,0
58, PERIMETRO RODILLA MEDIA	31,4	32,2	33,6	35,3	37,2	39,0	40,5
59, PERIMETRO PIERNA MEDIA	30,4	31,0	32,3	34,2	36,0	37,7	39,2
60, PERIMETRO TOBILLO	18,5	18,9	19,7	20,6	21,7	22,5	23,2
61, PERIMETRO METATARSIAL	20,5	20,9	21,6	22,3	23,2	24,0	24,5
62, PLIEGUE CUTANEO SUBESCAPULAR	11,5	13,6	18,3	24,2	31,5	38,9	42,7
63, PLIEGUE CUTANEO ILEOCRESTAL	9,3	11,5	16,0	22,7	30,7	39,3	44,5
64, PLIEGUE CUTANEO SUPRAESPINAL	9,3	11,2	15,1	21,2	29,6	37,8	43,1
65, PLIEGUE CUTANEO UMBILICAL	14,3	17,3	24,4	32,7	42,7	50,3	54,3
66, PLIEGUE CUTANEO TRICEPS	11,9	14,0	17,7	22,3	27,6	34,1	38,4
67, PLIEGUE CUTANEO BICEPS	4,3	5,5	7,2	10,0	14,6	19,9	24,1
68, PLIEGUE CUTANEO MUSLO ANT,	17,5	21,3	27,4	37,0	46,9	55,3	59,2
69, PLIEGUE CUTANEO PIERNA MEDIA	9,0	10,9	14,6	20,7	27,8	36,1	41,0
70, INDICE DE MASA CORPORAL	19,3	20,2	22,0	24,2	26,8	29,9	31,4
71, SUMATORIA 6 PLIEGUES CUTANEOS	88,0	99,8	126,0	162,7	200,2	233,0	258,6
72, RELACION PERIMETROS CINTURA/ CADERA	0,69	0,71	0,74	0,78	0,82	0,87	0,89

Parámetros antropométricos población laboral colombiana

resumen de medidas para sexo masculino

NOMBRE VARIABLE	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
1, MASA CORPORAL	53,7	56,8	62,4	69,1	76,8	83,0	87,9
2, ESTATURA	158,0	160,7	164,6	168,6	173,3	177,1	179,3
3, ALCANCE VERTICAL MAXIMO	198,0	202,1	207,4	213,1	219,8	225,3	229,4
4,ALCANCE VERTICAL ASIMIENTO	183,7	187,6	192,9	198,3	204,4	209,7	213,2
5, ALTURA OJOS [PARADO]	147,3	150,0	153,9	157,9	162,3	166,2	168,4
6, ALTURA SENTADO NORMAL	80,0	81,4	83,6	85,9	88,2	90,3	91,8
7, ALTURA SENTADO ERGUIDO	83,4	84,5	86,5	88,6	90,7	92,7	94,1
8, ALTURA OJOS [SENTADO]	73,1	74,4	76,3	78,4	80,5	82,6	83,6
9, ALTURA ACROMIAL [PARADO]	128,2	130,6	134,4	137,9	141,8	145,3	147,4
10,ALTURA CRESTAILIACA [PARADO]	92,4	94,3	97,4	100,7	104,0	106,8	108,6
11,ALTURA ACROMIAL [SENTADO]	54,2	55,3	57,0	58,8	60,7	62,4	63,3
12, ALTURA RADIAL [PARADO]	98,7	100,6	103,3	106,5	109,6	112,4	114,3
13, ALTURA MUÑECA [PARADO]	74,8	76,3	78,8	81,4	84,0	86,5	88,0
14,ALTURA DEDO MEDIO [PARADO]	57,8	59,2	61,2	63,6	65,9	68,1	69,3
15, ALTURA RADIAL [SENTADO]	19,3	20,4	22,2	23,8	25,4	26,8	27,8
16, ALTURA MUSLO [SENTADO]	12,9	13,4	14,2	15,0	15,7	16,6	17,1
17, ALTURA RODILLA [SENTADO]	48,2	49,3	50,7	52,5	54,4	55,8	56,6
18,ALTURA FOSAPOPLITEA [SENTADO]	38,6	39,3	40,9	42,4	43,9	45,3	46,2
19, ANCHURA BICIGOMATICA	13,0	13,2	13,6	14,0	14,4	14,8	15,1
20, ANCHURA TRANSVERS, CABEZA	14,5	14,7	15,0	15,5	15,8	16,2	16,5
21, ANCHURA BIACROMIAL	36,3	37,1	38,3	39,6	41,1	42,3	43,2
22, ANCHURA BDELTOIDEA	41,7	42,6	44,3	46,1	48,1	49,9	50,9
23, ANCHURA TRANSVERSAL TORAX	25,4	26,3	27,5	29,1	30,9	32,6	33,7
24, ANCHURA ANT, POST, TORAX	17,4	18,0	19,1	20,3	21,6	23,0	23,8
25, ANCHURA BICRESTAL	24,3	25,1	26,3	27,8	29,4	30,8	31,7
26, ANCHURA BITRONCANTEREA	29,3	29,9	30,9	32,1	33,4	34,5	35,3
27, ANCHURA CODO A CODO	37,7	39,2	41,4	44,7	47,8	50,5	52,3
28, ANCHURA CADERAS	30,9	31,5	33,2	34,9	36,6	38,3	39,2
29, ANCHURA CODO	6,2	6,3	6,6	6,8	7,0	7,3	7,4
30, ANCHURA MUÑECA	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7	5,9	6,0
31, ANCHURA DE LA MANO	7,7	7,9	8,1	8,4	8,7	8,9	9,1
32, ANCHURA DE RODILLA	8,8	9,0	9,3	9,7	10,1	10,4	10,7
33, ANCHURA DEL TOBILLO	6,8	6,9	7,1	7,4	7,6	7,9	8,0
34, ANCHURA DEL TALON	6,0	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,6
35, ANCHURA DEL PIE	9,0	9,2	9,5	9,9	10,3	10,6	10,9
36, LARGURA ANT, POST, CABEZA	17,6	17,9	18,4	18,9	19,5	19,9	20,2
37, LARG, ALCANCE LAT, ASIMIENTO	71,5	72,5	74,7	76,9	79,3	81,5	82,9
38, LARG, ALCANCE ANT, ASIMIENTO	66,1	67,2	69,2	71,4	73,6	76,0	77,2
39, LARGURA DE LA MANO	16,8	17,2	17,7	18,3	19,0	19,6	20,0
40, LARGURA PALMA DE LA MANO	9,3	9,5	9,9	10,3	10,7	11,0	11,3
41, LARGURA NALGA A FOSA POPLITEA	42,7	43,6	45,2	46,8	48,5	50,0	50,9
42, LARGURA NALGA A RODILLA	52,7	53,7	55,3	57,0	58,7	60,3	61,3
43, LARGURA DEL PIE	23,2	23,6	24,4	25,2	26,1	26,8	27,3
44, LARGURA PLANTA DEL PIE	18,7	19,1	19,7	20,3	21,0	21,6	22,0
45, PERIMETRO CEFALICO	52,8	53,4	54,4	55,5	56,6	57,8	58,5

46, PERIMETRO DELTOIDEO	102,3	104,7	108,6	113,3	117,9	122,2	124,8
47, PERIMETRO MESOESTERNAL	85,9	88,0	91,9	96,3	100,7	104,7	107,3
48, PERIMETRO ABDOMINAL (CINTURA)	71,2	73,6	78,1	84,2	91,2	96,1	99,2
49, PERIMETRO ABDOM, (UMBILICAL)	73,7	76,7	81,1	87,7	94,4	100,0	10,8
50, PERIMETRO CADERA	84,8	86,5	90,6	94,5	99,0	102,8	105,3
51, PERIM, BRAZO FLEXION Y TENSO	27,0	27,8	229,4	31,1	32,9	34,4	35,6
52, PERIM, BRAZO MEDIO Y RELAJADO	25,2	26,3	27,8	29,6	31,3	33,0	34,2
53, PERIMETRO ANTEBRAZO	24,0	24,6	25,6	26,8	28,0	29,1	29,9
54, PERIMETRO MUÑECA	15,1	15,7	15,9	16,4	17,0	17,6	18,0
55, PERIMETRO METACARPAL	18,7	19,1	19,7	20,3	21,1	21,7	22,1
56, PERIMETRO MUSLO SUPERIOR	47,9	49,2	51,8	55,0	58,0	61,0	62,7
57, PERIMETRO MUSLO MEDIO	45,3	46,8	49,1	52,0	54,7	57,1	59,3
58, PERIMETRO RODILLA MEDIA	32,9	33,5	34,8	36,4	38,1	39,7	40,6
59, PERIMETRO PIERNA MEDIA	31,7	32,5	34,1	35,1	37,7	39,2	40,2
60, PERIMETRO TOBILLO	19,7	20,1	21,0	21,9	22,8	23,7	24,2
61, PERIMETRO METATARSIAL	22,8	23,2	23,9	24,7	25,6	26,5	26,9
62, PLIEGUE CUTANEO SUBESCAPULAR	9,2	10,2	13,6	19,4	25,9	32,7	37,1
63, PLIEGUE CUTANEO ILEOCRESTAL	7,6	9,0	13,5	21,7	29,7	37,1	42,5
64, PLIEGUE CUTANEO SUPRAESPINAL	5,4	6,2	8,5	13,1	19,2	26,4	32,7
65, PLIEGUE CUTANEO UMBILICAL	7,4	9,4	16,2	27,6	37,8	46,8	51,2
66, PLIEGUE CUTANEO TRICEPS	5,3	6,1	7,9	10,7	14,2	18,7	2,5
67, PLIEGUE CUTANEO BICEPS	3,0	3,2	3,9	5,0	6,7	9,2	11,3
68, PLIEGUE CUTANEO MUSLO ANT,	5,7	6,7	9,0	12,9	19,1	32,8	45,0
69, PLIEGUE CUTANEO PIERNA MEDIA	3,9	4,4	5,5	7,5	11,0	16,6	23,0
70, INDICE DE MASA CORPORAL	19,5	20,5	22,1	24,4	26,6	28,5	29,8
71, SUMATORIA 6 PLIEGUES CUTANEOS	40,4	45,5	64,6	95,9	126,1	164,4	189,5
72, RELACION PERIMETROS CINTURA/ CADERA	0,81	0,82	0,85	0,89	0,93	0,96	0,99

ANEXO G

MÚSCULO NEUMÁTICO MAS

CARACTERÍSTICAS

FUNCIONAMIENTO

El músculo neumático es un actuador de tracción que imita la musculatura humana. Está compuesto por un tubo flexible contráctil y los respectivos empalmes. El tubo flexible contráctil está formado por una capa interior de goma estanca y resistente a la presión y de una capa exterior de fibras altamente resistentes. Las fibras están dispuestas en forma de rombos, formando una estructura reticulada tridimensional. Aplicando una presión interior, la periferia se dilata, con lo que se obtiene una fuerza de tracción y un movimiento de contracción a lo largo del músculo neumático. La fuerza de tracción aprovechable llega a su máximo al principio del movimiento de contracción y disminuye al aumentar la carrera. Con este músculo neumático es posible aprovechar una carrera útil de hasta un 25% de la longitud nominal del músculo.

APLICACIONES POSIBLES:

Actuador de simple efecto

Muelle neumático

IMPORTANTE

El músculo neumático es un actuador que ejerce únicamente una fuerza de tracción. La expansión del diámetro no se puede aprovechar para operaciones de sujeción, ya que la membrana sufriría daños por fricción exterior.

ACTUADOR DE SIMPLE EFECTO

La aplicación más sencilla consiste en utilizar el músculo como actuador de tracción que tira de una carga. Si la carga en cuestión está sujeta de modo fijo al músculo, éste avanzará si está expandido y si no está sometido a presión. Este estado es óptimo considerando las propiedades técnicas del músculo, ya que si se aplica presión a un músculo que se encuentra en ese estado, su fuerza y capacidad dinámica son máximas, con lo que consume la menor cantidad de aire. Además, en esa disposición también es máxima la carrera útil. Si se desea que el regreso de la carga a su estado original se realice rápidamente cuando el músculo se halla sin presión, es necesario generar una fuerza de retorno para devolver la carga a su posición original, lo cual significa que la fuerza disponible para mover la carga será menor.

Aplicando la fuerza externa, el músculo se comporta como un muelle, es decir, el músculo cede ante la fuerza que se aplica. El músculo neumático permite ajustar tanto la pretensión como la rigidez de este muelle neumático. Actuando como muelle, es posible hacerlo funcionar con una presión o un volumen constantes. E esta manera se obtienen curvas características diferentes, lo que significa que es posible adaptar el muelle de modo óptimo a cada aplicación.

IMPORTANTE

Si el músculo funciona con una presión y un volumen constantes, es posible que al cambiar la fuerza exterior cambie considerablemente la presión en su interior.

ADVERTENCIA

Las fuerzas excesivamente elevadas, dispararán las funciones de seguridad del MAS

Asegurarse de que las fuerzas producidas se hallan dentro del margen permitido (véase Datos Técnicos). Si se sobrepasa la fuerza máxima permitida, el aire comprimido escapará por la brida de conexión del MAS

Si no se sobrepasan las fuerzas máximas permitidas, el MAS está listo para ser utilizado (Siempre que el MAS no hubiera sido dañado por sobrecargas)

Iniciar un funcionamiento de prueba a baja frecuencia de trabajo como sigue:

Aplicar presión lentamente al músculo (por ejemplo, con una válvula de arranque progresivo)

Asegurarse en el MAS que:

- Se observa la secuencia de movimiento requerida
- La contracción se halla dentro de los límites permitidos

(Máx. 25% de la longitud nominal del MAS -40-...;

(Max. 20% de la longitud nominal del MAS -20-... y MAS - 10-...)

Se alcanza la fuerza requerida / la carga se levanta

No hay fugas / no se oye descarga de aire

Finalizar el funcionamiento de prueba

Descargar de aire el MAS

CORREAS TRAPEZOIDALES

Longitud primitiva de la correa: se entiende que es el desarrollo correspondiente a la fibra neutra o media determinante del diámetro primitivo – d .

La potencia calculada en la tabla es para una sola correa y para potencias superiores se tomaran las correas que fueren preciso, por ejemplo: tratándose de transmitir una potencia constante de 60 C.V con correas de 22 x 14 a la velocidad periférica V de 25 metros por segundo y con ángulo de abrazamiento de 180° , se tendrán que emplear 6 de estas correas, tomando como dato el valor de la tabla que para una correa de 22 x14 a la velocidad de 25 metros por segundo puede transmitir 10 C. V.

NORMAS

NTC 1461 del 87/04/01

Higiene y Seguridad. Colores y señales de seguridad.

NTC 1819 del 82/12/01

Factores humanos. Fundamentos ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo.

NTC 2242 del 86/11/19

Odontología. Términos relacionados con los ensayos de los materiales y con los instrumentos y equipos de uso odontológico.

NTC 2506 del 88/12/07

Mecánica. Código sobre guardas de protección de maquinaria.

NTC - IEC 34-9

Máquinas eléctricas rotatorias. Límites de ruido.

Vickers™ V10 Fixed Displacement Single Vane Pumps



Description

Ring Size Code	Maximum Displacement cm ³ /r [in ³ /rev]	Output Flow lpm [gpm] at rated rpm	Speed rpm rated	Pressure bar [psi] rated	Weight kg [lbs]
1	3,3 [.20]	3,7 [1]	4800	172 [2500]	4,5-6,8 [10-15]
2	6,6 [.40]	7,5 [2]	4500	172 [2500]	4,5-6,8 [10-15]
3	9,8 [.60]	11,35 [3]	40800	172 [2500]	4,5-6,8 [10-15]
4	13,1 [.80]	15,1 [4]	34800	172 [2500]	4,5-6,8 [10-15]
5	16,4 [1.0]	18,9 [5]	3200	172 [2500]	4,5-6,8 [10-15]
6	19,5 [1.19]	22,7 [6]	3000	152 [2200]	4,5-6,8 [10-15]
7	22,8 [1.39]	26,5 [7]	2800	138 [2000]	4,5-6,8 [10-15]

TE	01	E	A	C	A	3	A	A	108	00
1,2	3,4	5	6	7	8	9	10	11	12,13,14	15,16

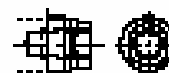
7 Rod size and rod end type

Bore size (Inch)	Rod size (Inch)	Code (for rod size and rod end type)			
		"2" rod end type	"4" rod end type	"5" rod end type	"8" rod end type
1 1/2	5/8	A	B	C	D
	1"	E	F	G	H
2	5/8	A	B	C	D
	1	E	F	G	H
2 1/2	1 3/8	J	K	L	M
	5/8	A	B	C	D
3 1/4	1	E	F	G	H
	1 3/8	J	K	L	M
4	1 3/4	H	P	R	S
	2	H	P	R	S
5	1	A	B	C	D
	1 3/8	E	F	G	H
6	1 3/4	J	K	L	M
	2	H	P	R	S
7	2 1/2	T	U	V	W
	3	Y	1	2	3
8	3 1/2	4	5	6	7
	1 3/8	A	B	C	D
9	1 3/4	E	F	G	H
	2 1/2	J	K	L	M
10	4	H	P	R	S

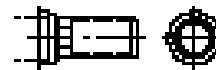
*Cushion cap and only on series TE and TL for this bore/rod combination.

Bore size (Inch)	Rod size (Inch)	Code (for rod size and rod end type)			
		"2" rod end type	"4" rod end type	"5" rod end type	"8" rod end type
7	1 3/8	A	B	C	D
	1 3/4	E	F	G	H
8	3	J	K	L	M
	5	N	P	R	S
10	1 3/8	A	B	C	D
	1 3/4	E	F	G	H
12	3 1/2	J	K	L	M
	5 1/2	N	P	R	S
14	1 3/4	A	B	C	D
	2	E	F	G	H
16	3 1/2	J	K	L	M
	5 1/2	N	P	R	S

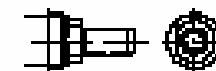
Type 2
rod end
Short female
UN thread



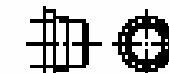
Type 4
rod end
Full male
UN thread



Type 5
rod end
Small male
UN thread



Type 6
rod end
Plain
No attachment



(See detailed rod end information on page 44.)

8 Seal options

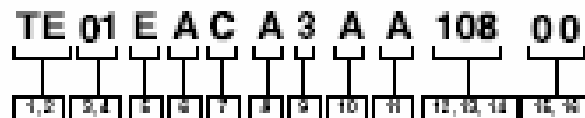
Code	Piston Seal	Seal/ Scraper Ret. Compound
A -	U-cups	Nitrile
B -	Cast Iron rings	Nitrile
C -	Glass-filled Teflon*	Nitrile
D -	U-cups	Viton-A*
E -	Cast Iron rings	Viton-A
F -	Glass-filled Teflon	Viton-A
K -	U-cups	Viton-A/Nitrile
L -	Cast Iron rings	Viton-A/Nitrile
M -	Glass-filled Teflon	Viton-A/Nitrile

(See detailed information on page 48.)
*Teflon and Viton are registered trademarks of E. I. DuPont Co.

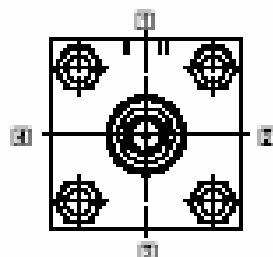
9 Port type and size

Code	Type
1 -	NPTF
2 -	Oversize NPTF
3 -	SAE/UN O-ring
4 -	Oversize SAE/UN
5 -	NFPA standard SAE/UN

(See detailed information on page 45.)

**10 Port location**

Ports are located as shown below when viewing cylinder from head end (mounting end of double rod cylinder). With some mounting styles, certain port locations cannot be selected due to interference with the mounting.



Code	Head	Cap
A -	1	1
B -	1	2
C -	1	3
D -	1	4
E -	2	1
F -	2	2
G -	2	3
H -	2	4
J -	3	1
K -	3	2
L -	3	3
M -	3	4
N -	4	1
P -	4	2
R -	4	3
S -	4	4

11 Limit switch / proximity switch position and type:

Positions are numbered as shown in Item 10 at left. "-" in table indicates no switch.

Code	Head	Cap	Switch Type
A -	-	-	none req'd
B -	1	-	01
C -	2	-	01
D -	3	-	01
E -	4	-	01
F -	1	1	01
G -	2	2	01
H -	3	3	01
J -	4	4	01
K -	-	1	01
L -	-	2	01
M -	-	3	01
N -	-	4	01
P -	1	-	PS200
R -	2	-	PS200
S -	3	-	PS200
T -	4	-	PS200
U -	1	1	PS200
V -	2	2	PS200
W -	3	3	PS200
Y -	4	4	PS200
1 -	-	1	PS200
2 -	-	2	PS200
3 -	-	3	PS200
4 -	-	4	PS200
5 -	1	1	03
6 -	2	2	03
7 -	3	3	03
8 -	4	4	03

(See detailed information on pages 47-49.)

12, 13, 14 Cylinder stroke

Items 12, 13 indicate total stroke length from 00 inches to 99 inches.

Item 14 indicates fractions of an inch per the following codes:

Code	Fraction	Code	Fraction
0 -	0	8 -	1/2
1 -	1/16	9 -	9/16
2 -	1/8	A -	5/8
3 -	3/16	B -	11/16
4 -	1/4	C -	3/4
5 -	5/16	D -	13/16
6 -	3/8	E -	7/8
7 -	7/16	F -	15/16

15, 16 Extra rod projection

Item 15 indicates inches from 0 through 9.

Item 16 indicates fractions of an inch per codes shown for Item 14 above.

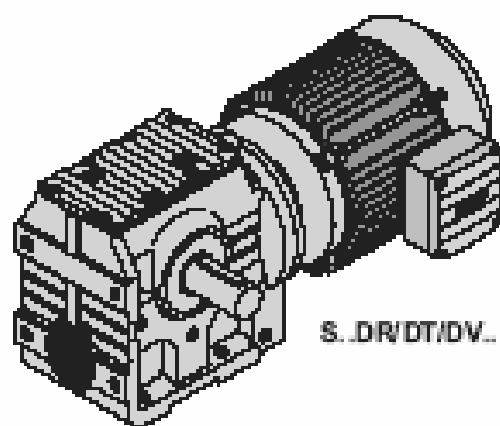
Rodamientos de rodillos a rótula, agujero cilíndrico y cónico

Dimensiones principales		Capacidades de carga		Carga límite de fatiga		Velocidades		Masa		Designación	
d	D	B	C	C0	Pu	Velocidad de referencia	Velocidad límite	kg			
mm											
20	52	18	49	44	4,75	13000	17000	0,28		22205/20 E *	
25	52	18	49	44	4,75	13000	17000	0,26		22205 E *	
25	52	18	49	44	4,75	13000	17000	0,26		22205 EK *	
25	52	23	49	44	4,75	-	3600	0,31		BS2-2205-2CS *	
25	62	17	41,4	41,5	4,55	8500	12000	0,28		21305 CC	
30	62	20	64	60	6,4	10000	14000	0,29		22206 E *	
30	62	20	64	60	6,4	10000	14000	0,28		22206 EK *	
30	62	25	64	60	6,4	-	2800	0,34		BS2-2206-2CS *	
30	72	19	55,2	61	6,8	7500	10000	0,41		21306 CC	
30	72	19	55,2	61	6,8	7500	10000	0,40		21306 CCK	
35	72	23	86,5	85	9,3	9000	12000	0,45		22207 E *	
35	72	23	86,5	85	9,3	9000	12000	0,44		22207 EK *	
35	72	28	86,5	85	9,3	-	2400	0,52		BS2-2207-2CS *	
35	80	21	65,6	72	8,15	6700	9500	0,55		21307 CC	
35	80	21	65,6	72	8,15	6700	9500	0,54		21307 CCK	
40	80	23	96,5	90	9,8	8000	11000	0,53		22208 E *	
40	80	23	96,5	90	9,8	8000	11000	0,52		22208 EK *	
40	80	28	96,5	90	9,8	-	2200	0,57		BS2-2208-2CS *	
40	80	28	96,5	90	9,8	-	2200	0,57		BS2-2208-2CSK *	
40	90	23	104	108	11,8	7000	9500	0,75		21308 E *	
40	90	23	104	108	11,8	7000	9500	0,74		21308 EK *	
40	90	33	150	140	15	6000	8000	1,05		22308 E *	
40	90	33	150	140	15	6000	8000	1,05		22308 E/A405 *	
40	90	33	150	140	15	6000	8000	1,05		22308 EK *	
45	85	23	102	98	10,8	7500	10000	0,58		22209 E *	

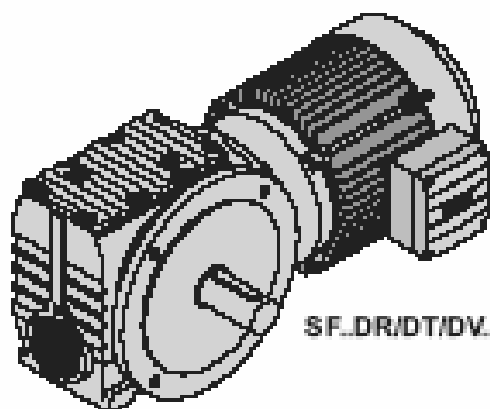
* - Rodamiento SKF Explorer

12 S..DR/DT/DV

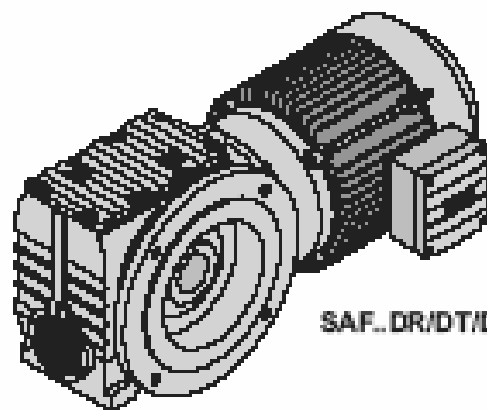
12.1 S, SF, SAF, SHF, SA, SH, ST, SAZ, SHZ..DR/DT/DV



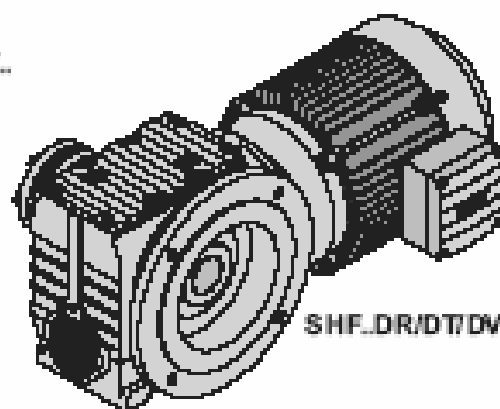
S..DR/DT/DV..



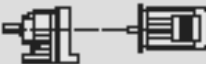
SF..DR/DT/DV..



SAF..DR/DT/DV..



SHF..DR/DT/DV..

P_m [kW]	n_n [1/min]	M_n [Nm]	I	$F_{Ra}^{(1)}$ [N]	$\Delta EW f_B$					m [kg]	
0.37	3.0	735	225.26	15200	1.75	8	77	DT	80K8	59	564
	3.2	700	214.00*	15300	1.80	8F	77	DT	80K8	69	565
	3.6	630	189.09	15600	2.0	8A	77	DT	80K8	59	566
	4.2	545	161.60*	15900	2.3	8AF	77	DT	80K8	66	565
	3.6	645	256.47	15600	2.0	8	77	DT	80K8	52	564
	4.0	575	225.26	15800	2.2	8F	77	DT	80K8	62	565
	4.2	545	214.00*	15900	2.3	8A	77	DT	80K8	52	566
						8AF	77	DT	80K8	59	565
	4.1	505	217.41	8810	1.10	8	87	DT	80K8	32	559
	4.7	450	190.11	9260	1.25	8F	87	DT	80K8	39	560
	6.0	430	180.60*	9400	1.30	8A	87	DT	80K8	33	561
	6.7	380	158.45	9700	1.45	8AF	87	DT	80K8	38	560
	6.4	345	217.41	9900	1.50						
	7.3	310	190.11	10100	1.70	8	87	DT	71D4	30	559
	7.8	295	180.60*	10200	1.75	8F	87	DT	71D4	37	560
	8.7	260	158.45	10300	2.0	8A	87	DT	71D4	31	561
	10	225	134.40*	10400	2.3	8AF	87	DT	71D4	36	560
	11	205	121.33	10500	2.5						
	6.7	360	158.12	6490	0.80						
	6.8	315	137.05	6930	0.95	8	67	DT	80K8	21	554
	7.0	300	128.10*	7100	1.00	8F	67	DT	80K8	25	555
	8.1	265	110.73	7390	1.10	8A	67	DT	80K8	21	556
	8.8	230	94.08*	7630	1.30	8AF	67	DT	80K8	24	555
	11	205	84.00*	7760	1.45						
	8.8	305	201.00*	7050	0.95						
	7.6	285	184.80*	7230	1.05						
	8.7	245	158.12	7510	1.20						
	10	220	137.05	7690	1.35						
	11	205	128.10*	7770	1.45	8	67	DT	71D4	19	554
	12	180	110.73	7900	1.65	8F	67	DT	71D4	23	555
	16	155	94.08*	8000	1.90	8A	67	DT	71D4	19	556
	18	141	84.00*	8060	2.1	8AF	67	DT	71D4	22	555
	18	122	71.75*	8130	2.4						
	20	139	69.39	8070	1.75						
	21	115	67.20*	8150	2.5						
	22	128	63.80*	8110	1.90						
	10	210	137.05	5110	0.80						
	11	199	128.10*	5190	0.85						
	12	175	110.73	5320	0.95						
	16	151	94.08*	5430	1.10						
	18	137	84.00*	5500	1.20						
	18	119	71.75*	5580	1.40						
	20	135	69.39	5460	1.15						
	21	112	67.20*	5610	1.50						
	22	125	63.80*	5510	1.25	8	47	DT	71D4	15	549
	26	109	54.59	5590	1.40	8F	47	DT	71D4	19	550
	28	96	47.32	5410	1.60	8A	47	DT	71D4	16	551
	31	90	44.22*	5330	1.75	8AF	47	DT	71D4	18	550
	38	78	38.23	5140	2.0						
	42	67	32.48*	4930	2.3						
	48	60	29.00*	4790	2.6						
	68	52	24.77	4590	3.0						
	68	49	23.20*	4510	3.1						
	68	46	20.33	4180	2.4						
	78	40	17.62	4030	2.8						
	84	37	16.47*	3960	3.0						

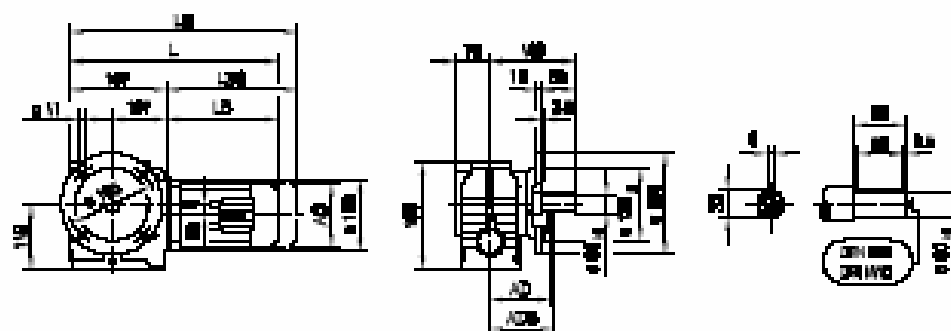
S...DR/DT/DV
S... [mm]



12

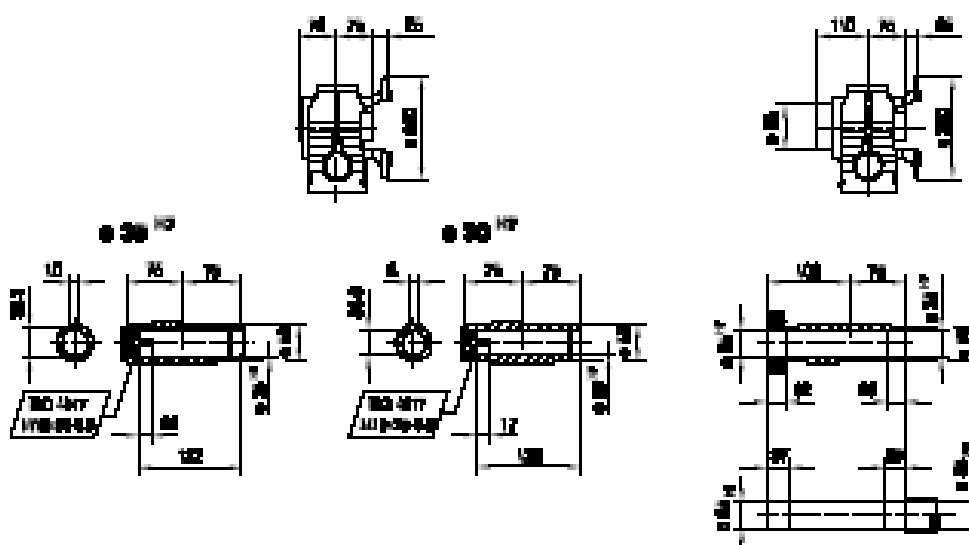
015 01 01

015 01 01



015 01 01

015 01 01



12

[+ 100]	DR53..	DT71D	DT88..	DT99..	DV100M	DV100L						
AC	132	145	145	157	157	157						
AD	105	122	122	154	155	155						
ADG	105	127	127	161	165	165						
L	378	393	443	483	513	543						
LS	433	456	506	546	600	630						
LB	191	206	256	276	328	358						
LBS	248	269	319	351	413	443						

Cilindros Hidráulicos

Series MDH



ESPECIFICACIONES

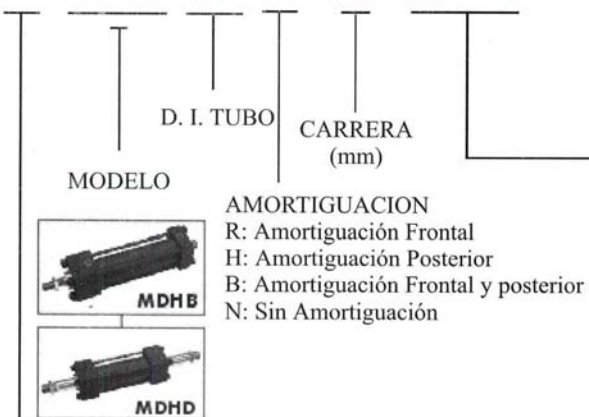
MODELO	SERIE MDH	
I.D. (mm)	40, 50, 63	80, 100, 125, 150
MAXIMA CARRERA (mm)	1500	1900
PRESION DE TRABAJO	14kgf/cm ²	
FLUIDO DE TRABAJO	Aceite Filtrado	
MATERIAL DE LA CAMISA DEL CILINDRO	Acero al Carbono STKM 13C	

CILINDROS DOBLE EFECTO

MDHB	Cilindro Estándar Doble Efecto	
MDHD	Cilindro Doble Efecto, Doble Vástago	

ORDEN DE EJEMPLO:

1 - MDHB - 50 - N - 100 - LB - Y



MATERIAL DE LOS SELLOS

SIMBOLO	MATERIAL
1	NBR (Nitrilo)

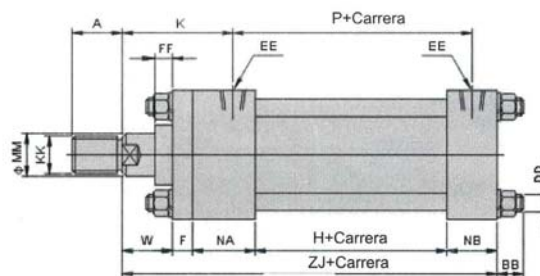
FAC	FLANCHE FRONTAL	
FAB	FLANCHE POSTERIOR	
LB	PIES	
CA	SOPORTE MACHO	
CB	PIVOTE	
Y	HORQUILLA	

Cilindros Hidráulicos

Series MDH

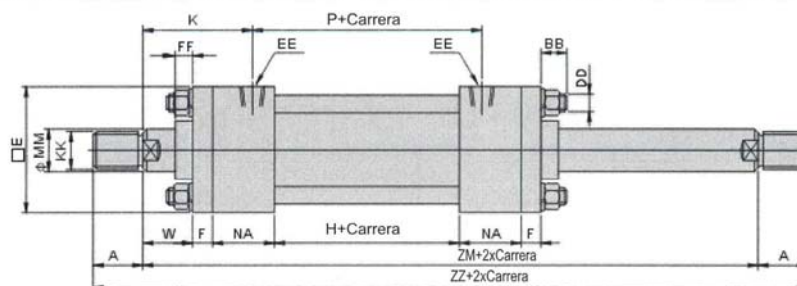


MDHB



D.I. TUBO	A	B	BB	DD	E	EE	F	FF	H	K	KK	MM	NA	NB	P	RR	W	ZJ
40	30	35	16	M10x1.25	65	PT1/4	11	11	60	60	M16x1.5	20	36	26	84	45	25	158
50	35	40	16	M10x1.25	75	PT3/8	13	9	60	66	M22x1.5	25	42	34	88	52	25	174
63	40	50	18	M12x1.5	90	PT3/8	15	9	65	73	M30x1.5	35	42	34	93	63	30	186
80	45	55	18	M16x1.5	110	PT1/2	18	7	65	79	M30x1.5	40	46	39	95	80	30	198
100	50	65	25	M18x1.5	135	PT1/2	20	7	74	95	M40x2.0	50	50	40	104	102	40	224
125	60	75	30	M22x1.5	165	PT3/4	25	7	74	109	M48x2.0	60	58	47	112	122	45	249
150	70	95	30	M26x1.5	195	PT3/4	30	7	90	109	M72x2.0	80	58	48	128	148	50	276

MDHD



D.I. TUBO	A	B	BB	DD	E	EE	F	FF	H	K	KK	MM	NA	P	RR	W	W	ZJ
40	30	35	16	M10x1.25	65	PT1/4	11	11	60	60	M16x1.5	20	36	84	45	25	204	264
50	35	40	16	M10x1.25	75	PT3/8	13	9	60	66	M22x1.5	25	42	88	52	25	220	290
63	40	50	18	M12x1.5	90	PT3/8	15	9	65	73	M30x1.5	35	42	93	63	30	239	319
80	45	55	18	M16x1.5	110	PT1/2	18	7	65	79	M30x1.5	40	46	95	80	30	253	343
100	50	65	25	M18x1.5	135	PT1/2	20	7	74	95	M40x2.0	50	50	104	102	40	294	394
125	60	75	30	M22x1.5	165	PT3/4	25	7	74	109	M48x2.0	60	58	112	122	45	330	450
150	70	95	30	M26x1.5	195	PT3/4	30	7	90	109	M72x2.0	80	58	128	148	50	366	506

NOTAS:

CION DE PISTONES

FUERZA DEL ÉMBOLO DEL CILINDRO Y CONSUMO DE AIRE DATOS VÁLIDOS PARA CILINDROS DE DOBLE EFECTO				PRESION DE FUNCIONAMIENTO P(bar)								
Ø de émbolo A ₁ (mm)	Ø del vástago A ₂ (mm)	Carrera s (mm)	Fuerza en N* Consumo de aire Q _G en 1/2 x carrera	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	3	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	5,7 4,2 0,01	8,5 6,4 0,02	11,3 8,5 0,02	14,1 10,6 0,03	17,0 12,7 0,03	19,8 14,9 0,04	22,6 17,0 0,04	25,5 19,1 0,05	28,3 21,2 0,05
8	4	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	10,01 7,5 0,03	15,1 11,3 0,03	20,1 15,1 0,04	25,1 18,9 0,09	30,02 22,6 0,06	35,2 26,4 0,07	40,2 30,2 0,08	45,3 33,9 0,09	50,3 37,7 0,10
10	4	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	15,7 13,2 0,04	23,6 19,8 0,06	31,4 26,4 0,07	39,3 33,0 0,00	47,1 39,6 0,10	55,0 46,2 0,11	62,9 63,8 0,13	70,7 59,4 0,14	78,6 66,0 0,16
12	6	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	23 17 0,06	34 25 0,08	45 34 0,10	57 42 0,12	68 51 0,14	79 59 0,16	91 68 0,18	102 76 0,20	113 85 0,22
16	6	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	40 35 0,11	60 52 0,15	80 69 0,19	101 88 0,22	121 104 0,26	141 121 0,30	161 138 0,33	181 156 0,37	201 173 0,41
18	8	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	51 41 0,14	76 61 0,18	102 82 0,23	127 162 0,27	153 123 0,32	178 143 0,36	204 163 0,41	229 184 0,45	255 204 0,50
20	8	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	63 53 0,17	94 79 0,23	126 106 0,29	167 129 0,34	189 158 0,40	220 185 0,46	251 211 0,51	283 238 0,57	314 264 0,63
25	10	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	98 83 0,27	147 124 0,36	196 165 0,45	263 296 0,44	295 248 0,63	344 289 0,71	393 330 0,80	442 371 0,80	491 413 1,0
32	12	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	161 138 0,44	241 207 0,59	322 277 0,74	462 306 0,89	483 415 1,0	563 484 1,2	644 553 1,3	724 622 1,5	805 691 1,6
40	16	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	251 211 0,69	377 317 0,92	503 422 1,1	629 528 0,4	754 638 1,6	880 739 1,8	1006 845 2,1	1131 950 2,3	1257 1056 2,5
50	20	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	393 330 1,1	589 495 1,4	786 660 1,8	932 825 2,1	1179 990 2,5	1375 1155 2,9	1571 1320 3,2	1768 1485 3,6	1964 1650 3,9
63	20		Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	624 561 1,8	936 841 2,3	1247 1122 2,9	1659 1402 2,5	1871 1683 4,1	2183 1963 4,7	2495 2243 5,3	2807 2524 5,9	3119 2804 6,4
80	25	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	1006 908 2,8	1509 1361 3,8	2011 1815 4,7	2514 2269 5,7	3017 2723 6,6	3520 3176 7,6	4023 3630 8,5	4526 4084 9,5	5029 4538 10,4
100	25	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	1571 1473 4,5	2357 2210 6,0	3143 2946 7,5	3929 3683 9,0	4714 4420 10,5	5500 5156 12,0	6286 5893 13,5	7071 6629 15,0	7857 7366 16,6
125	32	100	Fuerza de avance Fuerza de retroceso Consumo de aire	2455 2294 7,1	3683 3442 9,4	4911 4589 11,8	6338 5736 14,1	7366 6883 16,4	8594 8031 18,8	9821 9178 21,1	11049 10325 23,5	12277 11472 25,8

PROPIEDADES MECANICAS DE ALGUNOS ACEROS DE ALEACIÓN Y PARA HERRAMIENTAS

NUMERO SAE/AISI	ESTADO	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell o Rockwell
		kpsi	Mpa	kpsi	Mpa		
4140	recocido @ 1450 °F	61	421	95	655	26	197 HB
	normalizado @ 1650 °F	95	655	148	1020	18	302 HB
	templado y revenido @ 1200°F	95	655	110	758	22	230 HB
	templado y revenido @ 800°F	165	1138	181	1248	13	370 HB
	templado y revenido @ 400°F	238	1641	257	1772	8	510 HB

PROPIEDADES MECANICAS DE ALGUNOS ACEROS AL CARBONO

NUMERO SAE/AISI	ESTADO	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell o .-HB
		kpsi	Mpa	kpsi	Mpa		
1020	laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1040	laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	normalizado @ 1650 °F	54	372	86	593	28	170
	laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	templado y revenido @ 1200°F	63	434	92	634	29	192
	templado y revenido @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	templado y revenido @ 400°F	86	593	113	779	19	262
1045	laminado en caliente	45	310	82	565	16	163
	laminado en frío	77	531	91	627	12	179

PROPIEDADES MECANICAS DE ALGUNAS ALEACIONES DE ACERO INOXIDABLE

Aleaciones de acero inoxidable	ESTADO	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell o Rockell
		kpsi	Mpa	kpsi	Mpa		
Tipo 302	recocido en hojas	40	276	90	621	50	85 HRB
	laminado en frío	165	1138	190	1310	5	40 HRC
Tipo 304	recocido en hojas	35	241	85	586	50	80 HRB
	laminado en frío	160	1103	185	1276	4	40 HRC

PROPIEDADES MECÁNICAS DE ALGUNAS ALEACIONES DE HIERRO FUNDIDO

Aleación de hierro fundido	ESTADO	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Resistencia a la compresión		Dureza Brinell o .-HB
		kpsi	Mpa	kpsi	Mpa	kpsi	Mpa	
Fundición de hierro gris- clase 20	tal y como se fundio			22	152	83	572	156
Fundición de hierro gris- clase 30	tal y como se fundio			32	221	109	752	210
Fundición de hierro gris- clase 40	tal y como se fundio			42	290	140	965	235
Fundición de hierro gris- clase 50	tal y como se fundio			52	359	164	1131	262
Fundición de hierro gris- clase 60	tal y como se fundio			62	427	187	1289	302
Hierro dúctil 60 - 40- 18	recocido	47	324	65	448	52	359	160
Hierro dúctil 65 - 45- 12	recocido	48	331	67	462	53	365	174
Hierro dúctil 80 - 55 - 06	recocido	53	365	82	565	56	386	228
Hierro dúctil 120 -90 -02 24	revenido y templado	120	827	140	965	134	924	325

Las siguientes gráficas nos muestran la Templabilidad de diferentes Aceros, así como un comparativo entre tenacidad y desgaste para nuestros aceros

Designación Thyssen	Designación A I S I	Penetración de dureza (mm)														Dureza H R C	
		Templabilidad															
T- 2767	6F7															56	
T - 2510	O 1															64	
T - 2550	S 1															60	
T - 2842	O 2															63	
T - 2363	A 2															63	
T - 2080	D 3															64	
T - 2436	D 6															64	
T - 2379	D 2															63	
T - 2714	6F3															56	
T - 2343	H11															54	
T - 2344	H13															54	
T - 2365	H10															50	
T - 2083	H20															56	
T - 2316	420 Mod															49	
		10	30	50	70	90	100	120									

Los Aceros de herramientas para trabajo en frío son usados en procesos cuya temperatura no supere los 200 °C. Se utilizan en los procesos de:

- * Corte
- * Cizallado
- * Deformación en frío

ACEROS	ELEMENTOS ALEANTES							
	%C	%Cr	%W	%Mo	%Mn	%V	%Si	%Ni
T2510	0,95	0,6	0,6		1,1	0,1		
T2642	0,9	0,4			2,2	0,1		
T2363	1,0	5,3		1,1		0,2		
T2080	2,0	12						
T2436	2,1	12	0,7					
T2379	1,55	12		0,7		1,0		
T2550	0,60	1,1	2,0			0,2	0,6	
T2767	0,45	1,4		0,3				4
T3343	0,90	4,1	6,4	5		1,9		
TSP4	1,3	4,5	5,4	5	< 0,4	4,2	< 0,4	
Bimetálica	0,8	0,7	2,6	0,4				