



01149

7  
2g.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TESIS  
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA  
PARA CONFORMAR ALAMBRE

PRESENTADA POR:

ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA  
MECÁNICA  
( OPCIÓN DISEÑO Y MANUFACTURA )

DIRIGIDA POR:  
DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ

Ciudad Universitaria, marzo de 1999.

272060

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS**

### **A Mony**

Con todo mi amor.

Ustedes son mi motivación.

### **A mis hijos Ingrid y Toño**

Con todo mi cariño.

### **A mi hermana Maura**

Gracias por gran apoyo.

### **A mis profesores:**

Dr. Marcelo López Parra  
Dr. Vicente Borja Ramírez  
M.I. Leopoldo A. González González  
Dr. Arturo Barba Pingarrón  
Dr. Saúl Santillán Gutiérrez

Por su paciencia y consejos para la terminación de esta tesis.

### **A mis compañeros y amigos del CDM (los del club)**

Ing. Gustavo Valeriano Barrientos  
Ing. Mariano García Del Gállego  
Ing. César Flores Valverde  
Ing. Adrián Espinosa Bautista  
Ing. Luís Manuel González Cruz

Gracias por sus consejos y gran apoyo para que la máquina de conformado se hiciera realidad.

## **RECONOCIMIENTO**

Durante el desarrollo del proyecto “Proceso para la Fabricación de Agujas para Sutura” participaron los siguientes profesores del Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

Ing. Adrian Espinosa Bautista  
Ing. Mariano García Del Gállego  
Ing. Luís Manuel González Cruz  
Ing. César Flores Valverde  
Ing. Magdalena Trujillo Barragán  
Ing. Oscar Herrera Morales  
Dr. Vicente Borja Ramírez  
Ing. Ubaldo Márquez Amador  
M.I. Leopoldo A. González González

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
<b>I. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>II. Antecedentes</b>	<b>3</b>
<b>II.1. La aguja para sutura</b>	<b>3</b>
<b>II.2. Especificaciones del material de la aguja</b>	<b>4</b>
<b>II.3. El proceso para fabricar agujas para sutura</b>	<b>5</b>
<b>III. Planteamiento del problema</b>	<b>7</b>
<b>III.1 Objetivos y alcances del proyecto “Máquina de Conformado”</b>	<b>8</b>
<b>III.1.1. Objetivos</b>	<b>8</b>
<b>III.1.2. Alcances</b>	<b>9</b>
<b>III.2 Proceso a seguir para la etapa de conformado</b>	<b>10</b>
<b>III.3 Especificaciones del material que alimenta a la máquina</b>	<b>11</b>
<b>III.4 Especificaciones de la máquina conformadora</b>	<b>11</b>
<b>III.5 Especificaciones de las agujas conformadas</b>	<b>12</b>
<b>III.6 Consideraciones de diseño para la máquina</b>	<b>13</b>
<b>IV. Diseño conceptual</b>	<b>15</b>
<b>IV.1 Opciones de solución</b>	<b>15</b>
<b>IV.1.1. Soluciones intermitentes</b>	<b>15</b>
<b>IV.1.2. Soluciones continuas</b>	<b>16</b>
<b>IV.2 Evaluación y selección</b>	<b>19</b>
<b>V. Diseño de configuración</b>	<b>23</b>
<b>V.1. Configuraciones para la máquina de conformado</b>	<b>23</b>
<b>V.1.1. Configuración tipo laminadora</b>	<b>23</b>
<b>V.1.2. Configuración con reductor con eje perpendicular</b>	<b>24</b>
<b>V.1.3. Configuración con motorreductor directamente acoplado</b>	<b>24</b>
<b>V.1.4. Configuración con catarinas</b>	<b>25</b>
<b>V.2. Elementos que integran a la máquina propuesta</b>	<b>27</b>
<b>V.2.1. Castillo de conformado</b>	<b>27</b>
<b>V.2.2. Estructura</b>	<b>28</b>
<b>V.2.3. Motorreductor</b>	<b>29</b>
<b>V.2.4. Coples</b>	<b>29</b>
<b>V.2.5. Transmisión</b>	<b>30</b>
<b>V.2.6. Sistema de alimentación</b>	<b>31</b>
<b>V.2.7. Sistema de doblado de puntas</b>	<b>32</b>
<b>V.2. Descripción de la operación de conformado</b>	<b>32</b>
<b>VI. Diseño de detalle</b>	<b>34</b>

VI.1. El sistema de conformado	34
VI.1.1. Geometría de los rodillos de conformado	34
VI.2. El sistema motriz	37
VI.3. La transmisión	37
VI.4. Estructura	38
VI.5. El sistema de alimentación	38
VI.6. El sistema de doblado de puntas	40
<b>VII. Fabricación y pruebas de la máquina de conformado</b>	<b>42</b>
VII.1 Fabricación de la máquina	42
VII.2 Pruebas de funcionamiento de la máquina	44
VII.3. Conclusiones sobre el prototipo	46
<b>VIII. Rediseño del prototipo</b>	<b>48</b>
VIII.1 Alternativas de solución	48
VIII.1.1. Alternativa con insertos	48
VIII.1.2. Alternativa punzón-rodillo	49
VIII.2 Evaluación y selección de la mejor alternativa	50
VIII.2.1. Ventajas	50
VIII.2.2. Desventajas	51
<b>IX. Diseño de configuración</b>	<b>53</b>
IX.1. Elementos que integran a la máquina de conformado rediseñada	53
IX.2. Descripción del funcionamiento del castillo rediseñado	56
<b>X. Detalle y fabricación del rediseño del sistema de conformado</b>	<b>58</b>
X.1. La máquina de conformado con la alternativa punzón-rodillo	58
X.1.1. Pruebas de funcionamiento	62
X.2. Modificaciones al castillo de conformado	63
X.2.1. Pruebas de funcionamiento del castillo de conformado modificado	66
X.3. Diseño final del castillo de conformado	67
X.3.1. Pruebas de funcionamiento del segundo prototipo	69
<b>XI. Conclusiones</b>	<b>70</b>
<b>Referencias</b>	<b>73</b>
<b>Catálogos de información comercial</b>	<b>73</b>
<b>Apéndice A</b>	<b>74</b>

# **Diseño y fabricación de una máquina para conformar alambre**

## **I. INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo reporta el desarrollo de un proyecto de innovación tecnológica desarrollado en el Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Este proyecto es parte de uno de los más grandes que se han llevado a cabo en este Centro. La experiencia adquirida y las aportaciones hechas por el autor durante su desarrollo se describen en esta tesis.

El proyecto tuvo como propósito el diseño y la fabricación de una máquina para conformar el alambre que se utiliza para elaborar agujas para sutura de sección triangular y sección circular. La máquina dobla y cambia la sección transversal de alambres de acero inoxidable con un diámetro de 0.69 mm. Para lograr el diseño final fue necesario fabricar y probar varios prototipos de los sistemas de la máquina. Los resultados de las pruebas hechas con ellos así como las limitaciones técnicas de los talleres que fabricaron las partes, determinaron en gran medida al diseño final. El prototipo de máquina realizado se instaló y puso en marcha en una planta industrial del norte del país.

Esta tesis se estructura de la siguiente manera: En el capítulo dos, se presentan antecedentes, que brinda información general necesaria para el mejor entendimiento de esta tesis. En el tercer capítulo, se describe la necesidad, de la cual se define el proyecto *proceso para la fabricación de agujas para sutura*, del que surge este trabajo, asimismo, se plantean sus objetivos y alcances. El cuarto capítulo muestra las posibles soluciones para resolver el problema planteado, se evalúan y se selecciona la mejor. En el quinto capítulo se describe la configuración de la máquina propuesta, mientras que en los capítulos seis y siete se muestran el diseño de detalle

y la fabricación de dicha máquina, respectivamente. En el capítulo siete, también se mencionan los resultados y conclusiones de las pruebas realizadas a la máquina. Estos resultados llevan a realizar el rediseño de la máquina, que se describe en el capítulo ocho. Posteriormente, en el noveno capítulo se presenta la nueva configuración de la máquina y en el décimo el diseño de detalle, la fabricación y pruebas de la máquina hasta su entrega al empresario. Por último, en el capítulo once, se presentan las conclusiones de esta tesis.

## II. ANTECEDENTES

### II.1. La aguja para sutura

Una aguja quirúrgica o *aguja para sutura* es un instrumento o dispositivo metálico utilizado para llevar un hilo de sutura a través de tejido.

Las agujas para sutura varían tanto en su forma como en su sección transversal de acuerdo a la aplicación que le corresponda. Por ejemplo, la aguja MT37 (véase figura 2.1b) se utiliza principalmente para casos de cortaduras en la piel, que por su tamaño, requieran unirse mediante sutura. Otro ejemplo son las agujas TC19 (véase figura 2.1a) que se emplean para suturar órganos internos del cuerpo y piel demasiado dura, su sección triangular facilita la penetración en el tejido y disminuye el dolor durante la sutura.

La mayoría de las agujas para sutura cuentan con un barreno longitudinal en el extremo sin punta, donde se engargola la sutura, como se muestra en la figura 2.2. En los apéndices A y B se presenta más información sobre los otros tipos de agujas para sutura.

La aguja para sutura consta de dos partes, *la aguja* en sí o parte metálica y *la sutura* o hilo hecho a base de tejido animal.

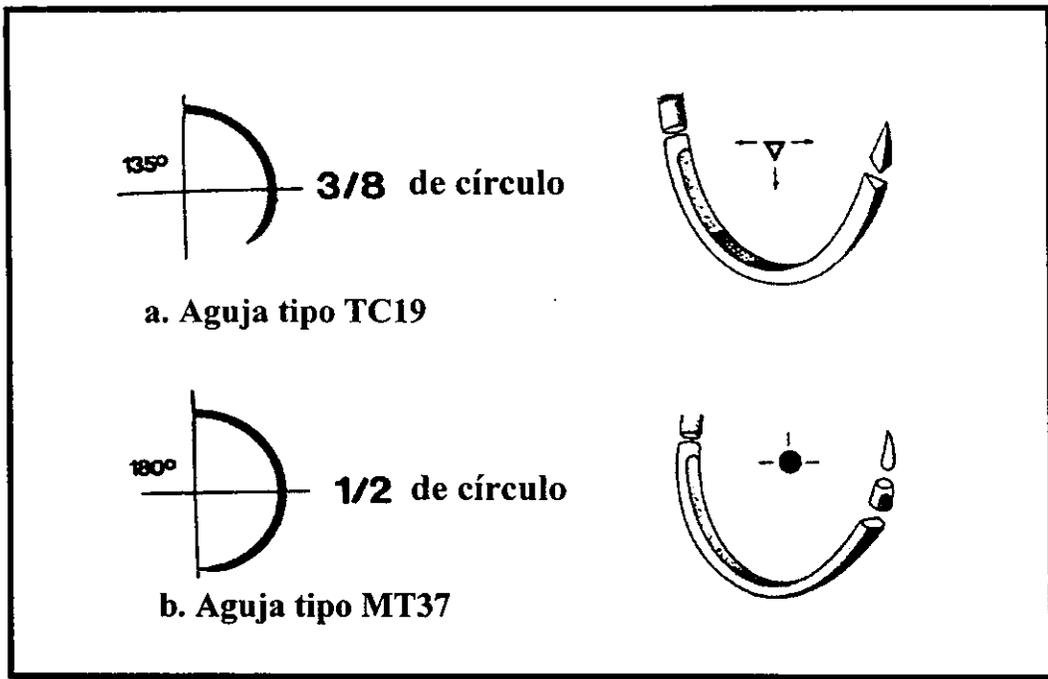


Figura 2.1. Forma de las agujas para sutura.

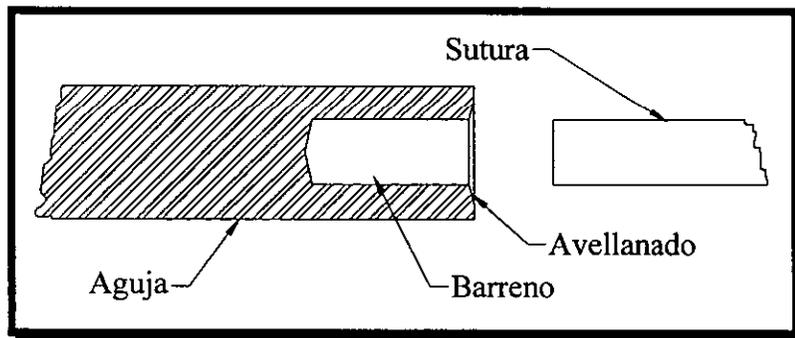


Figura 2.2. Detalle del barreno de las agujas para sutura.

## II.2. Especificaciones del material de la aguja

La norma mexicana NOM-Z-12/1 (véase apéndice A1) establece que las agujas quirúrgicas deben ser manufacturadas con acero de uno de los siguientes tipos:

- Acero inoxidable martensítico (AISI 420B).
- Acero inoxidable austenítico (AISI 304).
- Acero al alto carbono (DIN C105W1).

Las durezas de las agujas para sutura deben ser, según la norma mencionada, las siguientes:

- De 50 RC para materiales AISI 420B y DIN C105W1.
- De 80 RB para el material tipo AISI 304.

### **II.3. El proceso para fabricar agujas para sutura**

En la figura 2.3 se presenta el diagrama de un proceso para fabricar agujas para sutura. El proceso se puede dividir en las nueve etapas que se mencionan a continuación:

- **Enderezado y corte del alambre:** En esta etapa se toma el alambre de un carrete, se endereza y posteriormente se corta a la longitud de cada tipo de aguja. En la zona del corte queda una rebaba típica de la operación.
- **Lavado:** Todas las etapas de lavado que se presentan en la figura 2.3 son semejantes. En ellas se retiran impurezas, tales como aceite, polvo, grasa, etc., que se agregan durante el manejo del alambre.
- **Refrentado:** Esta etapa tiene el propósito de eliminar la rebaba, logrando una cara plana y perpendicular al eje longitudinal del alambre. Además, asegura una longitud uniforme para todos los alambres.
- **Perforado:** La etapa de refrentado prepara la superficie de una cara del alambre para que durante el perforado una broca pueda penetrar sin que se desvíe de su trayectoria. La broca produce un barreno, véase figura. 2.2, en el que se introducirá la sutura.
- **Afilado:** El afilado se lleva a cabo en el extremo sin barreno de la aguja. El afilado consiste en crear una punta cónica que permita o facilite la penetración de

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El patrocinador del presente proyecto es una empresa dedicada a la importación y comercialización de agujas para sutura y otros productos relacionados con el área médica. Actualmente, esta empresa compra por separado los dos elementos que forman a la aguja para sutura (aguja y sutura), adquiere la aguja en Estados Unidos, Japón o la India y la sutura en Estados Unidos y en México. La empresa ensambla, empaqueta, esteriliza y comercializa las agujas para sutura como producto terminado.

Con el objeto de eliminar costos de importación, la empresa planteó la necesidad de elaborar sus propias agujas para sutura al Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de Ingeniería, UNAM. A partir del planteamiento de la empresa, el CDM propuso el desarrollo del "Anteproyecto de un proceso para la fabricación de agujas para sutura"[*Ref. 1*], en el año de 1993. Durante este anteproyecto se desarrolló una investigación sobre equipos comerciales para producir agujas para sutura. Como resultado de lo anterior se encontró que no existía en ese momento maquinaria comercial para producir agujas para sutura. Asimismo, el CDM realizó visitas a empresas que tuvieran en sus procesos similitudes con la producción de agujas para sutura. La empresa, por su parte, visitó compañías productoras de agujas para sutura, haciendo sus comentarios al CDM.

Como resultado del anteproyecto, se tomaron las siguientes decisiones:

- Diseñar una máquina por cada etapa del proceso mostrado en la figura 2.3.
- El material a utilizar es alambre de acero inoxidable 420, por su mejor disponibilidad en el mercado internacional.

- Desarrollar un proyecto como continuación del anteproyecto en el cual se llegaría hasta fabricar los prototipos de las máquinas necesarias para producir agujas.

Tomando como base las conclusiones del anteproyecto realizado, el CDM propuso a la empresa el desarrollo del proyecto “Proceso para la fabricación de agujas para sutura”. Éste tuvo como objetivo diseñar a detalle, fabricar y probar las máquinas que integran al proceso para fabricar agujas para sutura de los tipos MT37 y TC19 (que se mostraron en las figuras 2.1).

Para facilitar el desarrollo del proyecto propuesto, éste se dividió en proyectos individuales pero complementarios, uno por cada etapa del proceso para fabricar agujas. Cada proyecto se encargó del diseño de una sola máquina. Uno de estos proyectos es el encargado de realizar la etapa de conformado, en el que se cambia la forma y la sección transversal a la aguja.

La presente tesis se enfoca al reporte del desarrollo de la máquina para conformar agujas para sutura. Por lo que a continuación se presentan los objetivos y alcances del proyecto denominado “Máquina de conformado”.

### **III.1. Objetivos y alcances del proyecto “Máquina de conformado”**

Los objetivos y alcances del proyecto “máquina de conformado” se desarrollaron de común acuerdo con la empresa, y se presentan en los apartados II.1.1. y II.1.2.

#### **III.1.1. Objetivos**

Los objetivos que se persiguieron durante el desarrollo del proyecto son los siguientes:

- Diseñar una máquina capaz de generar la forma y la sección transversal del alambre de acero inoxidable para producir agujas de los tipos MT37 y TC19, cuyas especificaciones dimensionales se describen en el apartado III.5.
- Supervisar la fabricación de todos los componentes diseñados y adquirir las partes comerciales de la máquina. Asimismo, supervisar el ensamble total de la misma.
- Evaluar el funcionamiento de cada sistema que integra a la máquina.

### **III.1.2. Alcances**

Para el desarrollo del proyecto *Máquina de Conformado*, se propuso a la empresa entregarle un prototipo de una máquina para conformar agujas para sutura, que cumpliera con las especificaciones que se presentan en los apartados III.4., III.5. y III.6. Además de presentar los planos de fabricación de las partes diseñadas, la lista de componentes comerciales y manual de operación.

Para lograr los alcances se efectuaron las siguientes actividades.

- Búsqueda de información técnica y comercial.
- Análisis y síntesis de la información adquirida.
- Generación de opciones de solución.
- Evaluación y selección de la mejor solución al problema.
- Elaboración del diseño de configuración de la solución propuesta.
- Elaboración del diseño de detalle.
- Supervisión de la fabricación del prototipo.
- Ensamble del prototipo.
- Elaboración del manual de operación del prototipo.

### III.2. Proceso a seguir para la etapa de conformado

La etapa de conformado se efectúa de acuerdo al proceso mostrado en la figura 3.1. Este proceso se divide en las cuatro etapas que se explican a continuación.

**Alimentación:** En la etapa de alimentación se introducen alambres a la zona de conformado de acuerdo a las especificaciones que se mencionan en el apartado III.3.

**Conformado y doblado:** En la etapa de conformado y doblado se cambia la sección transversal de los alambres. Además, se proporciona la curvatura requerida para cada tipo de aguja.

**Doblado de puntas:** Durante la etapa de conformado y doblado, los extremos de los alambres quedan aún rectos, por lo que, en la etapa de doblado de puntas son obligados a tomar la curvatura. Finalmente, el alambre obtiene una curvatura uniforme en toda su longitud.

**Expulsión:** La etapa de expulsión se encarga de expulsar al alambre fuera de la zona de conformado.

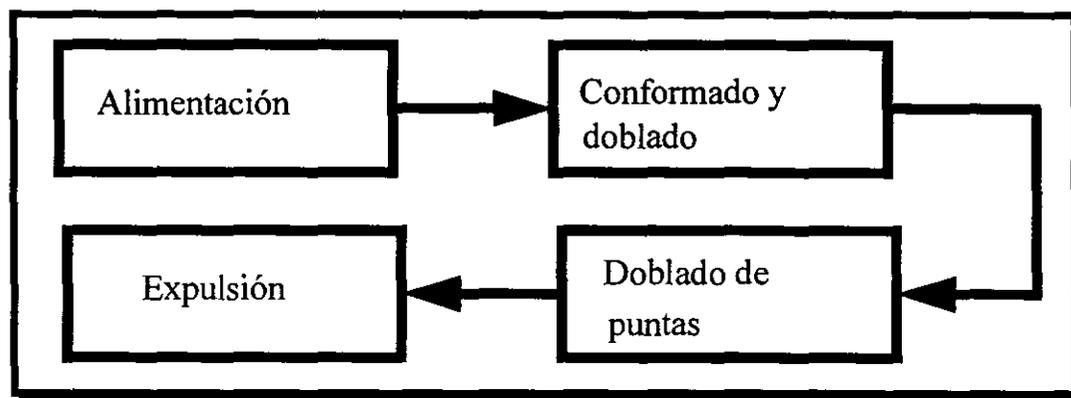


Figura 3.1. Proceso para la etapa de conformado

### III.3. Especificaciones del material que alimenta a la máquina

La máquina de conformado se alimenta de alambres de acero inoxidable 420 (ver composición química y propiedades en el apéndice A) con las siguientes características:

- Una longitud de  $37 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ .
- Una punta cónica con  $3 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$  de altura en un extremo. Ésta se medirá mediante un comparador óptico con un patrón de referencia o un patrón pasa no pasa.
- Un barreno de  $0.43 \text{ mm}$  con una profundidad de  $1.5 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ .
- Una rectitud que deberá comprobarse mediante una prueba óptica con un patrón de referencia.

### III.4. Especificaciones de la máquina conformadora

Como resultado del anteproyecto [*Ref. 1*] y de las pláticas con la empresa se definieron las siguientes especificaciones para la máquina de conformado:

- **Producción:** Conforme a los requerimientos de la compañía, la producción anual estimada será de nueve millones de piezas. Por ello, se acordó producir 40,000 agujas por día considerando que se trabaja un turno diario de 7 horas.
- **Conformado:** La operación fundamental de la máquina es el conformado, por lo que la máquina deberá ser capaz de producir agujas bajo las especificaciones que se mencionan en el apartado III.5.
- **Productos:** La máquina será capaz de producir dos tipos de agujas para sutura, la aguja MT37 y la aguja TC19, véase el apartado III.5.

- **Dimensiones:** El espacio asignado por la empresa para la máquina de conformado dentro de la planta es de 2.0m de longitud, un ancho de 1.0m y una altura de 1.80m.

### III.5. Especificaciones de las agujas conformadas

Los productos que se obtendrán de la máquina de conformado serán dos tipos de aguja. El primero es el tipo MT37 que es una aguja con una curvatura de 180°, una sección transversal oval en el 60% de la longitud de su cuerpo, cuenta con un barreno longitudinal en un extremo y una punta cónica en el otro, como se muestra en la figura 3.2. El segundo es el tipo TC19 que es una aguja con una curvatura de 135°, el 90% de su cuerpo es de sección triangular y también cuenta con un barreno en un extremo, como se muestra en la figura 3.3 (véase también figura 2.1.).

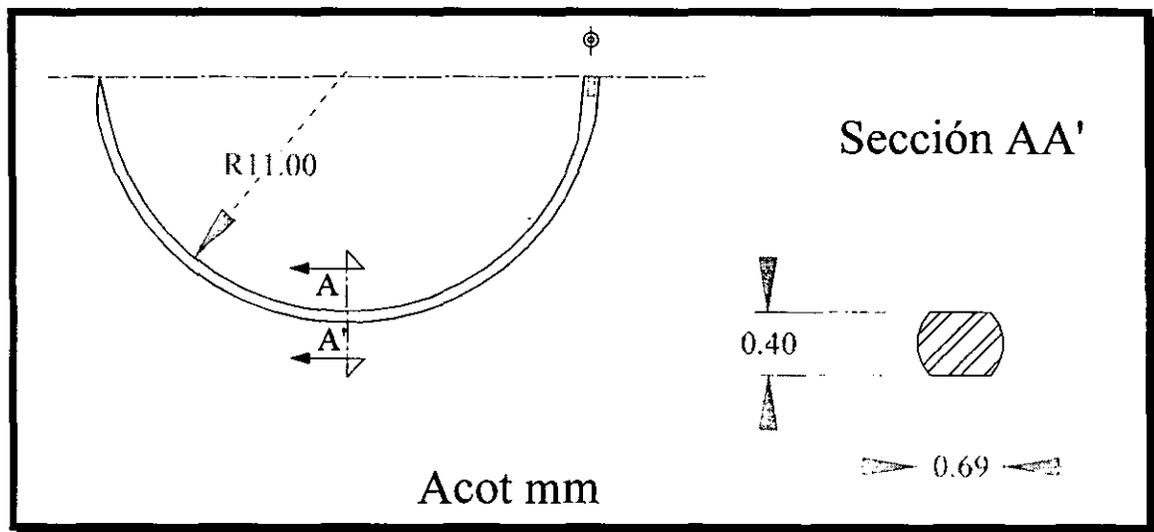


Figura 3.2. Dimensiones de la aguja MT37.

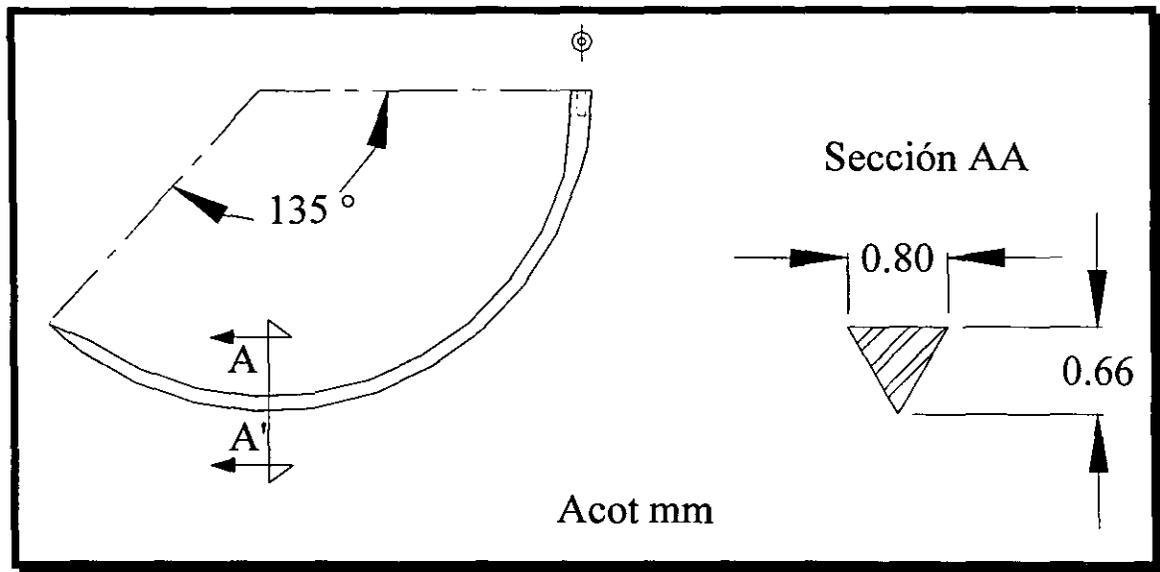


Figura 3.3. Dimensiones de la agujas TC19.

### III.6. Consideraciones de diseño para la máquina

El desarrollo del diseño de la máquina de conformado se basó en las siguientes consideraciones.

- **Manufactura:** Para la fabricación de piezas diseñadas, se deberá considerar dentro del diseño, el uso de máquinas herramienta y equipo, tales como, tornos y fresadoras convencionales y de control numérico; además de cepillos, taladros verticales y máquinas soldadoras.
- **Facilidad para alimentar alambres:** La alimentación de los alambres a la zona de conformado, deberá realizarse de acuerdo a los requerimientos de producción de agujas.
- **Medio ambiente:** La máquina conformadora será instalada en Piedras Negras Coahuila. Por lo anterior, se espera un ambiente con temperaturas extremas, en algunas épocas del año una temperatura de 40°C a la sombra en el día y -5°C por las noches.
- **Vida útil:** El prototipo deberá tener una vida útil mínima de 2 años.

- **Costo del prototipo:** Se deberá evitar en la medida de lo posible utilizar partes o equipos importados y utilizar el mayor número de partes y equipos comerciales en México.
- **Seguridad:** La máquina de conformado deberá contar con elementos que prevengan lesiones o eviten poner en peligro la salud e integridad física del operario. Tales como cubiertas, controles alejados de las partes en movimiento, etc.
- **Independencia de movimientos:** Evitar en la medida de lo posible la dependencia de movimientos entre los diferentes sistemas que integren a la máquina.

## **IV. DISEÑO CONCEPTUAL**

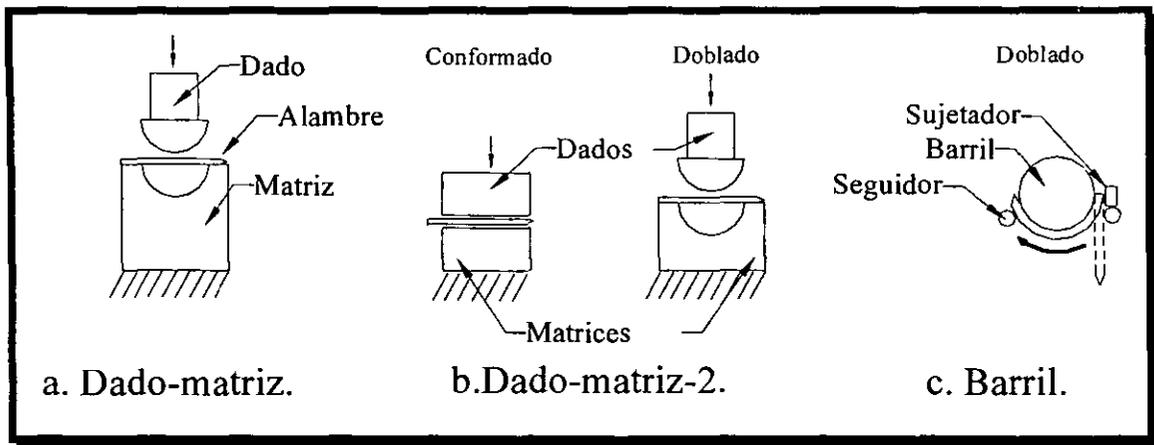
En el capítulo anterior se mencionaron las especificaciones y requerimientos de la máquina de conformado y que fueron tomados en cuenta en este capítulo para proponer los conceptos para resolver el problema del diseño de esta máquina.

Para generar las opciones de solución al problema, se tomó en cuenta la investigación, realizada durante el anteproyecto, sobre equipos comerciales para producir agujas para sutura y los comentarios del empresario acerca del proceso de fabricación de agujas para sutura. Información adicional fue obtenida visitando empresas, cuya maquinaria o productos tuvieran alguna relación o similitud con la manufactura de agujas. Asimismo, se recurrió a técnicas de trabajo en grupo.

### **IV.1. Opciones de solución**

#### **IV.1.1. Soluciones intermitentes**

Este tipo de soluciones reciben el nombre de intermitentes porque cada una de ellas requiere la realización secuencial de las siguientes operaciones: tomar un alambre, posicionarlo, sujetarlo, conformarlo, doblarlo y expulsarlo. Se generaron tres opciones intermitentes, véase figura 4.1, ellas se describen a continuación:



**Figura 4.1.** Doblado y conformado intermitente.

- La figura 4.1a muestra la opción “Dado-matriz” que consta de un dado y una matriz; el dado presiona al alambre en contra de la matriz, doblándolo y conformándolo simultáneamente.
- La figura 4.1b muestra la opción “Dado-matriz-2” que efectúa un procedimiento semejante al descrito en el punto anterior, pero el doblado y conformado se realizan en operaciones separadas: primero se lleva a cabo el conformado, o cambio en la sección transversal, y por último el doblado del alambre.
- La figura 4.1c presenta la opción “Barril” que consta de un barril, un sujetador y un seguidor. El alambre se fija por su extremo perforado mediante un sujetador que lo oprime contra el barril, mientras que el seguidor empuja al alambre obligándolo a tomar la forma del barril.

#### IV.1.2. Soluciones continuas

En las opciones continuas, a diferencia de las opciones intermitentes, el alambre se transporta en forma continua entre la entrada o alimentación y la salida o expulsión del alambre. Además, durante este trayecto se efectúan las operaciones de conformado y doblado en forma simultánea. La diferencia entre las opciones

continuas que se presentan en las figuras 4.2 y 4.3 es la manera de alimentar al alambre.

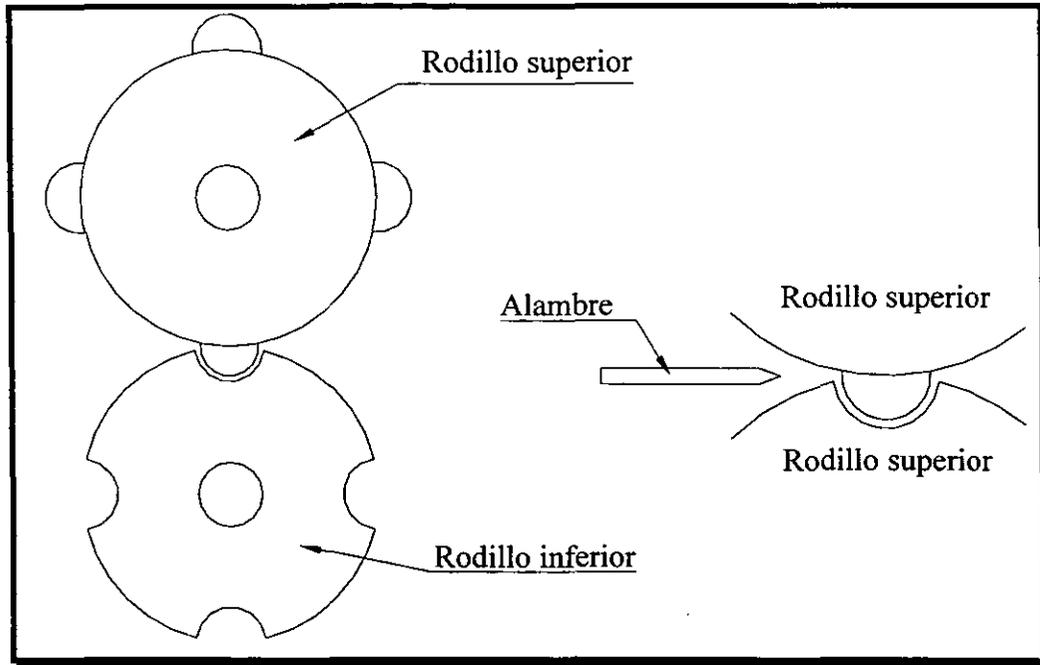


Figura 4.2. Opción continua con alimentación longitudinal del alambre.

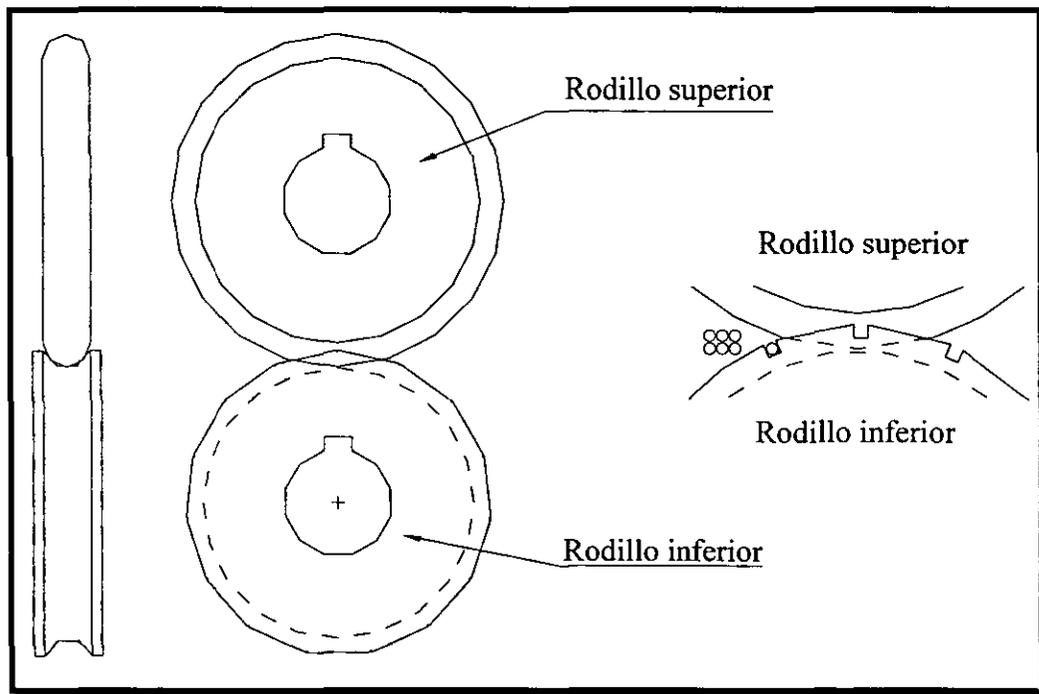


Figura 4.3. Opción continua con alimentación transversal del alambre.

- La figura 4.2 muestra la opción “Alimentación longitudinal” que alimenta al alambre en dirección paralela al eje longitudinal del propio alambre. Los rodillos que se utilizan par esta opción son de dos tipos: el rodillo superior contiene pequeños lóbulos para doblar al alambre al radio requerido; y el rodillo inferior tiene cavidades en su periferia en las que los lóbulos obligan al alambre a tomar la forma de dicha cavidad. Cabe mencionar que los rodillos giran sobre sus propios ejes.
- En la figura 4.3 se ilustra la opción “Alimentación transversal” que alimenta al alambre en dirección perpendicular al eje longitudinal del propio alambre. Al igual que en la opción anterior, se cuenta con un par de rodillos que giran sobre sus propios ejes. El rodillo superior, rodillo macho, es un disco con un radio en la periferia igual al requerido para doblar y conformar al alambre. El rodillo inferior, rodillo hembra, es un disco con una cavidad o canal circular en la periferia. El rodillo hembra toma un alambre y lo transporta hasta el punto donde el rodillo macho lo obliga a tomar la forma del rodillo hembra.

## IV.2. Evaluación y selección

Para poder evaluar cada una de las opciones de solución y seleccionar la mejor se utilizó una matriz de decisión, en la que se tomaron en cuenta las especificaciones y consideraciones mencionadas en los apartados IV.3 al IV.6. La tabla 4.1 presenta los parámetros analizados en la matriz junto con su descripción:

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
1. Manufactura	Maquinados a realizarse con precisión de $\pm 0.05$ mm
2. Costo	No exceder un tope de \$ 100,000.00 en materiales
3. Tiempo de vida	Por lo menos dos años sin cambiar elementos importantes en el prototipo
4. Mantenimiento	Verificación de componentes, limpieza y ajuste de una manera rápida y accesible
5. Alimentación	Alimentación automática y de acuerdo a los requerimientos de producción de agujas
6. Medio ambiente	Materiales que soporten las exigencias climáticas del lugar de trabajo
7. Seguridad	Mantener la integridad física del operario
8. Sincronización	Menor dependencia de movimientos entre elementos

**Tabla 4.1.** Descripción de parámetros de diseño.

En la tabla 4.2, se determina la importancia de los parámetros de diseño haciendo comparaciones entre parejas de éstos. Por ejemplo, la columna 1, que se encuentra dividida en siete columnas, se compara el parámetro 1 contra los siete restantes, uno por cada columna. Posteriormente en el renglón de “Manufactura”, se anotan los valores contrarios a los obtenidos para cada columna. Se hace la comparación, del segundo parámetro con los seis restantes y así sucesivamente.

PARÁMETRO	1							2							3							4							5							6							7							SUMA	(%)
1. Manufactura	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	6	0	0	7	4	14.29																				
2. Costo	1							0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	6	0	0	7	4	14.29																				
3. Tiempo de vida		0						1						0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	6	0	0	7	3	10.71																				
4. Mantenimiento			0					0						1					1	1	1	0	1	0	0	6	0	0	7	4	14.29																				
5. Alimentación				0						0				1					0				1	0	0	6	0	0	7	2	7.14																				
6. Medio ambiente				0							1				0				0				0			6	0	0	7	1	3.57																				
7. Seguridad					1							1				0				0			1	1		6	0	0	7	4	14.29																				
8. Sincronización						1						0					1				1		1	1	1	6	0	0	7	6	21.42																				
																														28	100.00																				

Tabla 4.2. Importancia de los parámetros de diseño.

En la tabla 4.3 se representa el valor porcentual de la satisfacción con que se calificaron los parámetros en la matriz de decisión.

TABLA DE SATISFACCIÓN		
Porcentaje	Descripción	
100%	Completa satisfacción	Objetivo satisfecho en todos sus aspectos
90%	Satisfacción aceptable	Objetivo satisfecho en sus aspectos importantes
75%	Satisfacción considerable	Objetivo satisfecho en la mayoría de sus aspectos
50%	Satisfacción moderada	Punto intermedio entre la completa y nula satisfacción
25%	Poca satisfacción	Satisface en menos de la mitad de sus aspectos
10%	Ninguna satisfacción	Objetivo no satisfecho

**Tabla 4.3.** Descripción del porcentaje de satisfacción para evaluar los parámetros de diseño.

Utilizando las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 para obtener la matriz de decisión que se presenta en la tabla 4.4. La matriz de decisión se calcula de la siguiente manera: Se toma el porcentaje de importancia de cada parámetro y se multiplica por el valor porcentual de satisfacción que ofrece la opción de solución y los resultados de estos productos se suman para obtener la calificación de cada opción.

OPCIONES DE SOLUCIÓN						
Parámetro	Alimentación longitud.		Alimentación transver.		Intermitentes	
Manufactura	$14.29 * 0.75 =$	10.72	$14.29 * 1 =$	14.29	$14.29 * 0.75 =$	10.72
Costo	$14.29 * .50 =$	7.15	$14.29 * 0.90 =$	12.86	$14.29 * 0.90 =$	12.86
Tiempo de vida	$10.71 * 0.75 =$	8.03	$10.71 * 0.90 =$	9.64	$10.71 * 0.50 =$	5.36
Mantenimiento	$14.29 * 0.75 =$	10.72	$14.29 * 1 =$	14.29	$14.29 * 0.75 =$	10.72
Alimentación	$7.14 * 0.50 =$	3.57	$7.14 * 0.90 =$	6.43	$7.14 * 0.90 =$	6.43
Medio ambiente	$3.57 * 1 =$	3.57	$3.57 * 1 =$	3.57	$3.57 * 1 =$	3.57
Seguridad	$14.29 * 0.90 =$	12.86	$14.29 * 0.90 =$	12.86	$14.29 * 0.90 =$	12.86
Sincronización	$21.42 * 0.50 =$	10.71	$21.42 * 0.90 =$	19.28	$21.42 * 0.50 =$	10.71
<b>Total (%)</b>		<b>67.33</b>		<b>93.22</b>		<b>73.23</b>

**Tabla 4.4.** Matriz de Decisión

De acuerdo a los resultados que se muestran en la tabla 4.4, la mejor solución es la opción continua con alimentación transversal del alambre.

Las opciones discontinuas se desecharon porque consumen más tiempo para realizar la operación de conformado y tienen elementos en movimiento que requieren de sincronización entre sus componentes. Por otro lado, en la opción continua con alimentación longitudinal del alambre, se dificulta alimentar cada alambre y lograr que éste conserve su posición durante el conformado. Además, se vuelve más compleja la sincronización de sus elementos y aún más complicada la manufactura de los rodillos de conformado.

## V. DISEÑO DE CONFIGURACIÓN

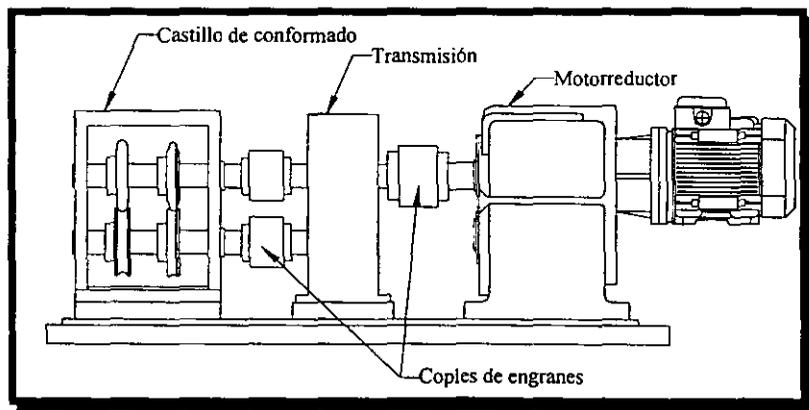
Como se mostró en el capítulo anterior, la solución que mejor satisface al problema de conformar al alambre es la opción continua con alimentación de alambres en forma transversal. En éste capítulo se presentan los posibles arreglos para la máquina de conformado y se describe la configuración seleccionada.

### V.1. Configuraciones para la máquina de conformado

Las configuraciones consisten en proponer diferentes disposiciones de los componentes que integran a la máquina. En las figuras 5.1 a 5.4 se muestran varias disposiciones para la máquina de conformado.

#### V.1.1. Configuración tipo laminadora

La configuración que se muestra en la figura 5.1, consiste de un motorreductor de ejes paralelos, una transmisión y el castillo de conformado. Estos elementos se encuentran alineados en una disposición semejante a la de una laminadora. Los coples de engranes soportan el par aplicado y pueden absorber un desalineamiento de 2°.

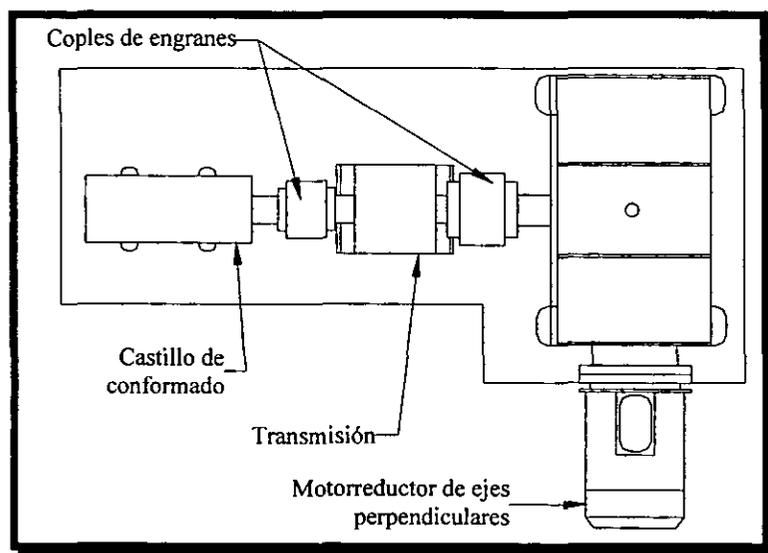


**Figura 5.1.** Configuración tipo laminadora para la máquina de conformado.

Una laminadora es una máquina muy común, cuyos elementos se encuentran dispuestos de tal forma que pueden ser reemplazados rápidamente en caso de falla.

### V.1.2. Configuración con reductor con eje perpendicular

En la figura 5.2, se muestran los mismos elementos que la configuración tipo laminadora, pero el motorreductor tiene su salida a  $90^\circ$ , con lo cual se reduce su longitud.



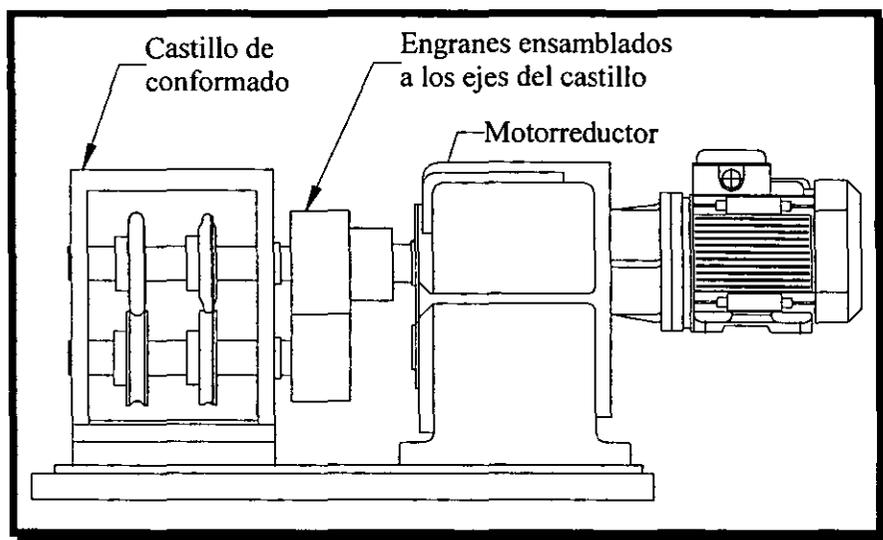
**Figura 5.2.** Configuración con reductor a  $90^\circ$  para la máquina de conformado.

Los motorreductores de ejes perpendiculares reducen la velocidad mediante un sistema sin fin-corona. Tienen el inconveniente de presentar un mayor desgaste y un costo más elevado que un motorreductor con ejes paralelos de engranes helicoidales.

### V.1.3. Configuración con motorreductor directamente acoplado

En la configuración mostrada en la figura 5.3, la máquina es más corta que en las otras configuraciones anteriores porque sustituye la transmisión por dos engranes

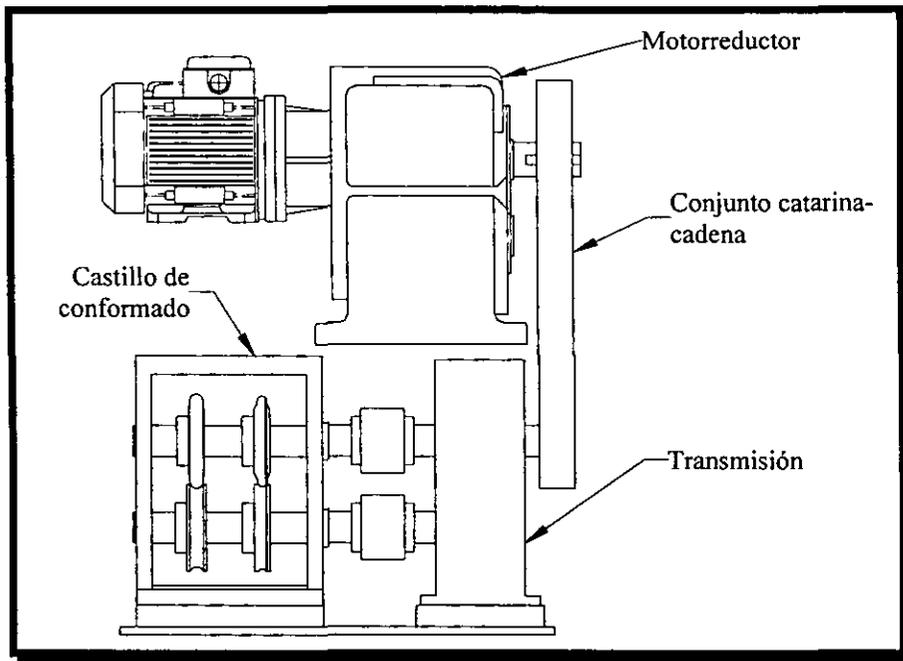
ensamblados a los extremos de los ejes del castillo de conformado. El eje de salida del reductor está directamente acoplado al eje superior del castillo de conformado por medio del mismo engrane superior. El movimiento del eje superior al inferior se transmite por medio de los dos engranes ensamblados, como se observa en la figura 5.3. En esta configuración, los engranes no pueden absorber desalineamientos entre el eje del reductor y el eje superior del castillo.



**Figura 5.3.** Configuración con motorreductor acoplado al castillo de conformado.

#### **V.1.4. Configuración con catarinas**

En la configuración que se muestra en la figura 5.4, el motorreductor se ubica por encima de los demás elementos. La potencia del motorreductor se transmite a la transmisión, por medio de un juego de catarinas y cadena. Esta configuración es compacta, pero, las vibraciones que emite el motorreductor pueden afectar el funcionamiento del castillo de conformado.



**Figura 5.4.** Configuración con catarinas para la máquina de conformado.

De las cuatro configuraciones arriba mostradas, se puede notar que la configuración que tiene mejores características es la tipo laminadora. Las otras configuraciones no pueden absorber desalineamientos en los ejes, transmiten vibraciones mecánicas hacia el castillo de conformado y algunos de sus elementos son más costosos. Por lo tanto, la configuración propuesta es la tipo laminadora que se presenta en el siguiente apartado.

## V.2. Elementos que integran a la máquina propuesta

En la figura 5.5 se muestran los elementos que constituyen la configuración propuesta de la máquina conformadora. Cada uno de los elementos se describen a continuación.

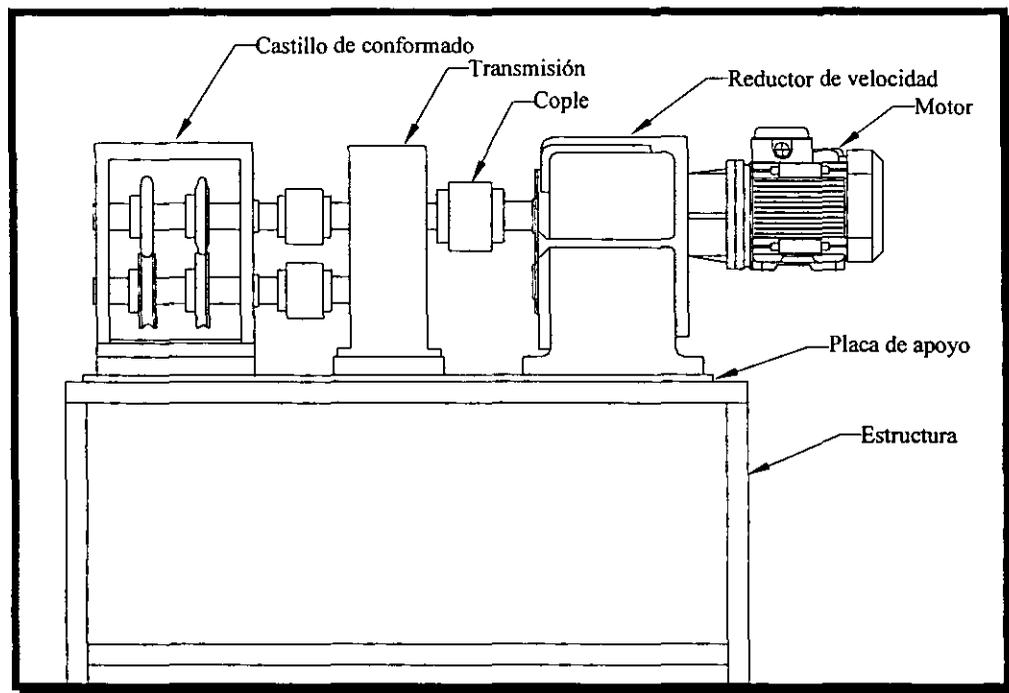
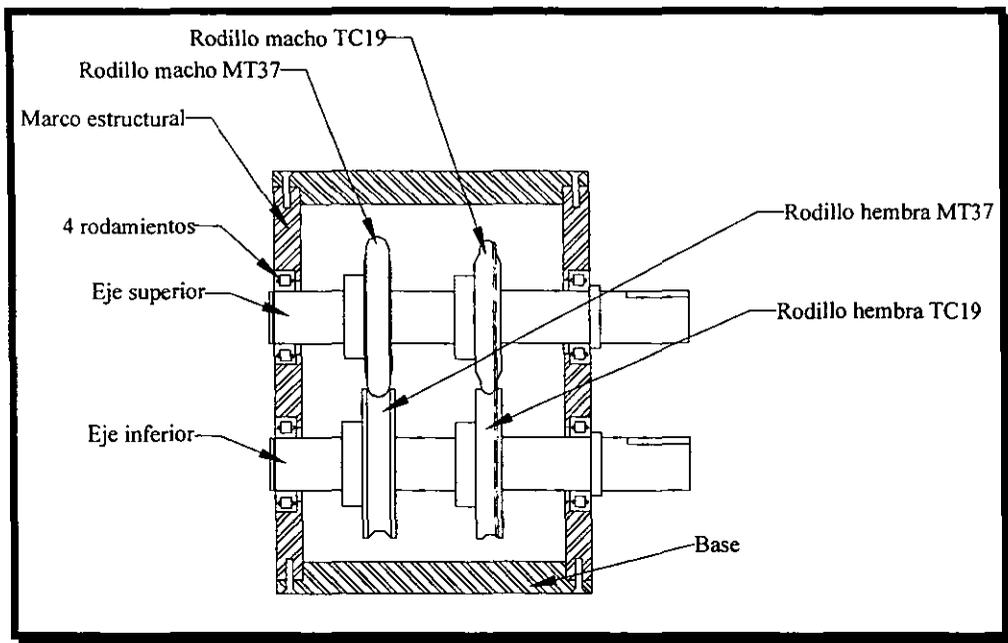


Figura 5.5. Configuración de la máquina conformadora de agujas para sutura.

### V.2.1. Castillo de conformado

El castillo de conformado proporciona la curvatura semicircular de la aguja y deforma su sección transversal de circular a oval. Este sistema consta de un par de rodillos, un macho y un hembra, por cada tipo de aguja. Además, cuenta con dos ejes y un marco estructural como se puede ver en la figura 5.6. Los rodillos del lado izquierdo del castillo de conformado producen la aguja MT37 y los del lado derecho la aguja TC19.



**Figura 5.6.** Vista del castillo de conformado.

**El funcionamiento del sistema es el siguiente:** Los rodillos macho unidos a sus respectivos ejes, giran en sentido contrario a los rodillos hembra y a la misma velocidad angular. Los rodillos hembra constan de ranuras transversales en cada una de las cuales se deposita un alambre que es transportado hasta la zona de conformado.

### V.2.2. Estructura

La estructura debe ser lo suficientemente rígida para soportar el peso del resto de los componentes de la máquina, así como las vibraciones producidas por los componentes móviles. La estructura se fabricó con perfiles estructurales unidos por soldadura como se muestra en la figura 5.7.

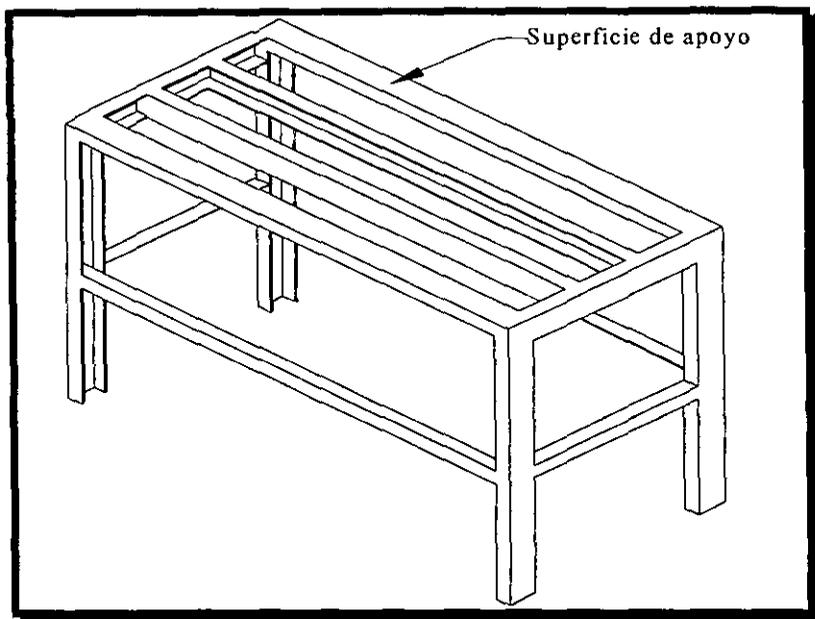


Figura 5.7. Vista en isométrico de la estructura.

### V.2.3. Motorreductor

El motorreductor se encarga de generar la potencia necesaria para mover a la transmisión y al castillo de conformado. Este sistema consta de un motor eléctrico y un reductor de velocidad comerciales como se muestra en la figura 5.8.

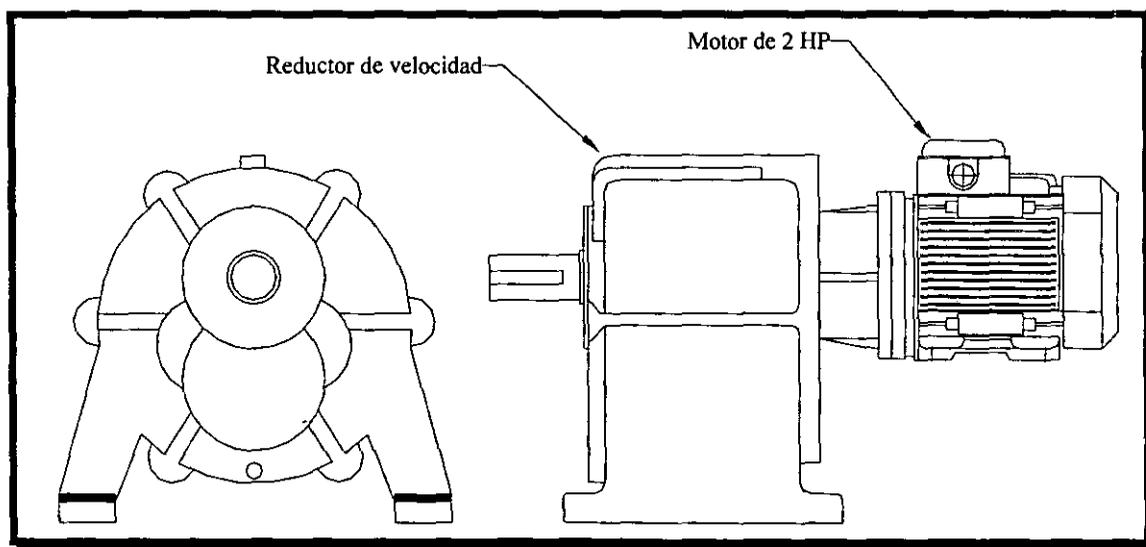


Figura 5.8. Motorreductor.

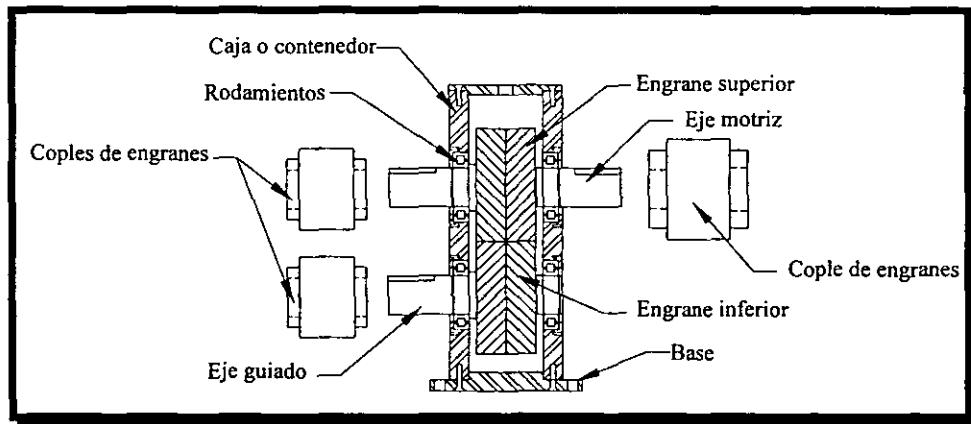
## V.2.4. Coples

Se propusieron tres coples de engranes para unir al eje de salida del motorreductor con la transmisión y, a su vez, a la transmisión con el castillo de conformado. Estos coples tienen un tamaño reducido y pueden transmitir un alto par. Las características de los coples de engranes son las siguientes: Cople que une al motorreductor y la transmisión del tipo 20S,  $\phi_{ext}=5.125$  plg y  $T=32,100$  Lb-plg; coples que unen la transmisión y el castillo de conformado, del tipo 15S,  $\phi_{ext}=4.125$  plg y  $T=19,500$  Lb-plg. Las especificaciones de estos coples se encuentran en el apéndice A5.

## V.2.5. Transmisión

La transmisión distribuye el par que recibe del motorreductor a ambos ejes del castillo de conformado. La transmisión mueve a los ejes del castillo a la misma velocidad angular a través de los coples mencionados arriba.

La transmisión consta de dos engranes junto con sus ejes y rodamientos respectivos, como se muestra en la figura 5.9. El engrane superior recibe el movimiento del motorreductor mediante el cople que une a ambos ejes, asimismo, éste lo transmite a un engrane inferior con una relación 1:1.



**Figura 5.9.** Transmisión.

## V.2.6. Sistema de alimentación

El sistema de alimentación se encarga de dosificar un alambre por cada ranura transversal del rodillo hembra. Es necesario que la máquina cuente este sistema para evitar que el operador introduzca las manos cerca de la zona de conformado y disminuir el riesgo de accidente para el operador. El sistema de alimentación puede ser activado con el movimiento del eje del rodillo hembra o con ayuda de un motor eléctrico. En la figura 5.10, se presenta una primera opción que utiliza poleas y bandas. Para determinar el sistema de alimentación más adecuado se propuso elaborar modelos de prueba para obtener información del comportamiento del alambre.

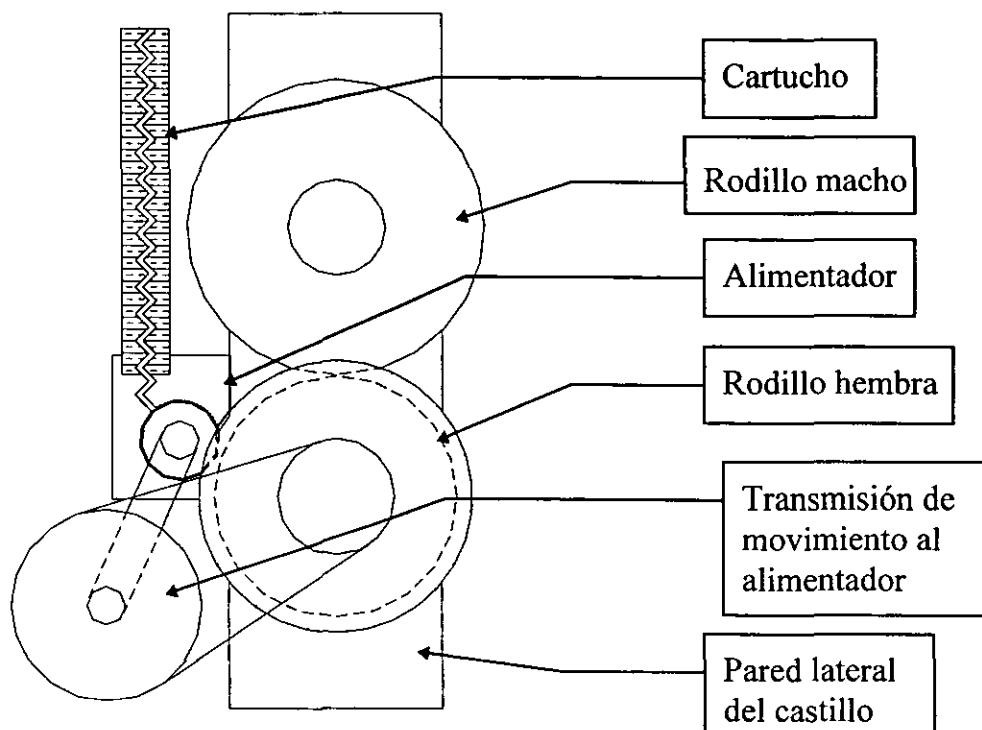
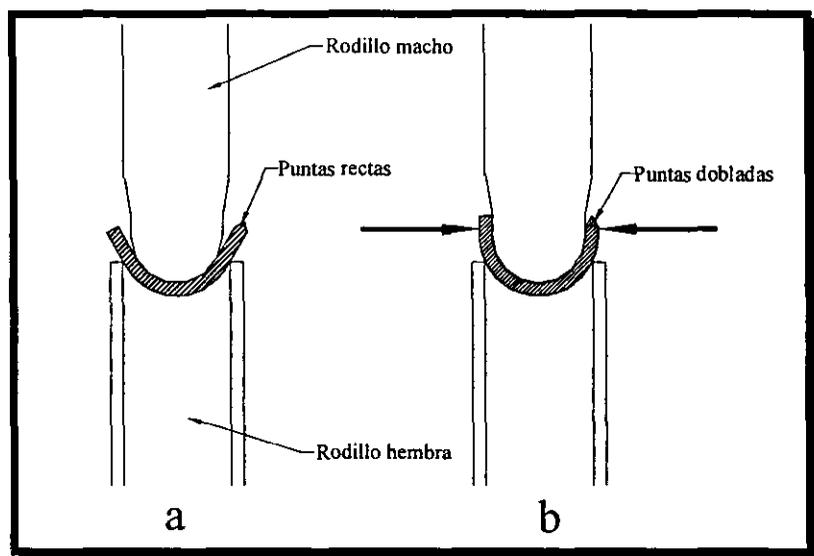


Figura 5.10. Sistema de alimentación de alambres con poleas y bandas.

### V.2.7. Sistema de doblado de puntas

El sistema de conformado dobla y conforma sólo una parte del alambre como se muestra en la figura 10.11.a, por lo que se requiere del sistema de doblado de puntas para que obligue al alambre a adquirir la forma completa con un arco de curvatura de  $180^\circ$ , en el caso de la aguja MT37, y de  $135^\circ$  para la TC19, véase figura 10.11b.



**Figura 5.11.** Necesidad de un sistema de doblado de puntas.

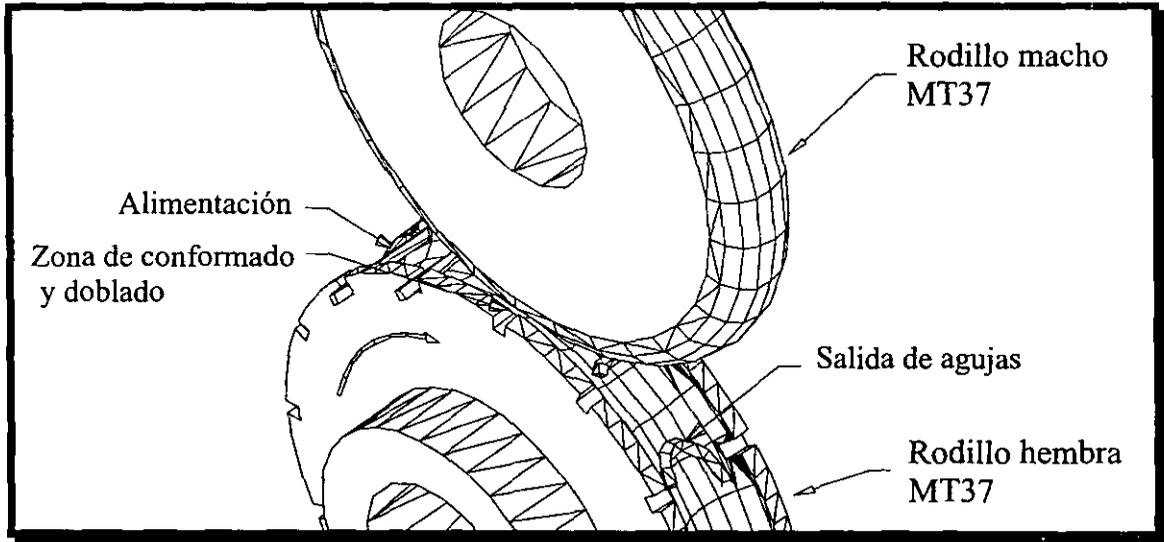
El sistema de doblado de puntas se explicará a detalle en el capítulo VI.

### V.3. Descripción de la operación de conformado

El funcionamiento de la máquina descrita en la sección anterior es el siguiente:

Un alambre recto con una punta o filo en un extremo y un barreno longitudinal en el otro, es tomado por una ranura transversal del rodillo inferior o rodillo hembra: El alambre viaja apoyado en sus extremos dentro de la ranura, (ver figura 5.12). El rodillo hembra lo transporta a una velocidad constante hasta la parte en que ambos

rodillos se encuentran más cercanos. El rodillo macho introduce al alambre dentro del canal radial del rodillo hembra, aplastando una porción de su cuerpo. El alambre conserva su forma semicircular. Posteriormente, el alambre cae por gravedad hasta un recolector.



**[Figura 5.12.** Descripción de la operación de conformado y doblado.

Hasta este momento se ha presentado la configuración de la máquina de conformado. En el siguiente capítulo se describirán a detalle cada uno de sus componentes.

## **VI. DISEÑO DE DETALLE**

En el capítulo anterior se mostró el arreglo seleccionado para la máquina de conformado. En el presente capítulo se presentan los resultados del diseño de detalle, como son los planos de fabricación, en los que se indican dimensiones, tolerancias, acabados superficiales, materiales y componentes comerciales.

### **VI.1. El sistema de conformado**

#### **VI.1.1. Geometría de los rodillos de conformado**

Para determinar la geometría de los rodillos de conformado fue necesario desarrollar pruebas con alambre. Estas pruebas se describen a continuación, y consistieron en obtener los parámetros necesarios para fabricar agujas por medio de una operación similar a un estampado convencional (ver figura 6.1).

##### **1.- Objetivo de las pruebas**

Determinar el radio de la matriz y del punzón, y la fuerza necesarios para generar la forma requerida en el alambre.

##### **2.- Material y equipo utilizado**

- Cuatro matrices con radios de cavidad de 10mm, 11mm, 11.40mm y 12mm.
- Tres punzones con radios de 9mm, 10mm, 11mm y 12mm.
- Una matriz con una ranura en "V" con una apertura de 0.080 mm por una profundidad de 0.060 mm.
- Alambre de acero inoxidable tipo 420.

- Máquina universal de pruebas mecánicas.
- Calibrador digital.
- Agujas para sutura comerciales como punto de comparación.
- Comparador óptico.

### 3.- Desarrollo de las pruebas

Se colocaron tramos de alambre, entre la matriz y el punzón, como se muestra en la figura 6.1. Los dados se montaron en una máquina servohidráulica universal de pruebas para oprimir al punzón en contra de la matriz. Se realizaron ensayos aplicando cargas desde una hasta cinco toneladas con incrementos de una tonelada. Después de cada ensayo se hizo una comparación visual entre el alambre obtenido y una aguja comercial. Los valores de carga se registraron, hasta obtener la forma de la sección transversal que se requiere en el alambre. Del mismo modo, se combinaron matrices y punzones hasta producir la geometría deseada en el alambre.

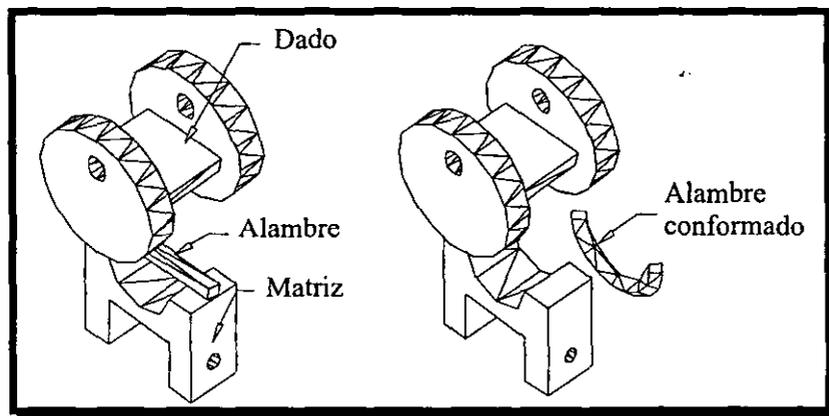


Figura 6.1. Esquema de las pruebas de conformado.

Como resultado de estas pruebas, se determinó que se requiere aplicar una carga de 5 toneladas para que el alambre adquiriera la sección triangular (para

la aguja TC19). Por otro lado, con la matriz de diámetro 11.4mm, el punzón de diámetro 11mm y una carga de 3 toneladas se logró obtener un alambre con la sección transversal y forma semejantes a las de una aguja MT37 comercial.

Sin embargo, el alambre conformado mantiene la curvatura sólo en la porción conformada y los extremos del alambre permanecen rectos. Por lo que se hace necesario introducir otro sistema que se encargue de desempeñar esta función.

#### **4.- Conclusiones**

Las conclusiones de las pruebas de conformado son las siguientes:

- Cuando se produce deformación plástica sobre la sección transversal del alambre, la recuperación elástica en el alambre es pequeña, es decir, el alambre prácticamente mantiene su curvatura.
- El juego de matriz-punzón que mejor funcionó para la aguja MT37 fue: matriz con diámetro de 11.4mm y punzón con diámetro de 11mm.
- Se requiere aplicar una carga de 5 ton. para lograr la forma triangular de la aguja TC19 y 3 ton. para formar una aguja MT37.
- Es necesaria una cavidad en “V” con una profundidad de 0.6 mm y un ancho de 0.8 mm para proporcionar la forma deseada para la aguja TC19.
- Las marcas o rayaduras que contienen el dado y la matriz, para ambos tipos de agujas, se imprimen en el alambre conformado. Por esta razón, las superficies de contacto con el alambre deben ser rectificadas.

La información obtenida como resultado de estas pruebas, sirvió para determinar la geometría de los rodillos de conformado, cuyos planos de detalle se muestran en el

apéndice C. Asimismo, los dibujos de fabricación del resto de los componentes que integran al sistema de conformado también se presentan en dicho apéndice.

## **VI.2. El sistema motriz**

La potencia en el sistema motriz se determinó al tomar en cuenta los valores de carga necesarios para deformar al alambre 5 ton. para la aguja TC19 y 3 ton. para la MT37, además de otras suposiciones.

La potencia calculada es de 1.13 HP. Los cálculos para determinar la potencia se presentan en el apéndice B1. De acuerdo con catálogos comerciales de motorreductores, los valores de potencia más cercanos al calculado son 1.5 HP y 2 HP. Tomando en cuenta que se podrían instalar varios castillos funcionando en paralelo con el mismo motorreductor, se seleccionó un motorreductor de 2 HP.

Por otro lado, considerando la producción de 40,000 agujas, que se mencionó en el apartado III.4, la velocidad a la salida del motorreductor debe ser de 6.5 RPM. Con estos datos se seleccionó el motorreductor comercial marca JIV con una potencia de 2 HP y una velocidad de salida de 7.3 RPM.

## **VI.3. La transmisión**

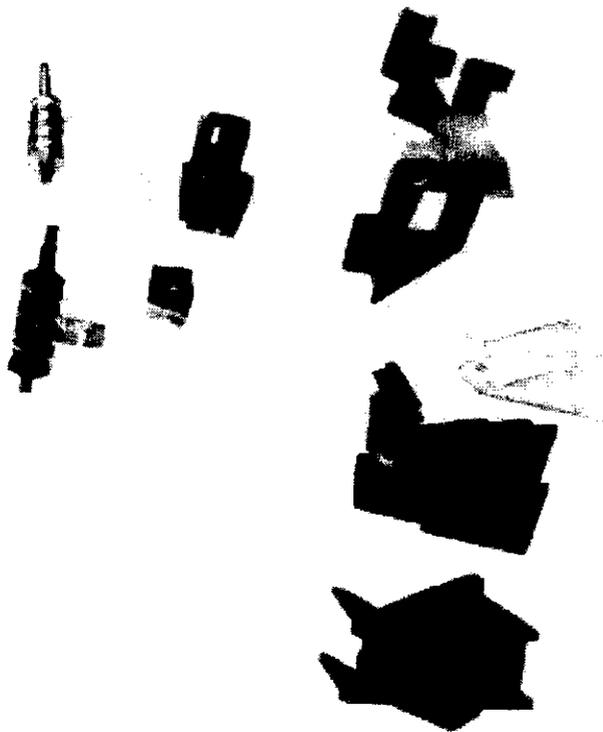
La transmisión consta de dos engranes helicoidales. Éstos se calcularon de acuerdo a la potencia y par a la salida del motorreductor. El desarrollo del cálculo se presenta en el apéndice B2.

#### VI.4. Estructura

Para fabricar la estructura se utilizó acero estructural. Su plano de detalle se muestra en el apéndice C.

#### VI.5. El sistema de alimentación

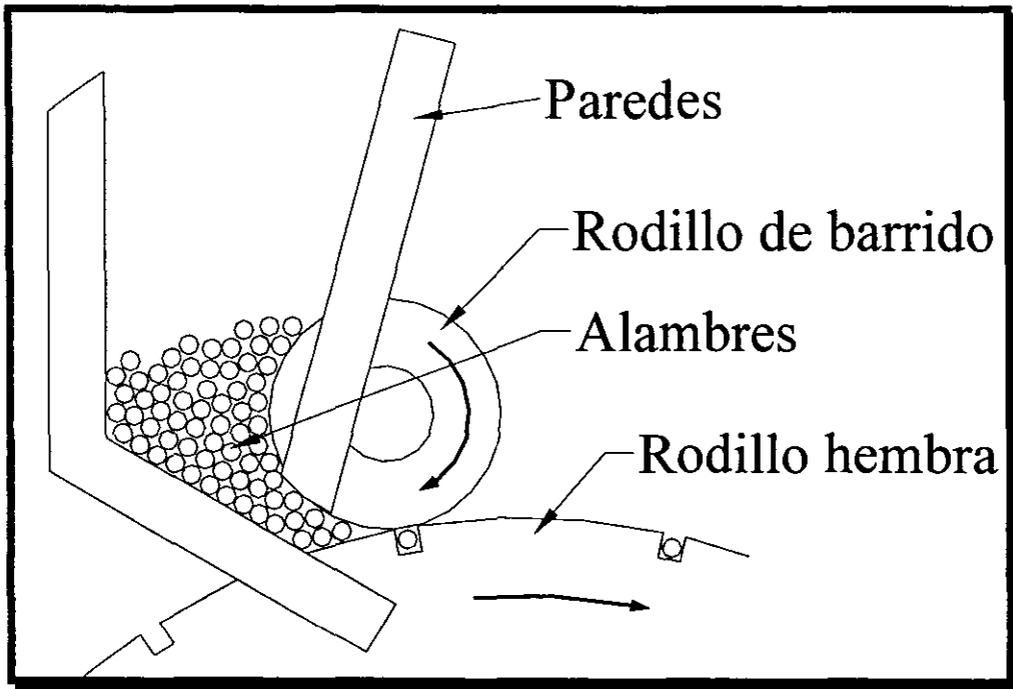
Como se mencionó en el apartado V.2.6, se elaboraron modelos de prueba, (algunos de estos se muestran en la figura 6.2) con el fin de realizar experimentos que condujeran a determinar la geometría del alimentador.



**Figura 6.2.** Modelos de prueba para el alimentador de alambres.

Durante los experimentos realizados con los modelos se variaron la inclinación del alimentador, la posición del alimentador respecto del rodillo hembra, la velocidad del rodillo de barrido, el material del rodillo de barrido, la altura de barrido y la

posición de las paredes del mismo alimentador. Para el desarrollo de estos experimentos, cada uno de los modelos se fabricó, se probó, modificó y se combinaron entre ellos hasta llegar a la solución mostrada en la figura 6.3.



**Figura 6.3.** Sistema de alimentación.

Los componentes que integran al sistema de alimentación se describen a continuación:

**Rodillo de barrido:** Se encarga de dosificar los alambres evitando que pasen dos hacia la zona de conformado.

**Motor eléctrico:** Proporciona el movimiento al rodillo de barrido. Es más compacto que la opción con poleas y bandas presentado en el apartado V.2.6.

**Paredes:** Las paredes fungen como contenedor. Mantienen a los alambres orientados y ordenados.

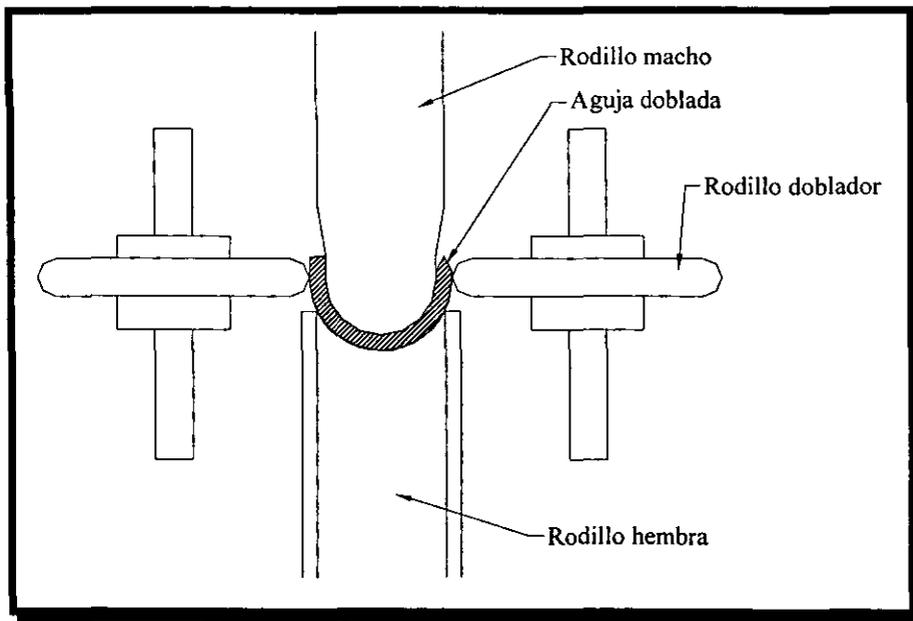
## **Operación del sistema**

El rodillo hembra gira como se muestra en la figura 6.3. Al momento en que una ranura del rodillo hembra pasa por el contenedor, un alambre cae por gravedad a dicha ranura y es transportado hasta la zona de conformado. El rodillo de barrido gira en el mismo sentido que el rodillo hembra y se encuentra a una distancia del orden de 0.4 mm de éste.

**Nota:** El Ing. César Flores Valverde desarrolló un sistema de alimentación de alambres para el proceso de afilado que forma parte del proceso para fabricar agujas para sutura (Véase figura 2.4, Cap. II). Este sistema de alimentación se modificó y adaptó para la máquina de conformado.

### **VI.6. El sistema de doblado de puntas**

Como ya se mencionó en el apartado V.2.7, se requiere de un sistema de doblado de puntas. Se determinó una solución continua compatible con el sistema de conformado, que es el sistema principal y, además, es continuo. La figura 6.4 muestra al sistema de doblado de puntas que opera con ayuda de dos rodillos dobladores que giran a cada costado del rodillo macho del que obtienen su movimiento.



**Figura 6.4.** Elementos que integran al sistema de doblado de puntas.

El rodillo doblador se encarga de oprimir los extremos del alambre en contra del rodillo macho. De esta manera el alambre toma la forma completa.

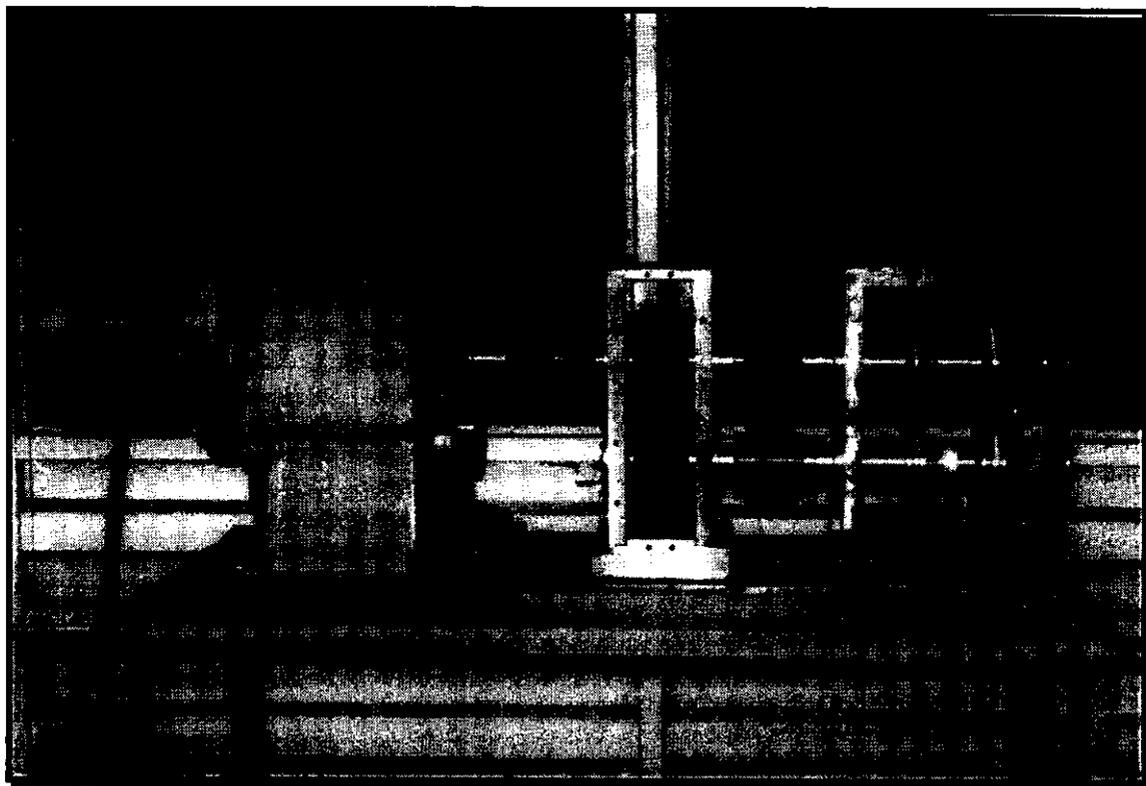
Con la información presentada hasta este momento, se inició la fabricación de la máquina de conformado, la cual se describirá en el siguiente capítulo.

## VII. FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA DE CONFORMADO

La información generada en el capítulo anterior, es necesaria para que la máquina sea fabricada. En este capítulo se presentan las fotografías de la máquina de conformado después de su fabricación y ensamblado en un taller mecánico. Los sistemas de alimentación y doblado de puntas estaban en proceso de fabricación en el taller al momento de tomar las fotografías. También se describen los resultados de las pruebas de la máquina, así como su evaluación final.

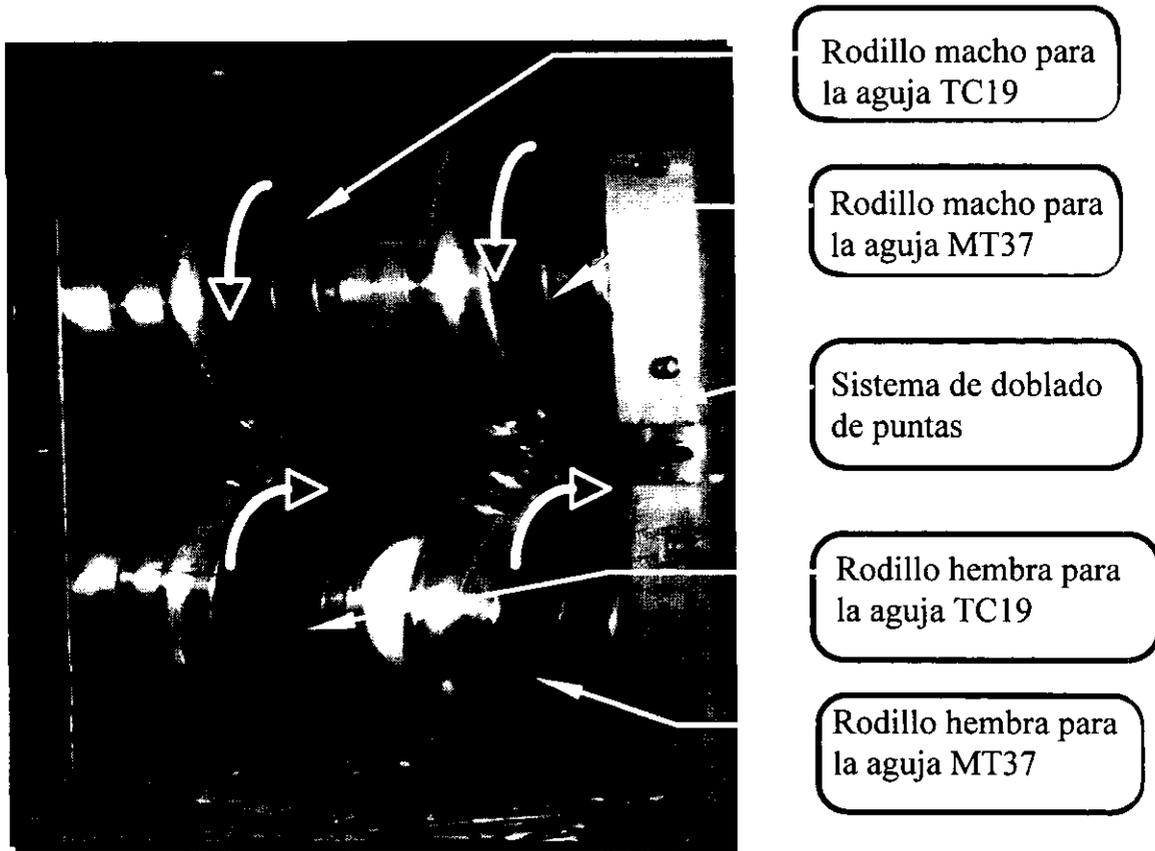
### VII.1. Fabricación de la máquina

La fabricación de la máquina de conformado se realizó en un taller mecánico externo al CDM. Al taller se le entregaron los planos de fabricación elaborados en la etapa de diseño de detalle, mencionada en el capítulo anterior. En las figuras 7.1 y 7.2 se muestra la máquina.



**Figura 7.1.** Vista de la máquina de conformado.

En la parte izquierda de la figura 7.1, se observa el motorreductor acoplado a la transmisión por medio de un cople de engranes. Asimismo, la transmisión está acoplada al castillo de conformado mediante otros dos coples de engranes.



**Figura 7.2.** Castillo de conformado.

Cada pareja de rodillos de conformado, que se muestran en la figura 7.2, se encargan de producir uno de los dos tipos de aguja para sutura, también, se muestra el sentido de giro de los rodillos de conformado. La pareja de rodillos de la izquierda son los encargados de producir la aguja TC19 y la pareja de la derecha producen la aguja MT37. Los dos bloques verticales que se observan a la derecha de esta figura, forman parte del sistema de doblado de puntas.

## **VII.2. Pruebas de funcionamiento de la máquina**

Las pruebas realizadas a la máquina de conformado se llevaron a cabo introduciendo manualmente alambres de 37 mm de longitud y 0.69 mm de diámetro. Los puntos más importantes que se observaron fueron divididos en resultados generales y particulares que a continuación se presentan.

### **Resultados generales**

Los resultados generales después de las pruebas de funcionamiento son:

- La máquina opera de acuerdo con el diseño propuesto.
- La máquina es segura puesto que el operador no necesita manipular los alambres, mientras ésta se encuentra operando.
- El proceso de fabricación de agujas para sutura se compone de una máquina por cada etapa. La máquina de conformado es menos ruidosa en comparación con las otras máquinas que integran al proceso.

### **Resultados particulares**

En este apartado se presentan los resultados para cada tipo de aguja, después de las pruebas de funcionamiento de la máquina de conformado.

#### **Resultados para la aguja MT37**

Durante las pruebas de funcionamiento de la máquina se detectaron los siguientes errores.

- El radio de curvatura del alambre conformado es mayor que el de la aguja comercial, por lo tanto el alambre no es suficientemente deformado en su sección transversal.
- El alambre no siempre es obligado a pasar entre los rodillos de conformado debido a las ranuras en el rodillo hembra se encuentran mal manufacturadas.

Las causas de los errores, arriba mencionados, se determinaron haciendo una revisión de los componentes del castillo de conformado. Estas causas son las siguientes (ver figura 7.3).

- Se notaron a simple vista rayaduras en la superficie de contacto de los rodillos de conformado.
- El espacio libre entre los rodillos es más grande que el espacio que se especificó de 0.019 plg, por lo tanto, la sección transversal no es conformada.
- El radio de la cavidad del rodillo hembra es mayor al especificado y varía a lo largo de la periferia.
- El diámetro del rodillo macho es menor al especificado.
- El acabado superficial de los rodillos es malo y presenta rayaduras profundas.

#### Resultados para la aguja TC19

Durante las pruebas de funcionamiento se detectaron los siguientes puntos.

- El alambre no siempre es obligado a introducirse entre los rodillos. Esto depende de la posición en que el alambre se coloque en la ranura longitudinal del rodillo.
- La posición en que se introduce el alambre no se conserva al entrar a la zona de conformado. El alambre rebota o cambia de posición.
- El radio de curvatura del alambre es similar al de la aguja comercial.

- En algunas zonas del alambre se forma rebaba.

Las causas que provocaron el mal funcionamiento de esta pareja de rodillos, se determinó revisándolos. A partir de lo anterior, se puede mencionar lo siguiente:

- Las cavidades triangulares, en el rodillo, que dan forma a la sección transversal del alambre se encuentran mal manufacturadas, su acabado superficial es malo y se nota a simple vista las marcas del maquinado, aunque se solicitó una superficie rectificada. Incluso en el alambre conformado se imprimen estas marcas.
- Se presentan grandes dificultades al doblar y conformar, simultáneamente, a los alambres para la aguja TC19. Después de estas pruebas, se comprobó que los alambres no conservan su posición en la matriz durante el conformado.

### **VII.3. Conclusiones sobre el prototipo**

Las conclusiones a las que se llegó acerca del funcionamiento de este prototipo son las siguientes.

- Los rodillos de conformado MT37 se remanufacturaron tres veces y en ninguna de estas, se logró un juego de rodillos dentro de especificaciones. El porcentaje de error no fue posible determinarlo a falta de un rugosímetro adecuado, pero el alambre conformado mostró los resultados, comentados en el apartado anterior. Los talleres mecánicos demostraron incapacidad para proveer la precisión y acabado requerido, por ejemplo, en el canal en el rodillo hembra y el radio transversal en el rodillo macho.
- Si los componentes del castillo de conformado se hubieran fabricado de acuerdo a las especificaciones diseñadas se hubiera logrado producir la aguja MT37.
- De acuerdo con los resultados de funcionamiento del prototipo, es necesario cambiar la secuencia de la operación para la aguja TC19. Es decir, primero

cambiar la sección transversal a triangular y después doblar al alambre. Así, los rodillos únicamente deformarían la sección transversal. La etapa de doblado se debe llevar a cabo en un módulo externo a este prototipo.

- La situación del proyecto se volvió complicada, puesto que, se consumió demasiado tiempo en la fabricación de los componentes del prototipo.
- Los talleres mecánicos con los que se trabajó para fabricar al prototipo, no fueron capaces de lograr la precisión requerida.
- El diseño de la máquina hubiera sido factible si los talleres seleccionados contaran con máquinas herramienta de control numérico para los maquinados que requirieran de una mayor precisión y se utilizarán las máquinas herramienta convencionales para los maquinados de menor precisión, porque el diseño propuesto dependía en gran medida de la precisión en los maquinados.
- Debido a los gastos involucrados en el desarrollo del prototipo, para el resto del proyecto se tenía que aprovechar la mayor cantidad de elementos posible.

Por lo antes mencionado se tomó la decisión de rediseñar la máquina de conformado. Este rediseño se orientó hacia la utilización de formas planas o cilíndricas, de tal manera que los elementos del prototipo modificado se pudieran fabricar de acuerdo a la capacidad de un taller mecánico convencional, tratando de que dentro del mismo diseño se absorbieran los posibles errores de manufactura.

El nuevo diseño para la máquina de conformado se llevó a cabo sólo para la aguja MT37. Para la aguja TC19 se decidió diseñar otro sistema que constituyera un módulo separado del nuevo castillo de conformado

En el siguiente capítulo se presenta el desarrollo del rediseño de la máquina de conformado únicamente para la aguja MT37. El diseño para la aguja TC19 no se tratará en este trabajo de tesis.

## **VIII. REDISEÑO DEL PROTOTIPO**

En el capítulo anterior se mencionó que a causa de los problemas de fabricación de los rodillos de conformado y a los resultados de las pruebas de la máquina de conformado, se optó por rediseñarla. Sin embargo, para este rediseño se aplicaron restricciones, tales como, aprovechar el mayor número de componentes del prototipo anterior con el fin de reducir gastos. Asimismo, se tomaron consideraciones como diseñar piezas que requieran del uso de máquinas herramienta convencionales y no de máquinas CNC, pero que si puedan absorber la imprecisión de los talleres mecánicos, esto es, incluyendo intercambio de piezas que sufran desgaste. En el presente capítulo se plantean las alternativas para el rediseño del prototipo para producir agujas MT37.

### **VIII.1. Alternativas de solución**

#### **VIII.1.1. Alternativa con insertos**

Para la aguja MT37, la alternativa consiste en modificar los rodillos de conformado maquinando huecos en la periferia de los mismos, para sustituirlos por insertos que se puedan fabricar con máquinas herramienta convencionales, véase figura 8.1. En esta figura se muestra un ejemplo de la alternativa con insertos para el rodillo macho MT37.

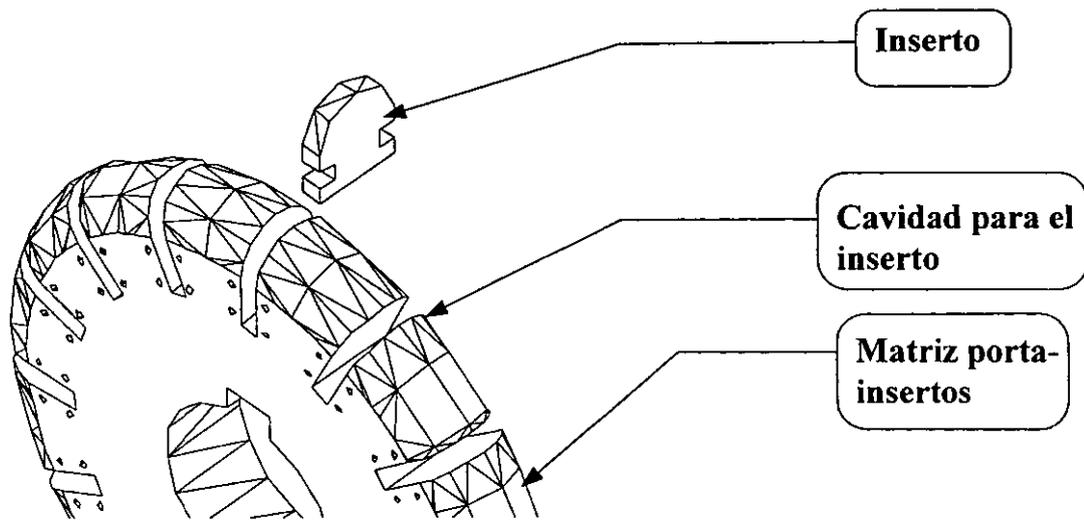


Figura 8.1. Rodillo macho MT37 para la alternativa con insertos.

### VIII.1.2. Alternativa punzón-rodillo

La alternativa punzón-rodillo necesita de dos elementos principales, un punzón y el mismo rodillo hembra MT37 de la máquina de conformado. Esta alternativa combina el movimiento vertical de un dado de conformado que golpea al alambre en contra del rodillo hembra que está girando, véase figura 8.2. En esta figura se observa que la función del rodillo macho MT37 es sustituida por el punzón. También, el sistema de doblado de puntas se cambia por dos placas que golpean a los extremos del alambre obligándolo a continuar con la curvatura del dado de conformado.

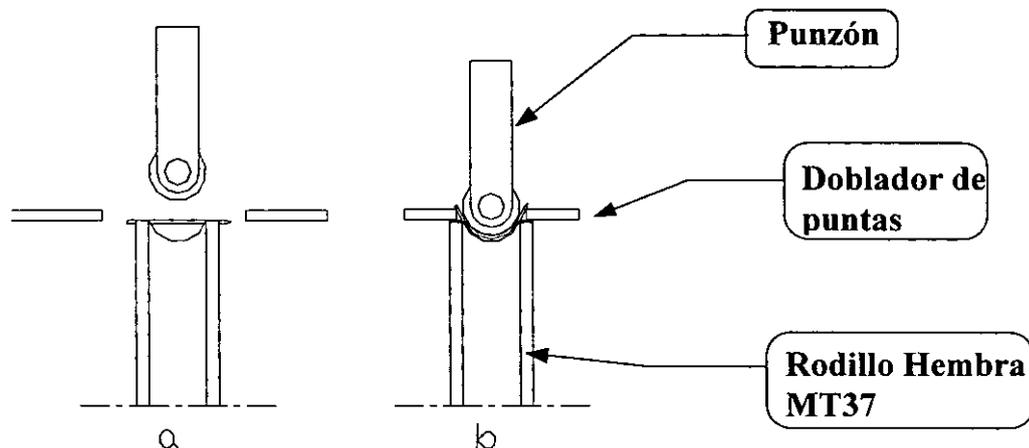


Figura 8.2. Alternativa punzón-rodillo.

En la figura 8.2a, se muestra el estado inicial en el que el punzón se encuentra en la parte superior. El alambre se encuentra justo debajo del punzón y los dobladores de puntas están abiertos.

En la figura 8.2b, el punzón aplica una carga repentina sobre el alambre doblándolo y conformándolo hasta el fondo de la cavidad-radial del rodillo hembra MT37, pero los extremos del alambre continúan rectos. En ese mismo instante, los dobladores de puntas golpean a dichos extremos proporcionando la forma semicircular completa en el alambre.

## **VIII.2. Evaluación y selección de la mejor alternativa**

Para que se pudiera seleccionar la alternativa para el rediseño de la máquina de conformado se tomaron en cuenta las ventajas y desventajas que se mencionan a continuación.

### **VIII.2.1. Ventajas**

#### **Alternativa con insertos**

- Las únicas partes que se modifican son los rodillos de conformado y las demás se conservan.
- Los insertos se pueden fabricar en un taller mecánico con máquinas convencionales.

### **Alternativa punzón-rodillo**

- Los errores de fabricación se reducen puesto que las piezas se pueden fabricar con máquinas convencionales. En algunos casos los errores se absorben porque no es necesario mantener una distancia exacta entre el punzón y el rodillo hembra.
- La precisión requerida para los elementos a fabricar es menor en comparación con la alternativa con insertos.
- El mecanismo que sustituye al rodillo superior incluye al sistema de doblado de puntas.
- La sincronización de los elementos en movimiento se puede lograr por medios mecánicos.
- El modo de alimentar los alambres a la zona de conformado se puede llevar a cabo de la misma manera que para el prototipo anterior.

### **VIII.2.2. Desventajas**

#### **Alternativa con insertos**

- Los errores de fabricación se suman al ensamblar el inserto sobre la matriz porta-insertos.
- Los insertos tenderán a aflojarse y desajustarse durante la operación de la máquina.
- La matriz porta-insertos deberá fabricarse con un material que absorba vibraciones mecánicas y que no se deforme excesivamente.
- La fabricación de estos componentes requiere de una mayor precisión que la alternativa punzón-rodillo.
- Implica un mayor gasto la fabricación de la matriz porta-insertos.

## **Alternativa punzón-rodillo**

- Esta alternativa posee un mayor número de componentes.
- El ensamble del castillo consume más tiempo.

De acuerdo con lo antes mencionado, se puede notar que la alternativa con mejores ventajas es la alternativa punzón-rodillo. Y para demostrar su viabilidad se fabricó un modelo funcional que se describe en el capítulo IX.

## IX. DISEÑO DE CONFIGURACIÓN

Como se explicó en el capítulo anterior la alternativa seleccionada para el rediseño del castillo de conformado es la de punzón-rodillo. En este capítulo se presenta la configuración para el rediseño del prototipo.

### IX.1. Elementos que integran a la máquina de conformado rediseñada

El rediseño de la máquina de conformado utiliza varias partes de la máquina anterior como son el motorreductor, la estructura y la caja de engranes, pero se eliminan el eje superior del castillo, los rodillos de conformado machos y el sistema de doblado de puntas. Por otro lado, el rediseño de esta máquina combina el giro del rodillo hembra con el movimiento intermitente de un mecanismo leva-seguidor.

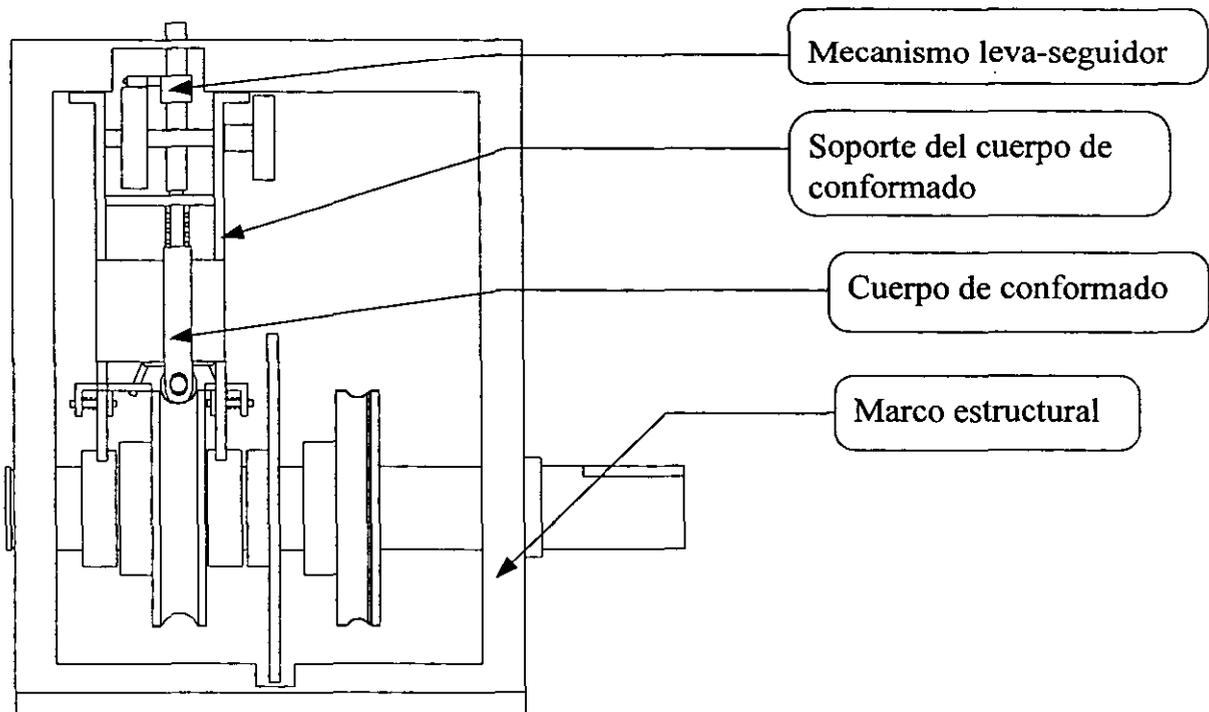


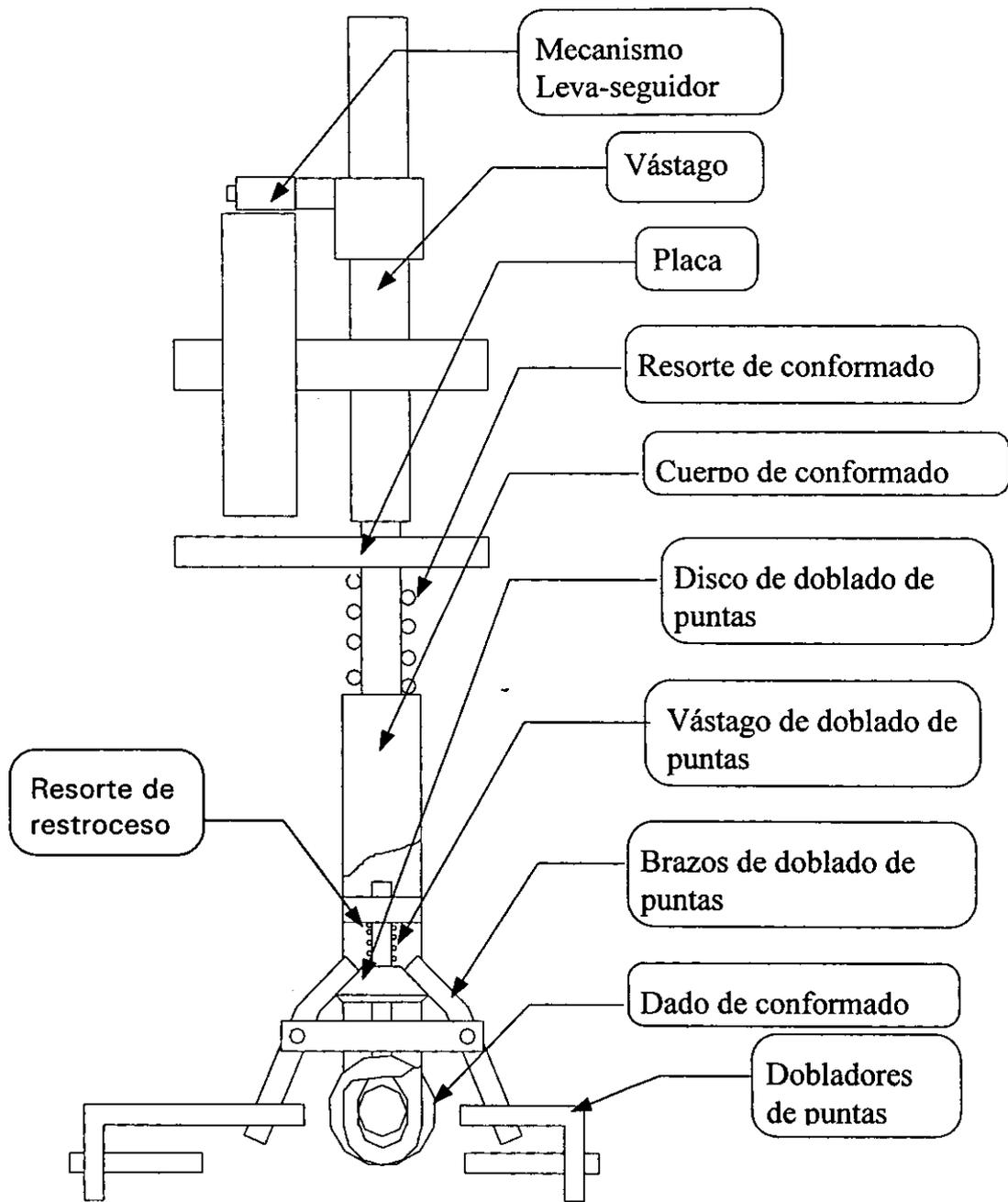
Figura 9.1. Castillo de conformado rediseñado.

El único elemento que se modifica en el rediseño de esta máquina, es el castillo de conformado. La configuración de éste se muestra en la figura 9.1, y los elementos que lo componen se describen a continuación.

**Marco estructural:** Es la estructura que soporta a todos los elementos que realizan la operación de conformado. El marco estructural del castillo anterior únicamente se adaptó a las nuevas condiciones del rediseño.

**Soporte del cuerpo de conformado:** Es la estructura que sostiene al cuerpo del mecanismo de conformado y a la leva.

**Mecanismo leva-seguidor:** Mediante este mecanismo se comprime al resorte de conformado, manteniendo en alto al cuerpo de conformado y para posteriormente descargar toda la energía almacenada por el resorte sobre el alambre.



**Figura 9.2.** Cuerpo de conformado.

El cuerpo de conformado está integrado por los elementos que se muestran en la figura 9.2 y que a continuación se describen.

**Vástago:** Sirve como guía para el cuerpo de conformado y soporte para el seguidor de la leva.

**Leva:** Ayuda a comprimir al resorte de conformado manteniendo en alto al dado de conformado.

**Seguidor:** Como su nombre lo indica, el seguidor recorre toda la trayectoria de la leva y además, soporta la fuerza ejercida por el resorte de conformado.

**Resorte de conformado:** Mediante este elemento se almacena la energía necesaria para conformar al alambre.

**Disco de doblado de puntas:** El disco de doblado de puntas obliga a los brazos de doblado de puntas a rotar sobre el eje de giro de estos, a causa del movimiento ascendente del disco.

**Vástago de doblado de puntas:** Este elemento transmite el movimiento del dado de conformado hacia el disco de doblado de puntas.

**Brazos de doblado de puntas:** Estos brazos accionan a los dobladores de puntas mediante un movimiento angular.

**Dobladores de puntas:** Los dobladores de puntas pasan a través del soporte del mecanismo de conformado con un movimiento horizontal, generado por los brazos de conformado, para golpear a las puntas del alambre en el momento en que el dado de conformado está conformándolo.

**Dado de conformado:** Es el elemento que golpea y da forma al alambre con ayuda del rodillo hembra de conformado. Además, el dado de conformado tiene un ligero movimiento vertical a la vez que también puede girar.

**Resortes de retroceso de los dobladores de puntas:** Los dobladores de puntas regresan a su posición original por medio de estos resortes de retroceso.

## **IX.2. Descripción del funcionamiento del castillo rediseñado**

El rodillo hembra toma un alambre de 37 mm de longitud del alimentador y lo transporta hasta la zona de conformado. Mientras tanto, un mecanismo leva-seguidor levanta al vástago, comprime al resorte de conformado y levanta al cuerpo de

conformado. Cuando el alambre se encuentra en la zona de conformado, se libera la energía almacenada en el resorte de conformado. Entonces, el dado de conformado golpea al alambre en contra del rodillo hembra. En el momento en que el dado está empujando al alambre el dado tiene un pequeño movimiento ascendente con el que impulsa al vástago de doblado de puntas hacia arriba. Asimismo, el disco de doblado de puntas, que está unido al vástago, se mueve relativamente en sentido contrario al resto del cuerpo de conformado. El disco de doblado de puntas en su movimiento ascendente obliga a los dos brazos de doblado de puntas a cerrarse ( es similar al movimiento de una tijera al cerrarse). Al mismo tiempo, estos brazos mueven a los dobladores de puntas que se encargan de golpear los extremos de los alambres, obligándolos a completar la forma requerida.

La sincronización de movimientos entre la leva y el rodillo hembra, se lleva a cabo de la siguiente manera:

La caja de engranes transmite el movimiento al eje inferior del castillo de conformado, puesto que su eje superior se deshabilitó para el rediseño del prototipo. Hasta este momento se tiene movimiento únicamente en el eje inferior, por lo que, se agregó una catarina y mediante una cadena se transmite el movimiento a otra catarina ubicada en el eje de la leva. De este modo, las catarinas mantienen una relación de 8:1 con lo que se conforman ocho alambres por cada revolución en el rodillo hembra.

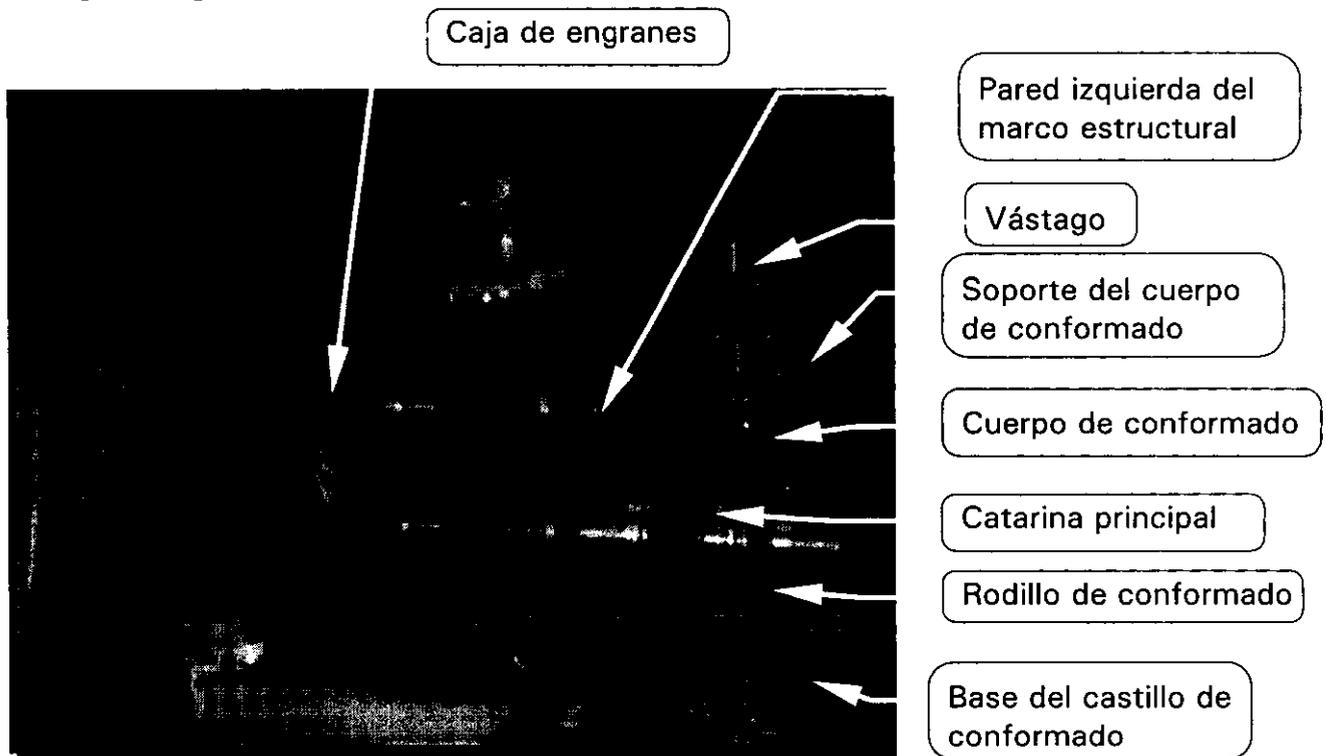
En el siguiente capítulo se presentarán los detalles del rediseño de esta alternativa y la fabricación del prototipo modificado.

## X. DETALLE Y FABRICACIÓN DEL REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONFORMADO

En el capítulo anterior se seleccionó la alternativa punzón-rodillo para el rediseño de la máquina de conformado. En este capítulo se presentan los detalles de las partes que se modificaron, la fabricación de las mismas y, posteriormente, se describen las modificaciones realizadas sobre el castillo de conformado rediseñado hasta llegar a la máquina final.

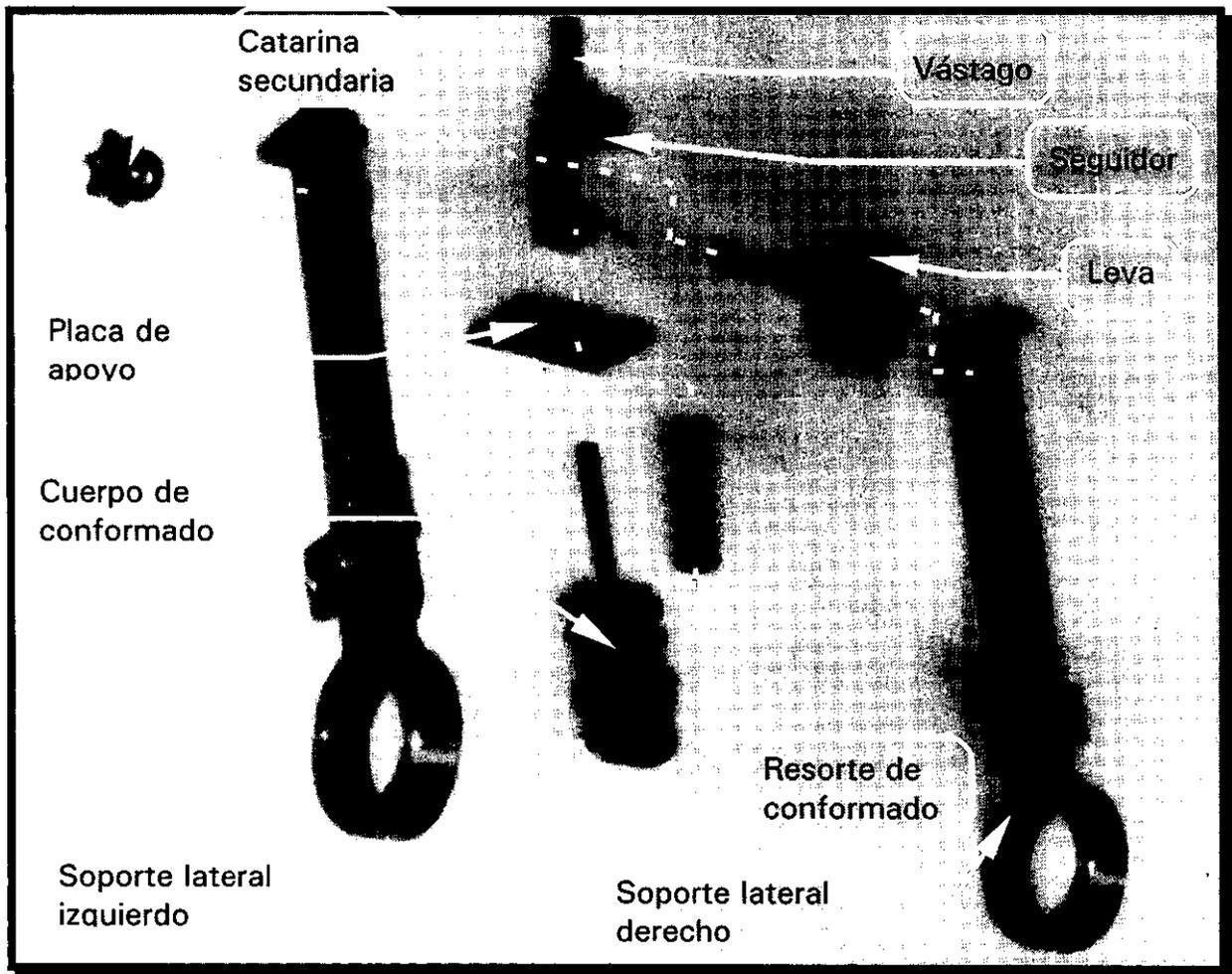
### X.1. La máquina de conformado con la alternativa punzón-rodillo.

Como se describió en el capítulo anterior, en la alternativa punzón-rodillo se sustituye el rodillo macho MT37 por el mecanismo de conformado que se observa en la figura 10.1. En la cual se muestra el castillo de conformado sin la pared derecha y sin la placa superior.



**Figura 10.1.** Mecanismo de conformado en la etapa de ensamble.

En la figura 10.2, se muestran los componentes que sustituyeron al rodillo macho MT37. Estas piezas se fabricaron para un primer modelo de prueba y se describen a continuación.



**Figura 10.2.** Componentes de la alternativa punzón-rodillo que sustituyen al rodillo macho MT37.

**Soportes laterales:** Los soportes laterales sujetan al resto de los elementos. A su vez, estos soportes se apoyan en el eje del rodillo de conformado y en la placa superior del marco estructural.

**Vástago:** El vástago sostiene rigidamente al seguidor y al cuerpo de conformado. Además, sirve como guía para todos estos elementos.

**Seguidor:** El seguidor de la leva es un rodamiento de agujas que gira sobre un eje simplemente apoyado en el cuerpo del vástago.

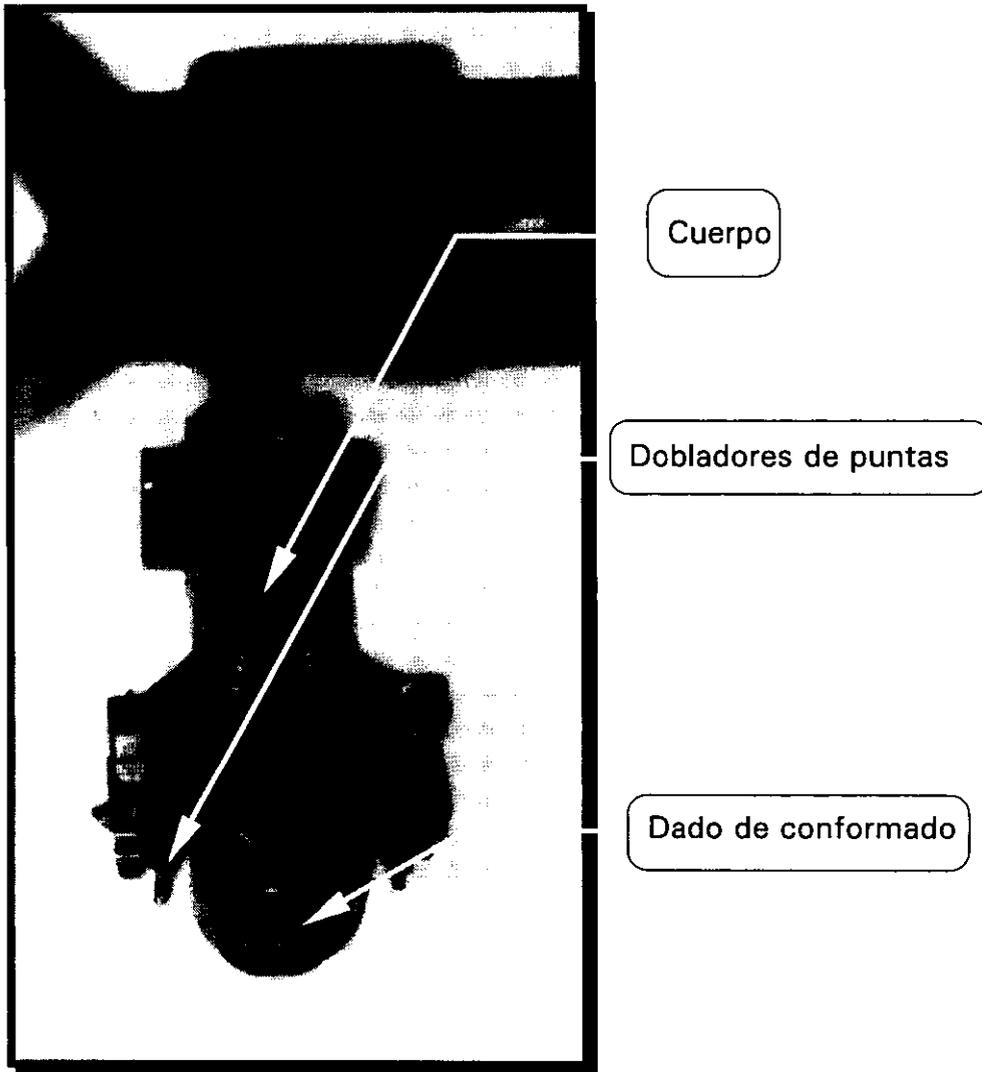
**Leva:** La leva obliga al seguidor, al vástago y al cuerpo de conformado a elevarse, y además, comprime al resorte de conformado. Posteriormente, los libera, para que, como un bloque unido, golpeen al alambre en contra de la matriz.

**Sistema de transmisión de potencia:** Este sistema se compone de dos catarinas y una cadena. La catarina secundaria recibe el movimiento de la catarina principal mediante una cadena. La catarina principal gira junto con el eje del rodillo hembra y la catarina secundaria lo hace con el eje de la leva. De esta manera la leva adquiere movimiento con una relación 8:1, es decir, ocho vueltas en la leva por una en el eje del rodillo de conformado.

**Placa de apoyo:** La placa de apoyo sirve como guía para el cuerpo de conformado y, también, como apoyo contra el que el resorte de conformado se comprime.

**Resorte de conformado:** Se utilizó un resorte comercial con una constante de 10.4 [N/mm]. Esta constante se determinó experimentalmente y los resultados se muestran en el apéndice A4.

En la figura 10.3 se muestra el cuerpo de conformado después de su fabricación, cuyos componentes se describieron en el capítulo anterior.



**Figura 10.3.** Cuerpo de conformado. Se aprecia el primer modelo del sistema de doblado de puntas del tipo zapata.

El dado de conformado está fabricado con acero AISI D2 (CA1215 Aceros Fortuna) templado en aceite, con alta resistencia al desgaste y gran tenacidad. Este elemento puede girar sobre su eje, lo que impide un desgaste localizado. Los dobladores de puntas son dos elementos semejantes a una balata de automóvil, que se activan con un mecanismo de tijera accionado por el mismo dado de conformado.

### **X.1.1. Pruebas de funcionamiento**

Para determinar la operación de la máquina se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento en las que el prototipo se puso en marcha durante periodos cortos de tiempo. Los alambres se alimentaron en forma manual, obteniéndose los siguientes resultados:

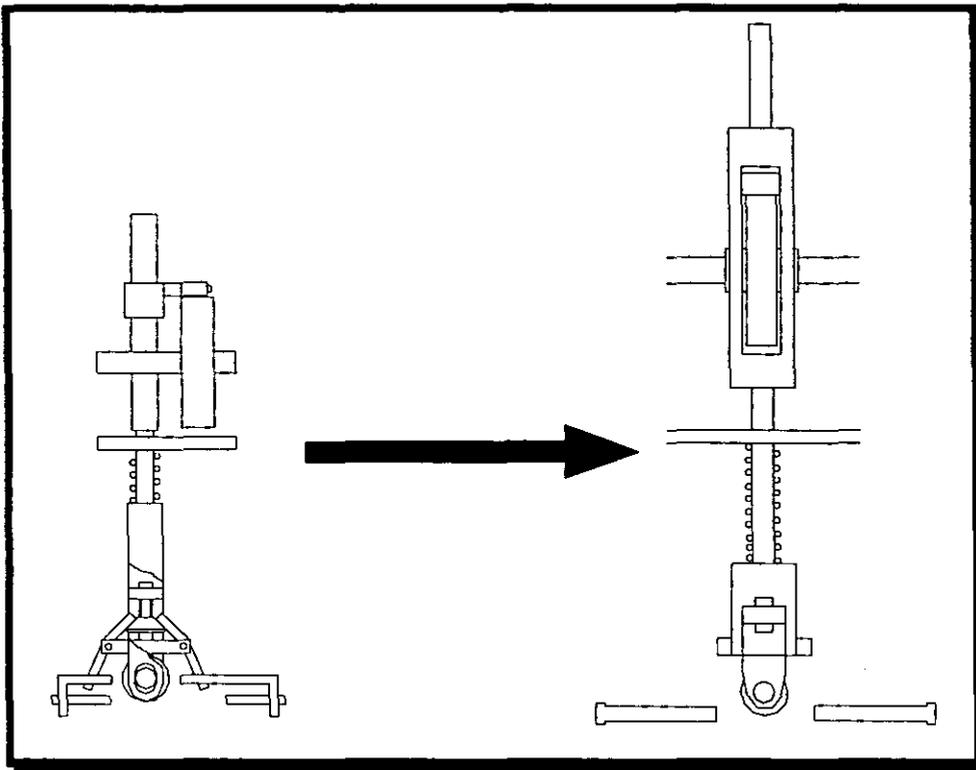
- El alambre es conformado de acuerdo a las especificaciones requeridas.
- El seguidor no resistió la carga del resorte averiándose rápidamente, por lo que es necesario colocarlo dentro de un casquillo para protegerlo del rozamiento contra la leva.
- El eje del seguidor se encuentra empotrado al vástago del cuerpo de conformado por lo que provoca flexión tanto en el eje como en el vástago.
- Los dobladores de puntas no obligan al alambre a continuar con la curvatura y en la mayoría de los casos doblaron el alambre en sentido contrario.
- Alimentando los alambres en forma manual, todos estos entran a la zona de conformado.
- Se utilizaron modelos de sistemas de alimentación de alambres, mostrados en el apartado VI.5, se obtuvo una eficiencia máxima aproximada del 30%, es decir, por cada diez alambres que deberían entrar a la zona de conformado, sólo tres lo hacen. Esto se debe a que se intenta alimentar a 30° respecto de la vertical y los alambres, que caen por gravedad, no alcanzan a introducirse en la ranura del rodillo hembra. Por lo tanto, se debe alimentar justo en la parte más alta del rodillo hembra.

## X.2. Modificaciones al castillo de conformado

Con base en las observaciones mencionadas anteriormente, se realizaron los siguientes cambios sobre el castillo de conformado.

**Sistema de transmisión de potencia:** Este sistema se compone de dos catarinas y una cadena. Se modificó la ubicación colocándolos fuera del castillo para facilitar su mantenimiento preventivo y correctivo.

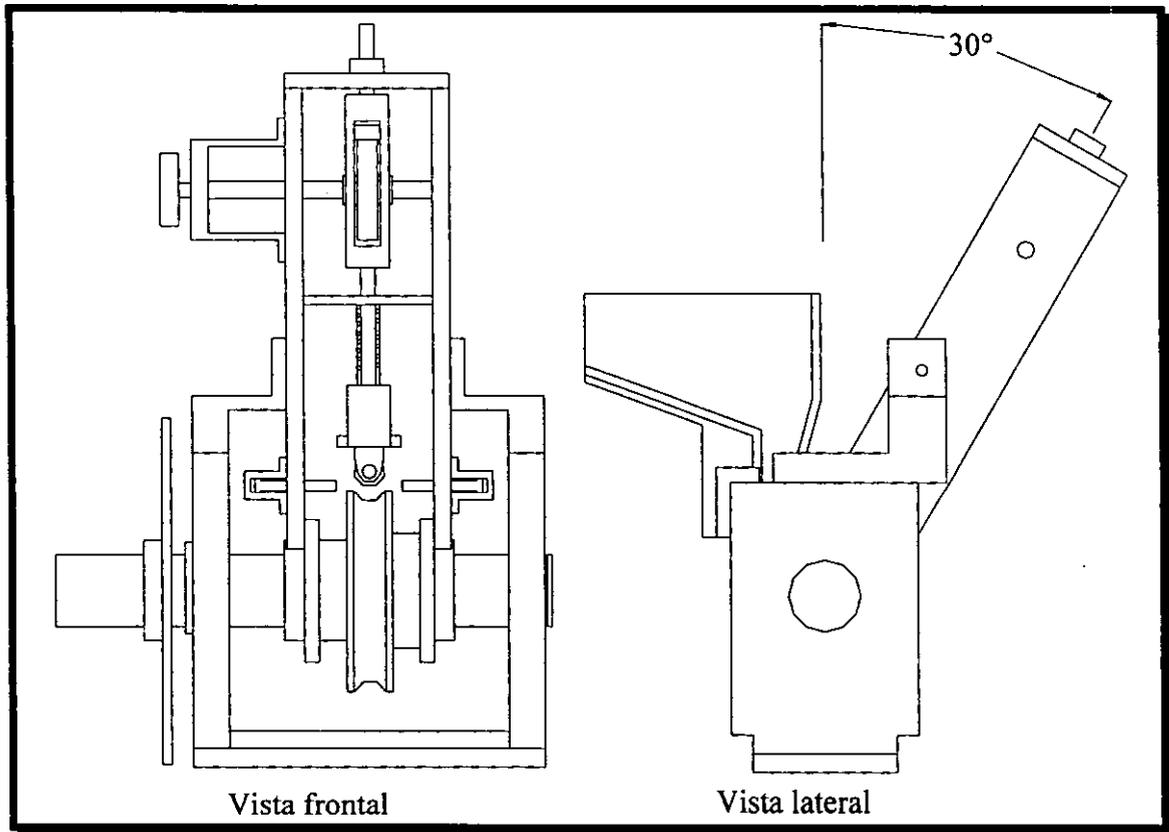
**Sistema leva-seguidor:** El seguidor que se encontraba como una viga empotrada, produciendo flexión tanto en el seguidor como en el vástago, se cambió por un seguidor con casquillo (para que soporte la carga sin que se dañe el rodamiento de agujas) que se encuentra simplemente apoyado sobre el vástago del cuerpo de conformado, eliminándose de esta manera la flexión en el vástago.



**Figura 10.4.** Evolución del cuerpo de conformado y el vástago después de las modificaciones al castillo de conformado. A la izquierda el primer modelo y a la derecha el modelo rediseñado.

**Cuerpo de conformado:** El cuerpo de conformado se diseño más grande y más resistente.

**Cuerpo del castillo:** El castillo se inclinó  $30^\circ$  respecto a la vertical, se incrementó su altura y el espacio para contener al sistema de conformado, como se muestra en la figura 10.5.



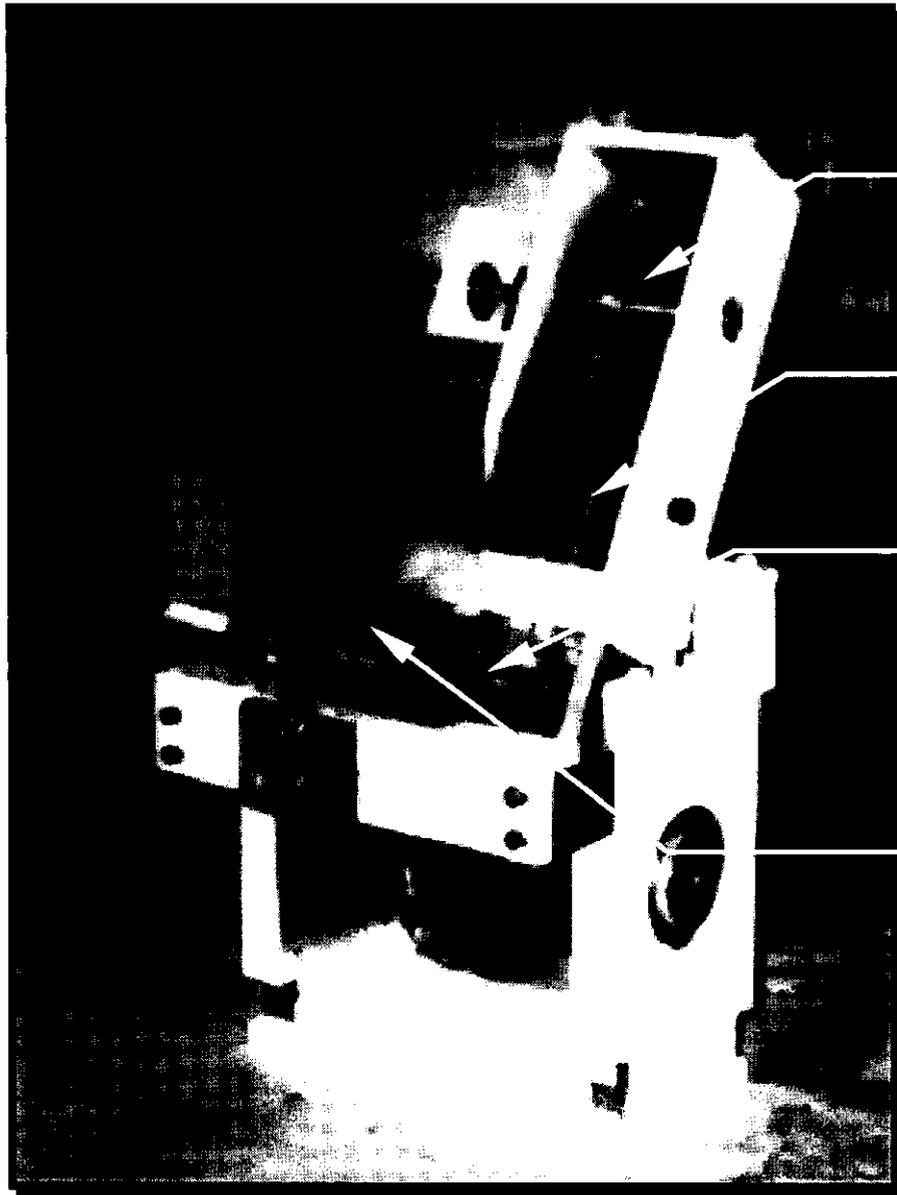
**Figura 10.5.** Detalle del castillo de conformado modificado

**Cuerpo del sistema de conformado:** Se rediseñaron todos los elementos haciéndolos más robustos para soportar los golpes.

**Sistema de doblado de puntas:** Este sistema se modificó totalmente para cumplir con la misma función y lograr la misma operación.

**Sistema de alimentación de alambres:** Esta sistema se modificó de tal manera que se pudiera alimentar a  $10^\circ$  respecto a la vertical. Parte de este sistema se fabricó en el CDM.

En las figuras 10.6 y 10.7 se observa el mismo castillo de conformado modificado después de su fabricación y ensamble en un taller externo a la UNAM.



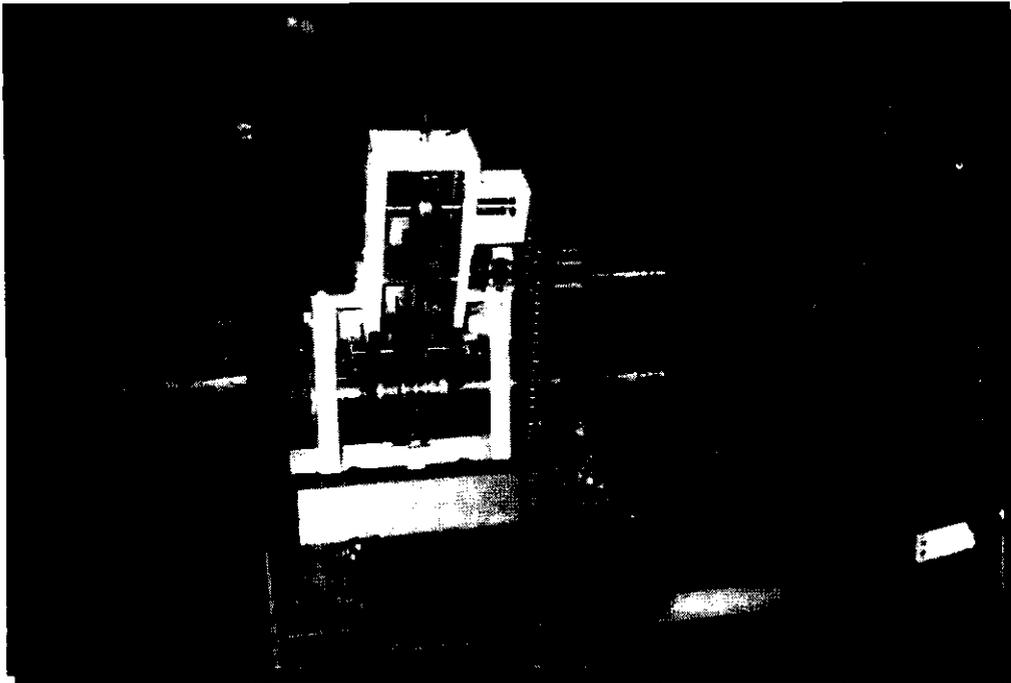
Nuevo  
mecanismo  
leva-seguidor

Resorte de  
conformado

Rodillo de  
barrido

Sistema de  
alimentación

**Figura 10.6.** Castillo de conformado modificado.



**Figura 10.7.** Vista posterior del castillo de conformado.

### **X.2.1. Pruebas de funcionamiento del castillo de conformado modificado**

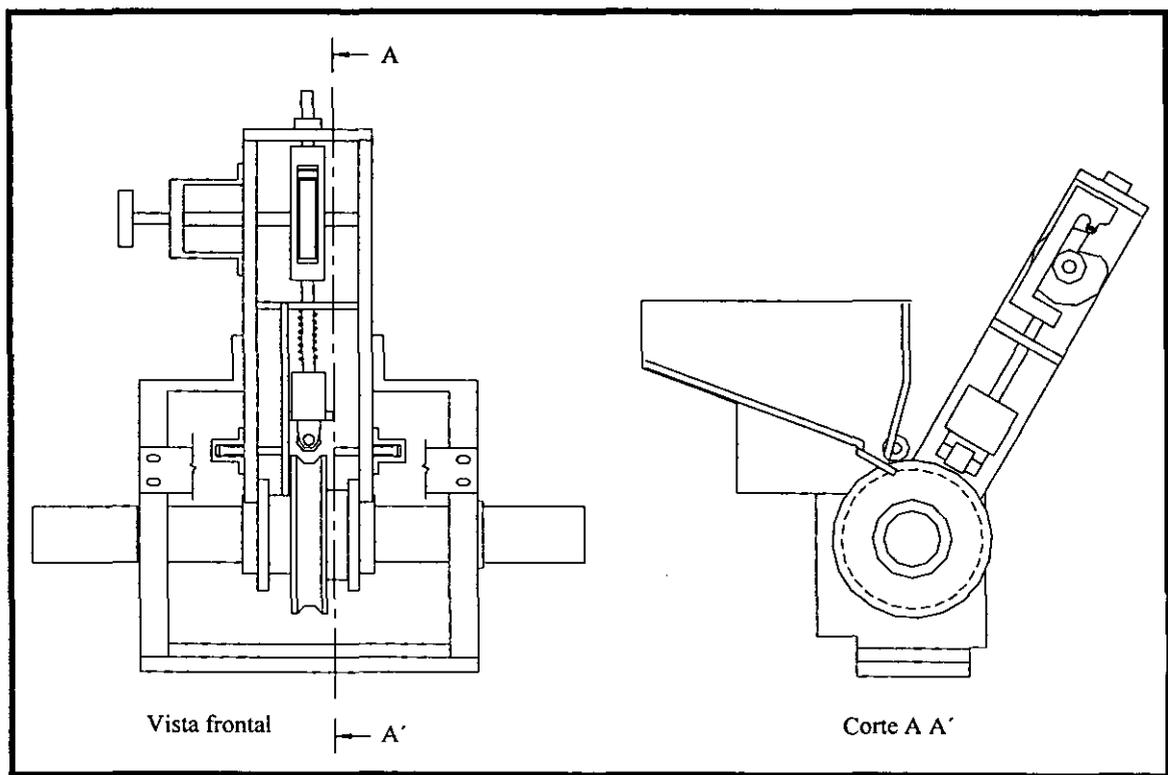
El castillo modificado se sometió a pruebas de funcionamiento junto con un prototipo del sistema de alimentación de alambres. Las pruebas consistieron en conformar alambres haciendo funcionar la máquina por periodos cortos de tiempo. De estas pruebas se obtuvieron los siguientes resultados.

- Las agujas se conforman de acuerdo a especificaciones.
- La alimentación de alambres tiene un 60% de eficiencia.
- Se requiere desarmar totalmente al mecanismo de conformado para el caso e ajuste y mantenimiento a los dobladores de puntas. Puesto que es necesario retirar varios elementos para acceder a los dobladores de puntas.
- El sistema de alimentación se encuentra sujeto al resto del castillo de conformado por lo que se complica su mantenimiento y ajuste.

Con base en los resultados anteriores y las pláticas con el empresario, se decidió fabricar otro castillo de conformado. En el siguiente apartado se describe el diseño y fabricación de éste último castillo de conformado.

### X.3. Diseño final del castillo de conformado

Como se mencionó en el apartado anterior se fabricó un segundo prototipo de la máquina de conformado. El diseño de este castillo opera igual que el anterior y corrige los errores de diseño detectados en el castillo de conformado presentado en la sección anterior. En la figura 10.8 se presenta el dibujo del segundo prototipo del castillo de conformado.

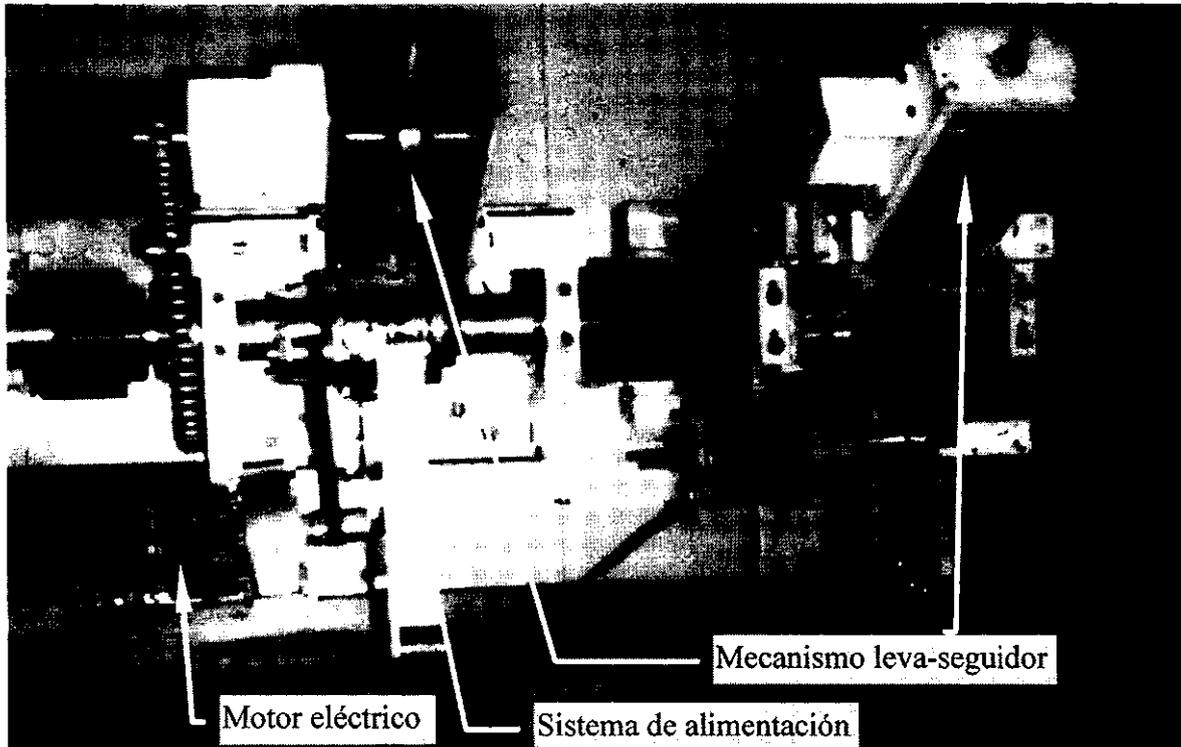


Las modificaciones que sufrió este castillo son las siguientes:

- El eje del rodillo hembra se diseñó más largo para que en sus extremos se conecten el castillo anterior, por un lado, y la caja de engranes por el otro, mediante coples.
- Se amplió el espacio entre las paredes del castillo para permitir el ajuste y mantenimiento del sistema de doblado de puntas.
- El sistema de alimentación se diseñó como un módulo separado.
- Se reforzaron algunos elementos estructurales.

Prototipo final

Primer prototipo



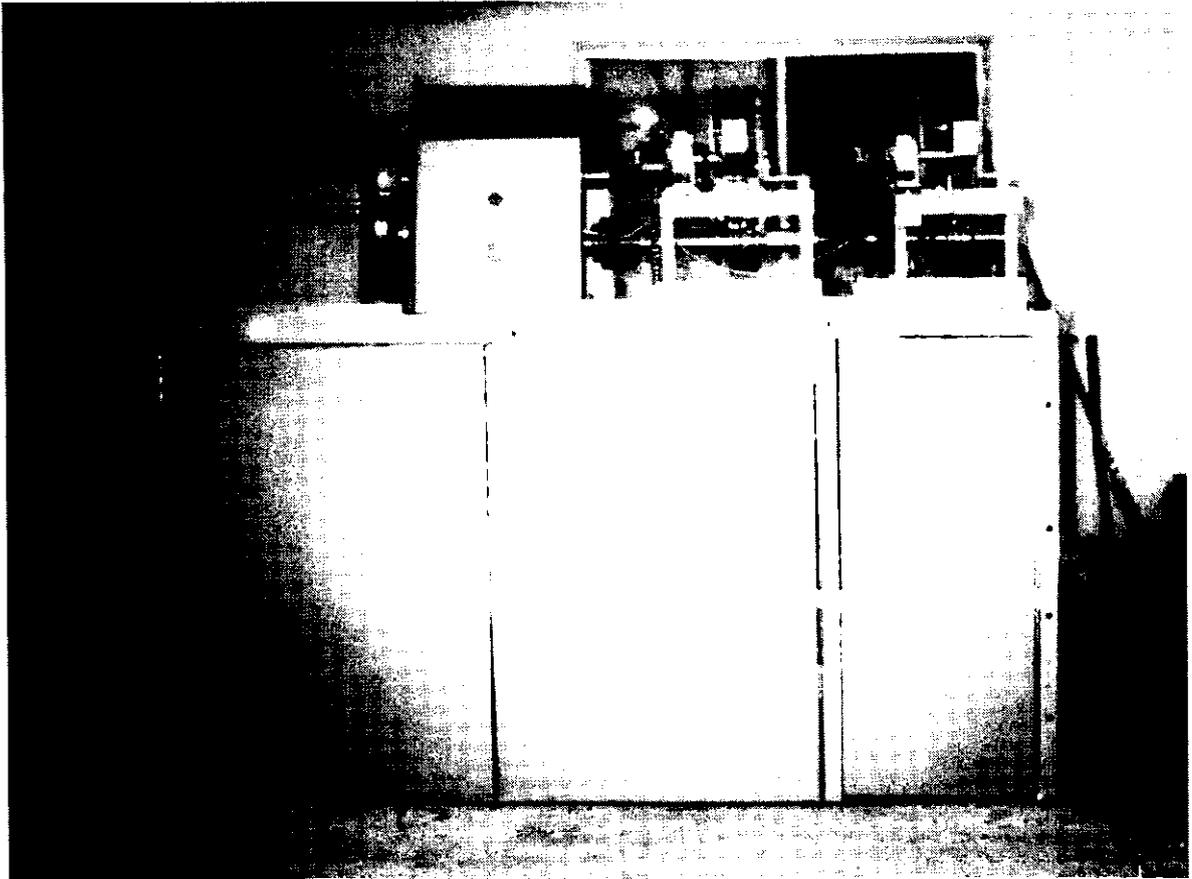
**Figura 10.9.** Vista superior del segundo castillo de conformado

### **X.3.1. Pruebas de funcionamiento del segundo prototipo**

El segundo prototipo se sometió a las mismas pruebas de funcionamiento que el castillo anterior. Los resultados de estas pruebas son los siguientes:

- Las agujas se conforman de acuerdo a especificaciones.
- La alimentación de alambres tiene un 60% de eficiencia.
- Se facilita el mantenimiento y ajuste de los sistemas de doblado de puntas y de alimentación.

En la figura 10.10 se presenta la máquina de conformado con sus dos castillos de conformado en la etapa final antes de ser entregada al empresario. En la parte izquierda de la figura se observa el motorreductor sin su cubierta. Asimismo, los controles de la máquina están en la cubierta entre el motorreductor y los castillos de conformado. La parte inferior de la máquina se utiliza como almacén de herramientas.



**Figura 10.10.** La máquina de conformado en la etapa final.

Hasta este momento se ha reportado el desarrollo del proyecto *Máquina de conformado*, desde la concepción del problema hasta la entrega del prototipo al empresario. En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones de esta tesis.

## XI. CONCLUSIONES

Del desarrollo del presente trabajo se desprenden las siguientes conclusiones:

1. La principal aportación de este trabajo de tesis es el desarrollo tecnológico de una máquina para conformar alambres para producir agujas para sutura. No se encontró información de maquinaria para conformar alambre como la que se diseñó y construyó. En particular, el equipo desarrollado en este trabajo incluye dos sistemas originales: El castillo de conformado y el alimentador.
2. Se diseñó, fabricó y probó una máquina capaz de generar la forma y la sección transversal del alambre para producir agujas para sutura del tipo MT37, de acuerdo a las especificaciones y criterios establecidos al inicio del proyecto. Las pruebas realizadas demuestran que la máquina cumple satisfactoriamente con los principios de funcionamiento planteados durante su diseño y es capaz de producir agujas con la calidad requerida. Además, la información que la máquina está proporcionando durante su operación servirá para desarrollar un prototipo industrial para producción en serie de agujas.
3. Uno de los sistemas novedosos de la máquina desarrollada es el castillo de conformado. Se diseñaron, construyeron y probaron tres prototipos del castillo de conformado. Con estos se determinaron y se logró el control de las variables que intervienen en la operación de conformado. El diseño final sintetiza la experiencia adquirida durante el desarrollo de los prototipos mencionados.
  - El primer prototipo contó con el menor número de partes y el diseño más sencillo en comparación con los otros castillos. Debido a que los fabricantes no entregaron la precisión y acabados solicitados se propuso un segundo prototipo diseñado para facilitar su fabricación.

- El segundo prototipo utiliza elementos que se sincronizan mecánicamente. Las pruebas realizadas demostraron las ventajas del diseño y sus principios de operación.
- El tercer prototipo es el rediseño del anterior, básicamente, mejoró las características de ensamble y operación del segundo prototipo.

4. El segundo sistema novedoso de la máquina desarrollada es el de alimentación:

- El modo de alimentar alambres en forma continua es original, puesto que, en la investigación que se llevó a cabo en campo y en literatura, no se encontró algún sistema aplicable a los alambres de las dimensiones que se manejaron durante este proyecto.
- Una contribución importante es la posibilidad de extrapolar el sistema de alimentación de alambres desarrollado en este proyecto a un sistema para alimentar cuerpos cilíndricos delgados.
- Por otro lado, se observó que la eficiencia del alimentador se incrementa al tener una mayor cantidad de ranuras en el rodillo hembra.

5. La razón principal por la que el primer prototipo no cumplió satisfactoriamente con las especificaciones de diseño fue porque no se consideraron las limitaciones de las instalaciones de manufactura disponibles. Lo anterior fue evidente durante la supervisión de la fabricación y ensamble de los componentes, pues los talleres no pudieron fabricar las piezas diseñadas. El rediseño del primer prototipo tomó en cuenta las capacidades de manufactura de los talleres y así se logró un diseño factible de ser fabricado.

6. El conformado de alambres es un problema complejo para el que no se encontró en la literatura un modelo adecuado para su estudio. El desarrollo del modelo mencionado anteriormente no fue un objetivo del proyecto puesto que se requería de un prototipo en un tiempo limitado. Por lo que ante la necesidad de conocer

más acerca de las variables del conformado, se propusieron soluciones y se usaron prototipos para probarlas. De esta manera, se obtuvo la información suficiente para elaborar el diseño final.

7. Actualmente, en el país, existen pocos talleres mecánicos en condiciones de proporcionar la precisión requerida para fabricar elementos de máquinas de precisión. Asimismo, es notorio que en la mayoría de los talleres no se cuenta con personal capacitado para interpretar planos de fabricación. Esto se notó durante el desarrollo del proyecto porque se tuvo un trato constante con diferentes talleres mecánicos.
8. Los materiales disponibles en el mercado nacional tuvieron la calidad suficiente para responder a las características del rediseño propuesto

## **REFERENCIAS**

1. **Centro de Diseño y Manufactura, F.I., UNAM.** 1993-1994. Reporte final del anteproyecto "Proceso para la fabricación de agujas para sutura".
2. **Y. Lange, Kurt.** 1975. "Handbook of metal forming". MacGraw Hill. pp. 12.1 a 12.33.
3. **V.M. Faires.** 1983. "Diseño de elementos de máquinas". UTHEA.
4. **Rowe, Geoffrey W.** "Conformado de los metales". Ediciones Urmo.
5. **Gere-Timoshenko.** 1984. "Mecánica de Materiales". Grupo Editorial Iberoamerica. 2a. Edición.
6. **Beer&Jhonston.** 1988. "Mecánica de Materiales". Mc GrawHill.
7. **Fernández Moreno, Raymundo.** 1993. "Metodología del Diseño". Seminario de Ingeniería Mecánica, UNAM.
8. **Cross, Nigel.** Milton Keynes. 1991. "Engineering. Design Methods". UK.
9. **ASTM.** "Metals Handbook".

## **CATÁLOGOS DE INFORMACIÓN COMERCIAL**

1. **SKF.** 1989. Catálogo General de Rodamientos.
2. **T.B. Wood's Sons Company.** 1992. Industrial Power Transmission Products. Wood's.
3. **JIV.** 1998. Reductores JIV.
4. **Leon Weill, S.A.** 1993. Catálogo General.

## **REFERENCIAS**

1. **Centro de Diseño y Manufactura, F.I., UNAM.** 1993-1994. Reporte final del anteproyecto "Proceso para la fabricación de agujas para sutura".
2. **Y. Lange, Kurt.** 1975. "Handbook of metal forming". MacGraw Hill. pp. 12.1 a 12.33.
3. **V.M. Faires.** 1983. "Diseño de elementos de máquinas". UTHEA.
4. **Rowe, Geoffrey W.** "Conformado de los metales". Ediciones Urmo.
5. **Gere-Timoshenko.** 1984. "Mecánica de Materiales". Grupo Editorial Iberoamerica. 2a. Edición.
6. **Beer&Jhonston.** 1988. "Mecánica de Materiales". Mc GrawHill.
7. **Fernández Moreno, Raymundo.** 1993. "Metodología del Diseño". Seminario de Ingeniería Mecánica, UNAM.
8. **Cross, Nigel.** Milton Keynes. 1991. "Engineering. Design Methods". UK.
9. **ASTM.** "Metals Handbook".

## **CATÁLOGOS DE INFORMACIÓN COMERCIAL**

1. **SKF.** 1989. Catálogo General de Rodamientos.
2. **T.B. Wood's Sons Company.** 1992. Industrial Power Transmission Products. Wood's.
3. **JIV.** 1998. Reductores JIV.
4. **Leon Weill, S.A.** 1993. Catálogo General.

# APÉNDICE A

## A1 Norma mexicana para las agujas para sutura

-----000-----

NORMA Técnica número 341 para la Identidad y Especificaciones de las Agujas para Sutura.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud.

### NORMA TÉCNICA NUMERO 341 PARA LA IDENTIDAD Y ESPECIFICACIONES DE LAS AGUJAS PARA SUTURA.

Con fundamento en lo establecido por los Artículos 14, 194 fracción II, 195 y 196 de la Ley General de Salud, 27 y 1147 fracción VII del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, y 10 fracción II del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud, se emite la siguiente norma técnica.

#### CAPITULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES

- Artículo 1o. Esta norma técnica es de orden público e interés social y tiene por objeto el control sanitario del proceso e importación de las Agujas para Sutura, así como determinar las especificaciones mínimas de funcionamiento y seguridad que debe tener este producto.
- Artículo 2o. Esta norma técnica es de observancia obligatoria en todas las industrias, laboratorios y establecimientos dedicados al proceso e importación de este producto en el territorio nacional.
- Artículo 3o. Para los efectos de esta norma técnica se entiende por Agujas para Sutura, los dispositivos médicos metálicos que se utilizan para suturar.
- Artículo 4o. Cuando en la presente norma técnica se haga referencia a las siguientes siglas, se entenderá hecha a:

A	Austenítico	
AIISI	American Iron and Steel Institute	AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE
DIN	Deutsches Institut Fur Normung	
ISO	International Organization for Standardization	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
M	Martensítico	
NOM	Norma Oficial Mexicana	NORMA OFICIAL MEXICANA

#### CAPITULO II

#### DISPOSICIONES ESPECIFICAS

- Artículo 5o. Este producto deberá cumplir con las siguientes especificaciones:
1. La resistencia a la flexión debe ser hasta ángulos entre 45 y 85 grados

# AI Norma mexicana para las agujas para sutura

Martes 15 de Octubre de 1991

DIARIO OFICIAL

31

II Los materiales con los que están elaboradas las agujas para sutura pueden ser los siguientes:

	DIN	ISO	AISI
a) Acero inoxidable Martenítico tipo: M-10	x30Cr13	5	420B
b) Acero inoxidable austenítico tipo: A-1	x3CrNi189 1810	11	304
c) Acero al alto carbono tipo:	C105W1	-	-

La composición química en porcentaje de estos materiales debe ser la expuesta en la Tabla siguiente:

Tipo de acero	Carbono C	Carbono Cr	Níquel Ni	Fósforo P Máximo	Azufre S Máximo	Silicio Si	Manganeso Mn	Hierro Fe
M-10 x30Cr13 DIN	0.24-0.37	11.85-14.15	1.03 máx.	0.050	0.035	1.05 máx.	1.03	Balance
A-1 x3CrNi189 DIN (1810)	0.08 máx.	16.8-19.2	7.85-11.15	0.050	0.035	1.05 máx.	2.04 máx.	Balance
Al alto Carbono C105W1 DIN	1.0-1.10	-----	-----	0.020	0.020	0.10 0.25	0.10 0.25	Balance

III. La dureza de las agujas de sutura debe ser:

- De 84-87 Rockwell "15N" ( $50 \pm 3$  Rc) para materiales tipo DIN x30Cr14 y C105W1.
- De  $80 \pm 4$  Rockwell-B (Rb) (152-176 Knoop) para el material tipo DIN x3CrNi189 (1810).

IV. El magnetismo debe ser positivo.

V. Los acabados de las agujas para sutura deben ser los siguientes:

- Los bordes y superficies de las agujas deben ser uniformes, lisos y limpios.
- El acabado final debe ser en espejo con la superficie pulida de alta reflexión y resistente a la corrosión.

Las agujas fabricadas con el material tipo DIN C105W1 deben contar con un recubrimiento de níquel de 5 a 10 micras de espesor que permanece adherido al romperse la aguja.

# A1 Norma mexicana para las agujas para sutura

Artículo 6o Para aceptar el producto se debe seguir la NOM-Z-12/1 1987, usar el Nivel de Inspección II, Muestras Sencillo.

Artículo 7o Los métodos para probar, supervisar y evaluar las especificaciones anteriores son los siguientes:

Concepto	Método
I. Resistencia a la flexión -15° - 33°	NOM-B-113-1981 Método de prueba para Doblado de Acero.
II. Análisis Químico del material	NOM-B-078-1978 Método de Análisis Fotométricos para Determinar la Composición Química de Aceros.  NOM-B-001-1970 Métodos de Análisis Químicos para Determinar la Composición de Aceros
III Dureza Rockwell	NOM-B-119-78 Determinación de la Dureza Rockwell y Rockwell Superficial de Materiales Metálicos
IV Magnetismo	NOM-B-130-1974 Método de Inspección con Partículas Magnéticas Via Humeda
V Inspección del acabado	NOM-Z-12-1980 con un Nivel General de Inspección II Subnivel Normal.
VI. Resistencia a la corrosión	NOM-BE-046-1976 Determinación de la Resistencia a la Corrosión de las Agujas
VII. Adherencia del Níquel	Romper la aguja y observar si se desprenden partículas de níquel. No debe haber desprendimiento de partículas de níquel al romper las agujas

### CAPITULO III

#### ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Artículo 8o Las agujas de sutura deben estar empacadas en forma tal que conserven las condiciones para su uso y de acuerdo con la NOM-EE-50-1979.

Artículo 9o La etiqueta o martete debe cumplir con lo establecido en el Artículo 210 de la Ley General de Salud.

Artículo 10o Las unidades de medida que se empleen deben ser las señaladas en la NOM-Z-1-1979, Sistema de Unidades de Medida, Sistema (SI) de Unidades, Diario Oficial de la Federación, 13 de Agosto de 1979.

#### TRANSITORIOS

Primero Esta Norma Técnica entrará en vigor a los 15 días siguientes a su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Segundo Esta Norma Técnica deja sin efecto la Norma Técnica No. 18 sobre la Identidad y Especificidad de la Agujas de Sutura, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de Julio de 1986.

México, Distrito Federal, a los ocho días del mes de octubre de mil novecientos noventa y uno.- El Director General de Control de Insumos para la Salud, Julián Villarreal Castelazo.- Rúbrica.

**ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA**

FALTA PAGINA

No. 77

## A2 Composición del acero para fabricación de aguja quirúrgica

TIPO DE AÇO	CARBONO C	CRÓMO Cr	NIQUEL Ni	FOSFORO P Máximo	AZUFRE S Máximo	SILICIO Si	MANGANESO Mn	HIERRO Fe
M-10 XCO-13 DIN	0.24-0.37	11.85-14.15	1.03 Máximo	0.050	0.035	1.05 Máximo	1.03	Balance
A - 1 XCO-1109 DIN (1810)	0.08 Máximo	16.8-19.2	7.85-11.15	0.050	0.035	1.05 Máximo	2.01 Máximo	Balance
A. A20 CH30D C103A DIN	1.0-1.10	-----	-----	0.020	0.020	0.10 0.25	0.10 0.25	Balance

## A2 Anatomía de una aguja para sutura

SERRAL, S.A. DE C.V.

DIVISION SUTURAS

TITULO: ANATOMIA DE UNA SUTURA

### 1. AGUJA

Instrumento o dispositivo metálico utilizado para llevar un hilo de sutura a través del tejido (Suturar).

Las agujas quirúrgicas son fabricadas con acero inoxidable - preferentemente de tres tipos que son:

- \* a) Acero Inoxidable Martensítico (M-10)
- \*\* b) Acero Inoxidable Austenítico (A-1)
- c) Acero al alto carbono (C105W1)

Las diferencias más notables entre dichos aceros son:

#### a) Composición química porcentual

<u>METAL</u>	<u>SIMBOLO</u>	<u>%</u>	<u>METODO</u>
Carbono	C	0.05 Máx.	NOM-B-1-1988-44
Cromo	Cr	11.0-12.5	NOM-B-1-1988-72
Níquel	Ni	7.5-9.5	NOM-B-1-1988-135
Fósforo	P	0.04 Máx.	NOM-B-1-1988-95
Azufre	S	0.03 Máx.	NOM-B-1-1988-21
Silicio	Si	0.50 Máx.	NOM-B-1-1988-183
Manganeso	Mn	0.50 Máx.	NOM-B-1-1988-107
Hierro	Fe	Balance	

b) Grado de dureza (es directamente proporcional a la cantidad de hierro presente en el acero).

- Acero M-10: 84 - 87 Rc
- Acero A-1 : 74 - 80 Rc

(45 Rockwell -C a 55 Rockwell-C, Norma IMSS 1992)

## A2 Anatomía de una aguja para sutura

### c) Estados de Oxidación

\* *Martensítico (Martensita)* - Constituyente de los aceros, resultante de la transformación de la Austenita, en el cual el hierro se ha vuelto al estado (Alfa) fuertemente magnético. Al microscopio se revela en forma de agujas. Su presencia es característica del temple.

\*\* *Austenita* - Es uno de los componentes de los productos siderúrgicos.

d) Las características físicas comunes de una aguja quirúrgica, son:

- Son altamente resistentes (Dureza)
- Son Flexibles (Maleables)
- Son magnéticamente positivos

## II. DISEÑO BASICO DE UNA AGUJA QUIRURGICA

Se conforma básicamente de tres partes que son:

- a) Onificio. - Este puede ser cerrado (Barrero) o abierto (Canal), el cual permite el aprisionamiento (enhebrado) del material de sutura (hilo) que se vaya a emplear.
- b) Cuerpo. - Es la porción por la cual es sujeta, puede ser (en un corte transversal) redondo, ovalado, rectangular, trapezoidal, etc.
- c) Punta. - Es la parte distal -terminal de la aguja con referencia al onificio.

Características particulares de forma:

- *Ahusada* - El cuerpo de la aguja es cónico, formando gradualmente una punta aguda, que hace las perforaciones más pequeñas posibles.
- *Espatulada* - Aguja de perfil delgado y plano, afilador especialmente para darles una punta excepcional.

## A2 Anatomía de una aguja para sutura

- *Estriadas* - Las curvaturas internas y externas llevan ranuras longitudinales en dirección contraria a los dientes del portaagujas, lo que ayuda a estabilizar la aguja dentro de éste.

Variables presentes en una aguja quirúrgica

### 1) Longitud del aceo

Es la distancia en línea recta donde la punta de una aguja curva hasta su extremo opuesto, o sea el orificio.

### 2) Longitud de la aguja

Es la distancia total de la aguja a lo largo.

## III. PRUEBAS FISICO-QUIMICAS DE ACEPTACION PARA LAS AGUJAS QUIRURGICAS.

- a) Determinación porcentual de metales
- b) Doblado de acero
- c) Dureza
- d) Magnetismo
- e) Resistencia a la corrosión
- f) Adherencia del Níquel
- g) Resistencia a la flexión

## IV. CURVATURA DE LAS AGUJAS QUIRURGICAS

- 1/4 (90°) - Uso en intervenciones oftálmicas y de microcirugía de tipo superficial.
- 3/8 (135°) - Uso en intervenciones de heridas superficiales - relativamente grandes.
- 1/2 (180°) - Uso en intervenciones de cavidades profundas con áreas de movimientos reducidos.
- 5/8 (225°) - Uso en intervenciones urogenitales, intrabucales y cardiovasculares.

Existen también las agujas rectas que son usadas principalmente para el cierre de piel; el uso de las mismas no es muy frecuente.

## A2 Anatomía de una aguja para sutura

	<p><b>TAPER - C</b></p> <p>Specially indicated for tissue of easy penetration such as: intestine, peritoneum, heart, artery, vein, ureter etc.</p>
	<p><b>REVERSE CUTTING - T</b></p> <p>The cutting edges of the triangular shape provides better penetration in resistant tissues such as skin and aponeurosis.</p>
	<p><b>LOSANGULAR - L</b></p> <p>With lateral cutting edges this type of needle combines the advantage of reduced trauma equivalent to taper point and higher penetration than reverse cutting needles.</p>
	<p><b>SPATULA - E</b></p> <p>Hand honed specially designed for easy penetration on delicate layers such as sclera.</p>
	<p><b>BLUNT - R</b></p> <p>Does not cut in its passing through soft tissues such as: liver, kidney, lung etc.</p>

## A3 Propiedades del Acero Inoxidable 420

286 STRUCTURE AND PROPERTIES OF ENGINEERING ALLOYS

**Table 7-4 Chemical compositions and typical applications of wrought martensitic stainless steels†**

AISI type	% Cr	% C	% Ni	% Mo	% V	% W	% Other‡	Typical applications
403	12.2	0.15 max						"Turbine quality" grade. Steam turbine blading and other highly stressed parts including jet engine rings.
410	12.5	0.15 max						General-purpose heat-treatable type. Machine parts; pump shaft; bolts; bushings; coal chutes; cutlery; finishing tackle; hardware; jet engine parts; mining machinery; rifle barrels; screws; valves.
414	12.5	0.15 max	1.8					Higher carbon modification of type 410. Cutlery; surgical instruments; valves; wear-resisting parts; glass molds; hand tools; vegetable choppers.
420	13	Over 0.15						High-hardenability steel. Springs; tempered rules; machine parts; bolts; mining machinery; scissors; ships belts; spindles; valve seals.
422	12	0.22		1.0	0.25	1.0		High strength and toughness at service temperatures up to 1200°F. Steam turbine blades; fasteners.
431	16	0.20 max	1.8					Special-purpose hardenable steel used where particularly high mechanical properties are required. Aircraft fittings; beater bars; paper machinery; bolts.
440A	17	0.72						Hardenable to higher hardness than type 420; with good corrosion resistance. Cutlery; bearings; surgical tools.
440B	17	0.85						Cutlery grade. Cutlery; valve parts; instrument bearings.
440C	17	1.07						Yields highest hardnesses of hardenable stainless steels. Balls, bearings; races; nozzles; balls and seats for oil well pumps; valve parts.

† After "ASM Databook," *Metal Progress*, mid-June 1979, vol. 116, no. 1.

‡ S: 0.030% max; P: 0.040% max; Si: 1.00% max.

# A3 Propiedades del Acero Inoxidable 420

STAINLESS STEELS 291

**Table 7-5 Typical tensile properties of AISI standard martensitic stainless steels in the annealed and tempered conditions†**

AISI type	Tempering temperature		Yield strength (0.2% offset)		Tensile strength		Elongation in 2 in (50.8 mm), %	Reduction of area, %
	°F	°C	ksi	MN/m <sup>2</sup>	ksi	MN/m <sup>2</sup>		
403, 410,	None (annealed)		40	275.8	75	517.1	30	65
416, 416Se	400	204	145	999.8	190	1310.1	15	55
	600	315	140	965.3	185	1275.6	15	55
	800	426	150	1034.3	195	1344.5	17	55
	1000	538	115	792.9	145	999.8	20	65
	1200	648	85	586.1	110	758.5	23	65
	1400	760	60	413.7	90	620.6	30	70
414	None (annealed)		95	655	120	827.4	17	55
	400	204	150	1034.3	200	1379	15	55
	600	315	145	999.8	190	1310.1	15	55
	800	426	150	1034.3	200	1379	16	58
	1000	538	120	827.4	145	999.8	20	60
	1200	648	105	724	120	827.4	20	70
420	None (annealed)		50	344.8	95	655	25	55
	400	204	200	1379	255	1758.2	10	35
	600	315	195	1344.5	250	1723.8	10	35
	800	426	200	1379	255	1758.2	10	35
	1000	538	145	999.8	170	1172.2	15	40
	1200	648	85	586.1	115	792.9	20	55
431	None (annealed)		95	655	125	861.9	20	60
	400	204	155	1068.7	205	1413.5	15	55
	600	315	150	1034.3	195	1344.5	15	55
	800	426	155	1068.7	205	1413.5	15	60
	1000	538	130	896.4	150	1034.3	18	60
	1200	648	95	655	125	861.9	20	60
440A	None (annealed)		60	413.7	105	724	20	45
	600	315	245	1689.3	265	1827.2	5	20
440B	None (annealed)		62	427.5	107	737.8	18	35
	600	315	270	1861.7	280	1930.6	3	15
440C	None (annealed)		70	482.7	110	758.5	13	25
	600	315	275	1896.1	285	1965.1	2	10

† After Ref. 1, p. 20-18.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 CENTRO DE DISEÑO Y MANUFACTURA

Prueba de compresión para la obtención de la constante de un resorte

Test type: Compressive	Instron Corporation
	Series IX Automated Materials Testing System 1.4
Operator name: Adolfo Altamirano M.	Test Date: 20 Jan 1996
Sample Identifier: AGUJA1	Sample Type: ASTM
Interface Type: 4200 Series	
Machine Parameters of test:	Humidity ( % ): 50
Sample Rate (pts/sec): 5.00	Temperature (deg. C): 23
Crosshead Speed (mm/min): 25.000	

Dimensions:

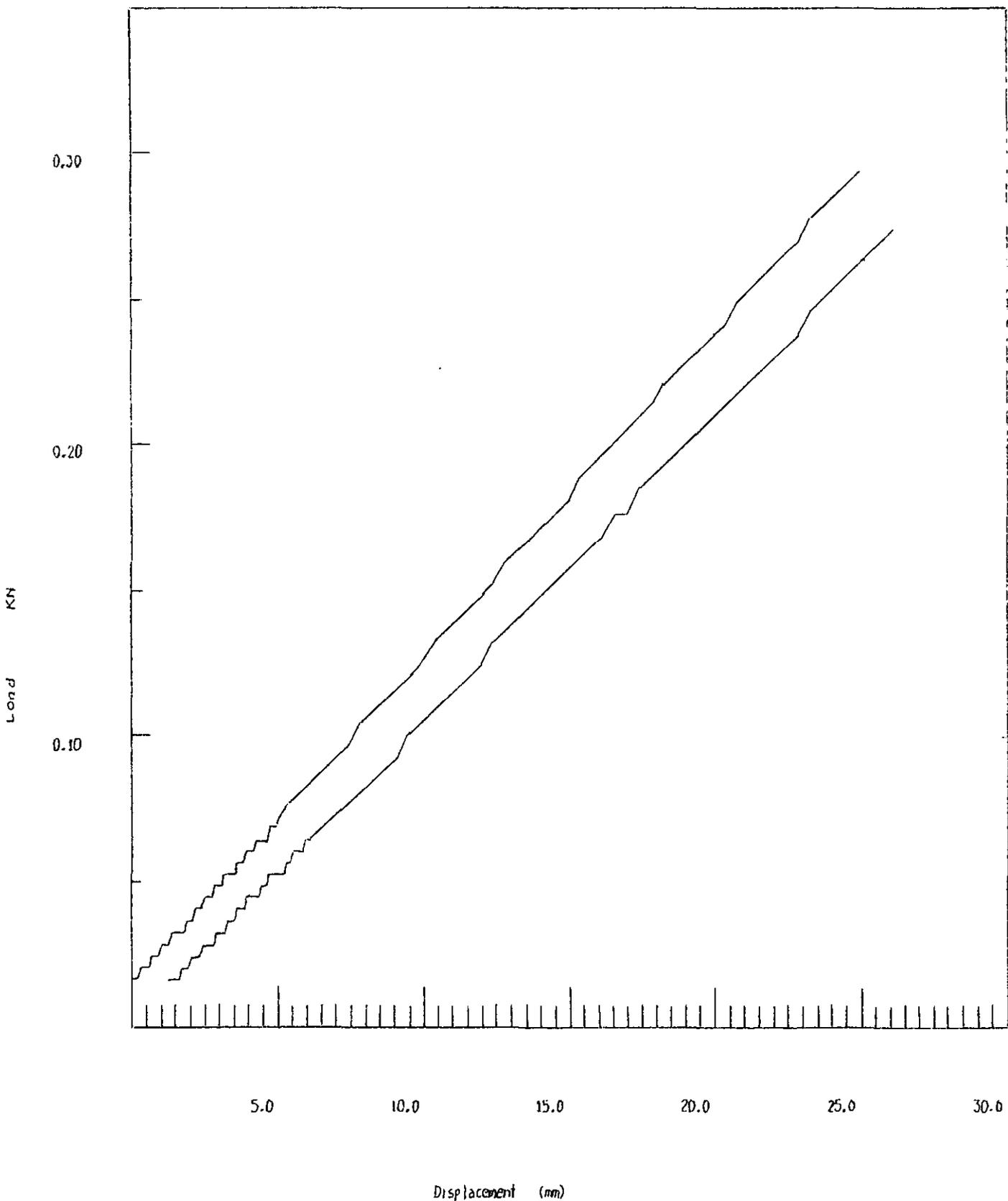
	Spec. 1	Spec. 2
Diameter (mm)	22.300	23.000
Spec. gauge 1 en (mm)	91.000	82.500
Platen Separ. (mm)	82.500	82.500

Out of 2 specimens, 0 excluded.  
 Sample comments: compresión de 2.5 cm

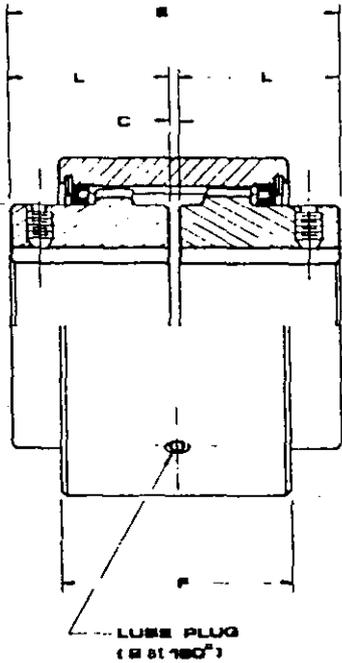
Specimen Number	Load at Maximum (KN)	Displacement at Maximum (mm)	Stress at Maximum (MPa)	% Strain at Maximum (%)
1	.2980	25.04	.7632	27.52
2	.2738	25.05	.6592	30.36
Mean:	.2859	25.05	.7112	28.94
Standard Deviation:	.0171	.01	.0735	2.01

# A4 Resultados de la prueba de compresión para el resorte de conformado

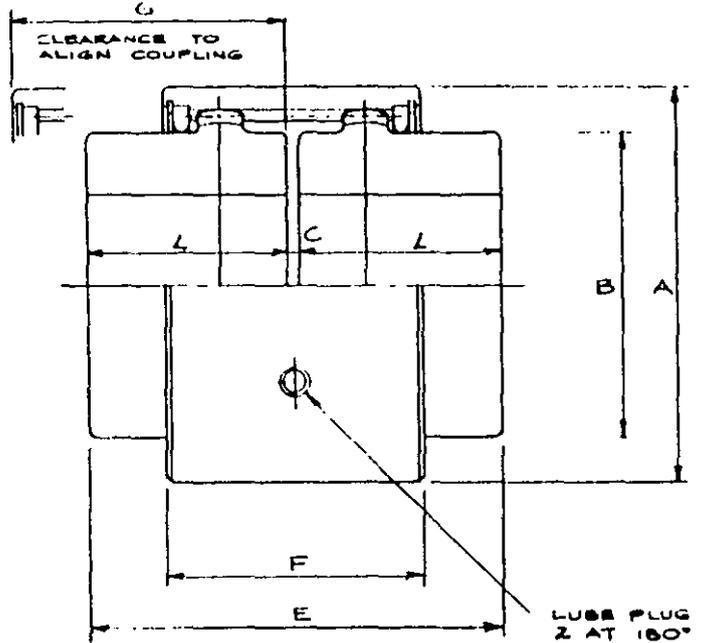
ÁGUILA ALL



## A5 Especificaciones de los coples de engranes del tipo "S"



**FLEX-RIGID TYPE  
STYLE xxSFRX**



**FLEXIBLE HUBS  
STYLE xxSFFX**

SIZE†	MAX. BORE In. *	LOAD CAPACITY		MAX. RPM ± 10%	PARALLEL OFFSET CAPACITY In.	LUBE CAPACITY			DIMENSION - INCH							WT SOLID HUBS Lb.	WR* SOLID HUBS Lb. In. †
		HP/100 RPM	TORQUE Lb. In. x 10 <sup>3</sup>			GREASE		OIL VOLUME	A	B	L	C	E	F	G		
						WEIGHT	VOLUME										
6S	1-1/16	4.5	2.84	19.0	.009	3/32 oz.	.006 pt.	.002 pt.	2-3/8	1-9/16	1-3/16	3/32	2-15/32	1-13/32	1-1/2	2.0	86
P	1-5/16	7.0	4.41	16.0	.009	5/16 oz.	.019 pt.	.006 pt.	2-13/16	1-31/32	1-13/32	3/32	2-29/32	1-13/32	1-1/2	3.3	24
10L	1-5/8	15.5	9.77	12.6	.015	11/32 oz.	.020 pt.	.006 pt.	3-7/16	2-3/8	1-9/16	3/32	3-7/32	1-27/32	1-7/8	6.1	8.1
12S	1-15/16	22	13.9	11.5	.015	3/8 oz.	.022 pt.	.007 pt.	3-15/16	2-25/32	1-25/32	3/32	3-21/32	1-27/32	1-15/16	8.7	13.5
15S	2-1/8	31	19.5	11.0	.039	7/8 oz.	1/16 pt.	1/64 pt.	4-1/8	3-1/16	1-15/16	1/8	4	2-25/32	2-29/32	11.5	21.1
20S	2-3/4	51	32.1	8.8	.045	1-5/8 oz.	1/8 pt.	1/32 pt.	5-1/8	3-31/32	2-7/16	1/8	5	3-3/16	3-5/16	21.5	60.8
25S	3-1/4	90	56.7	7.5	.057	2-13/16 oz.	3/16 pt.	1/16 pt.	6-1/32	4-21/32	3-1/32	3/16	6-1/4	3-7/8	4-1/16	38	145
30S	3-3/4	152	96	6.6	.065	4-5/8 oz.	5/16 pt.	3/32 pt.	6-27/32	5-3/16	3-19/32	3/16	7-3/8	4-17/32	4-23/32	57	276
35S	4-1/4	240	151	5.8	.078	6-7/16 oz.	13/32 pt.	1/8 pt.	7-7/8	5-29/32	4-3/16	1/4	8-5/8	5-13/32	5-21/32	90	573
40S	5	360	227	4.9	.082	9-1/2 oz.	9/16 pt.	3/16 pt.	9-1/8	7-3/32	4-3/4	1/4	9-3/4	5-19/32	5-27/32	137	1085
45S	5-1/2	530	334	4.4	.094	1-3/16 lb.	1-1/32 pt.	5/16 pt.	10-13/32	7-7/8	5-5/16	5/16	10-15/16	6-21/32	6-31/32	196	2190

\*SEE PAGE 13.

†Sizes thru 55 on request.

### NOTES

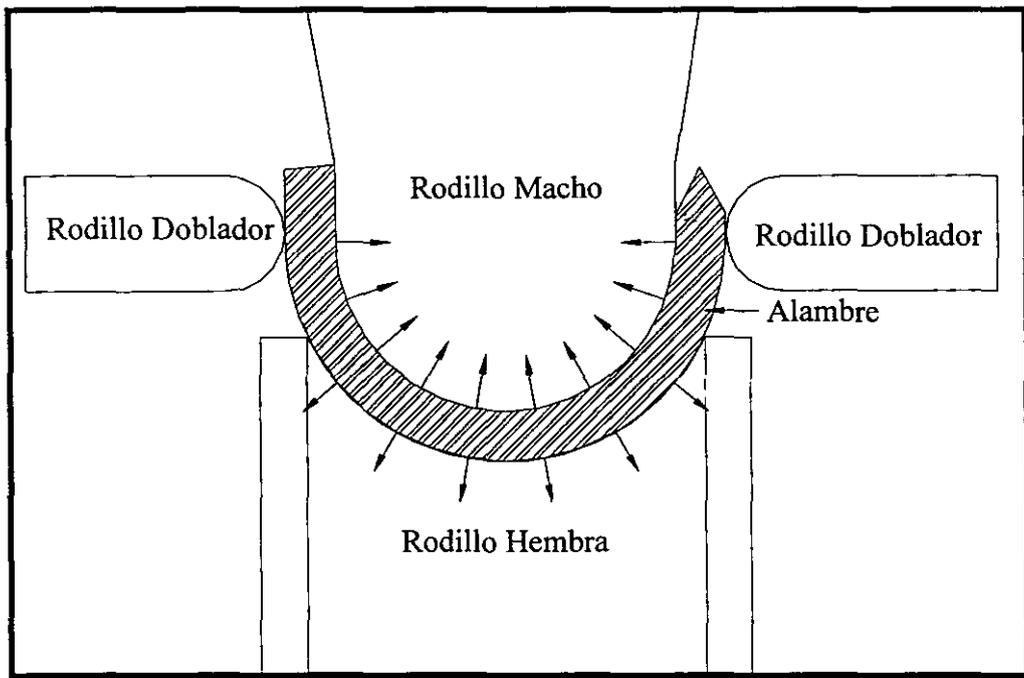
1. Load capacities listed are the ratings based on full 1° misalignment per gear mesh.
2. Maximum bores listed are based on using a square key.
3. Speeds shown are without dynamic balancing.
4. For recommended service factor, see page 15.

## APÉNDICE B

### B1 Memoria de cálculo

#### Potencia del motor

La potencia del motor se calculó para el primer prototipo de castillo de conformado. Para calcular la potencia, se consideró que no existe aplastamiento en los rodillos de conformado. Debido a su geometría, la presión ejercida por el alambre se supone como se muestra en la figura b1.



**Figura b1.** Distribución de la presión del alambre sobre los rodillos.

Considerando que la operación para conformar al alambre es similar al laminado en frío, el valor de la carga necesaria para deformar al alambre se puede determinar con la siguiente ecuación.

$$P = \sigma \times L \times W \quad \dots\dots (b1)$$

Donde:

P: Carga aplicada por los rodillos

$\sigma$ : Esfuerzo de fluencia del material del alambre

L: Longitud de conformado

W: Ancho de conformado

El dato del esfuerzo de fluencia del acero inoxidable 420 se obtiene de las tablas del apéndice A3. Para el ancho de conformado W se toma la longitud del alambre.

La secuencia de deformación del alambre se muestra en la figura b2. De esta figura se obtiene la longitud de conformado.

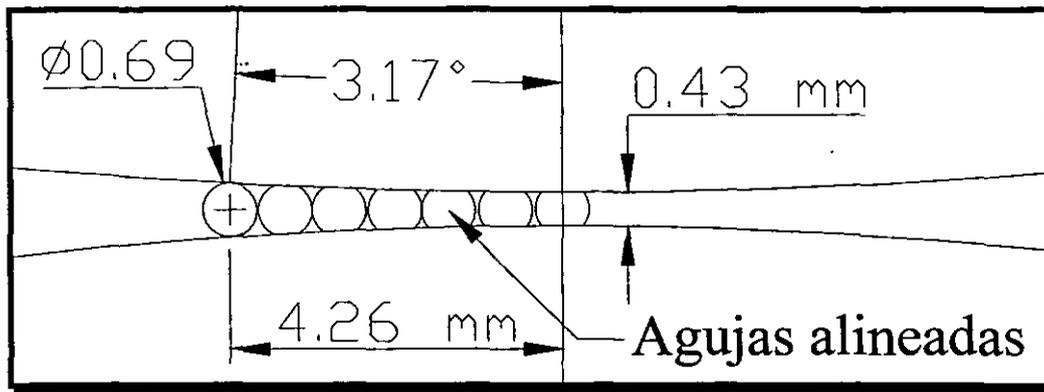


Figura b2. Secuencia de deformación del alambre.

La carga máxima que deberán aplicar los rodillos se presenta cuando se tiene una continuidad en el material. Para este caso, se supone que los alambres entran uno tras otro a la zona de conformado como se mostró en la figura b2.

Sustituyendo valores en la ecuación b1, se obtiene lo siguiente:

$$P = ( 655 [ \text{MN/m}^2 ] ) \times ( 4.26 \text{ E}^{-3} [ \text{m} ] ) \times ( 0.037 [ \text{m} ] )$$

$$P = 103,241.1 [ \text{N} ] = 10,534.8 [ \text{Kg} ]$$

El resultado anterior se obtuvo teóricamente tomando en cuenta el esfuerzo de fluencia del material. De acuerdo a los experimentos mencionados en el capítulo VI, la carga necesaria para deformar un alambre, para la aguja MT37, es de 3000 Kg. Por lo tanto, la carga obtenida teóricamente se tomará para el cálculo de la potencia, ya que se considera el caso en que se tiene una hilera continua de alambres entrando a la zona de conformado.

El par necesario para efectuar la operación se obtiene con la siguiente ecuación:

$$T = \lambda' \times L' \times P \quad \dots (b2)$$

Donde:

T: Par aplicado al rodillo.

$\lambda'$ : Brazo de palanca. Para laminación en caliente  $\lambda' = 0.5$ . Para laminación en frío  $\lambda' = 0.45$ .

$L'$ : se define como  $L' = R' \sin \alpha_b \cong [R' \times \Delta h]^{1/2}$

$R'$ : Radio del rodillo aplastado. Como se consideró que no hay aplastamiento  $R' = R$ .

$\Delta h$ : Reducción de diámetro o aplastamiento del alambre.

$$\Delta h = h_0 - h_1 = (0.69 \text{ [ mm ]}) - (0.43 \text{ [ mm ]}) = 0.26 \text{ [ mm ]}$$

Ahora, sustituyendo valores en la ecuación 2 se obtiene lo siguiente:

$$T = (0.45) \times [(0.076 \text{ [ m ]}) \times (2.60 \text{ E}^{-4} \text{ [ m ]})^{1/2} \times (103,241.1 \text{ [ N ]})]$$

$$T = 206.518 \text{ [ N-m ]}$$

El valor de la potencia necesaria para mover al sistema se determina mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pot} = T \times \omega \dots\dots (b3)$$

Sustituyendo valores y tomando en cuenta que se requiere que los rodillos giren a 6.3 rpm, de acuerdo con la producción de agujas especificada, se obtiene:

$$\text{Pot} = ( 206.518 [ \text{N-m} ] ) \times ( 6.5 \text{ rpm} ) \times 2\pi / 60$$

$$\text{Pot} = 140.57 [ \text{Watt} ] = 0.188 [ \text{HP} ]$$

Esta es la potencia que utiliza un par de rodillos para deformar a los alambres que producirán una aguja.

Suponiendo el caso más crítico cuando los dos rodillos que integran al castillo conforman al mismo tiempo, entonces se solicita un motor con el doble de la potencia calculada. Por otro lado, para incrementar la producción de agujas se sugirió colocar dos castillos paralelos al original con un par de rodillos cada uno. Por lo tanto, la potencia requerida para este caso crítico es de 1.13 HP.

Con el dato de potencia del motor, la velocidad de salida del reductor, factor de servicio, etc., se seleccionó un motorreductor comercial marca JIV con ejes colineales (engranes helicoidales) con una potencia de 2 HP en el motor y una velocidad de salida de 7.3 RPM, por su disponibilidad en ese momento y costo.

## B2 Cálculo de los engranes helicoidales para la transmisión

Los datos que se plantearon al inicio fueron:

- Potencia a transmitir 2 HP
- Velocidad a la salida del reductor de 6 RPM
- Distancia entre centros de los engranes de 6 plg.

De acuerdo con Faired [Ref. 3], se determinaron los valores de las siguientes fuerzas sobre los dientes del engrane:

$$F_t = 4500 \times \text{Potencia} / V_m = 3132.97 \text{ [ Kg. ] (Fuerza tangencial)}$$

La fuerza dinámica se calculó con  $\phi = 20^\circ$ ,  $\varphi = 30^\circ$  y  $C = 226.3$ , entonces se obtuvo lo siguiente:

$$F_d = 3154.77 \text{ [ Kg. ] (Fuerza dinámica)}$$

$$F_a = 4006 \text{ (Fuerza axial)}$$

La resistencia a la flexión y a la fatiga en la superficie de los dientes se obtiene utilizando la ecuación:

$$\sigma = \frac{F_t P}{b J} k_v k_o (0.93 k_m) \dots\dots\dots (b4)$$

Sustituyendo valores en la ecuación se obtuvo el esfuerzo que soportan los dientes del engrane:

$$\sigma = 316 \text{ Klb / Plg}^2$$

Como resultado de los calculos mostrados arriba e incluyendo el material y tratamiento térmico superficial para los engranes, se compraron dos engranes helicoidales tipo espina de pescado con las características que se muestran en la tabla b1.

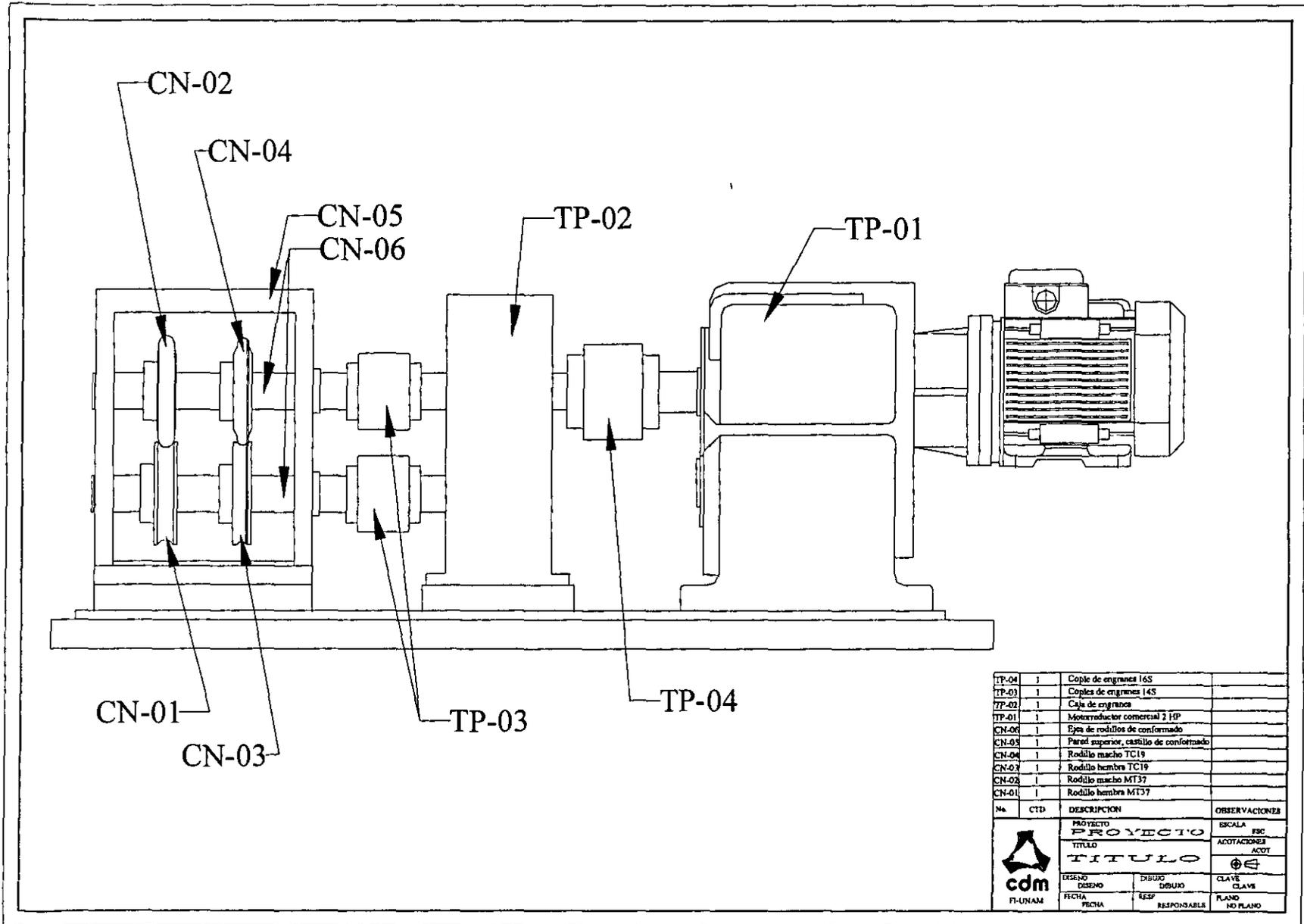
<b>Características del engrane helicoidal</b>	
$\phi = 30^\circ$	Adendum 0.125 Plg.
$\phi_n = 20^\circ$	Dedendum 0.125 Plg.
$P_n = 8$ dientes / Plg	Altura del diente 0.250 Plg.
$N = 42$ dientes	Espesor del diente 0.196 Plg.
$D_{ext} = 6.06$ Plg.	Ancho 3 Plg.

**Tabla b1.** Características de los engranes para la transmisión

FALTA PAGINA

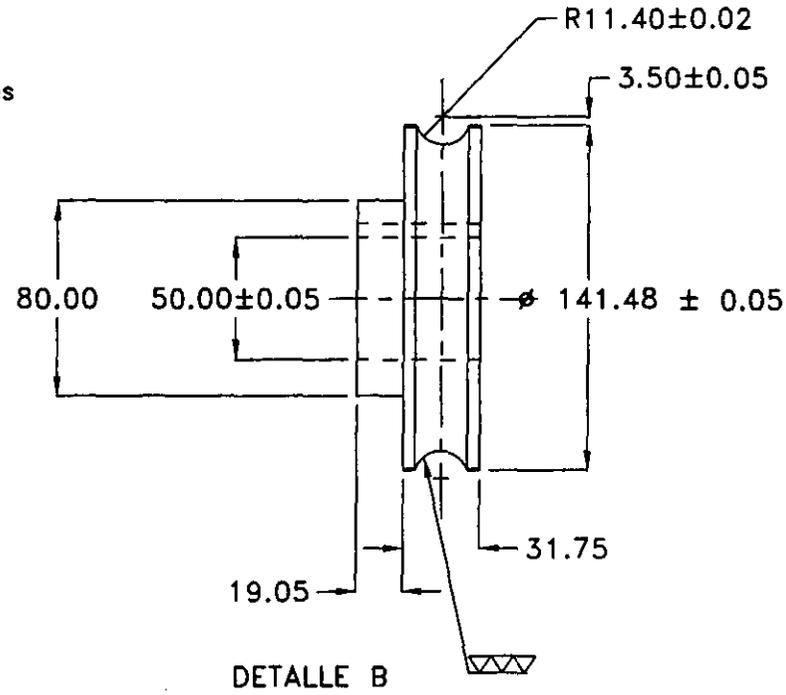
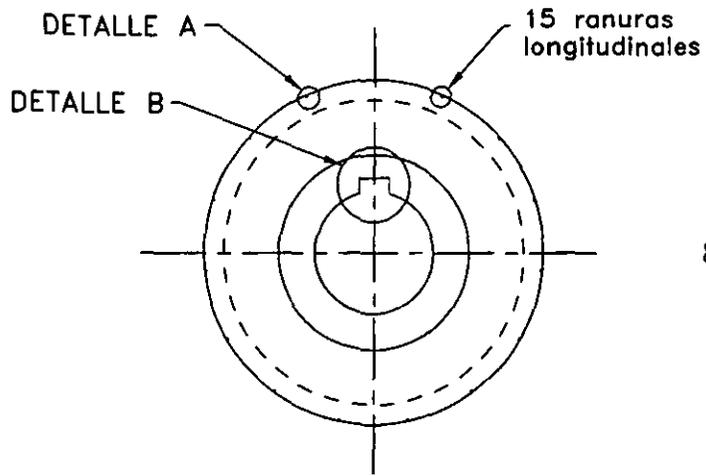
No. 94

C1 Planos de detalle de las partes más relevantes del primer prototipo



TP-04	1	Cople de engranes 16S	
TP-03	1	Coples de engranes 14S	
TP-02	1	Caja de engranes	
TP-01	1	Motoreductor comercial 3 HP	
CN-06	1	Ejes de rodillos de conformado	
CN-05	1	Pared superior, castillo de conformado	
CN-04	1	Rodillo macho TC19	
CN-03	1	Rodillo hembra TC19	
CN-02	1	Rodillo macho MT37	
CN-01	1	Rodillo hembra MT37	
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
		PROYECTO	ESCALA
		<b>PROYECTO</b>	ESG
		TITULO	ACOTACIONES
		<b>TITULO</b>	ACOT
DISENO	DIBUJO	CLAVE	CLAVE
FECHA	RESP	PLANO	NO PLANO
		RESPONSABLE	

VALORES DE BORNAS			
> 0.02	> 0.02	> 0.02	> 0.02
< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
0.02	0.02	0.02	0.02
Cotas - Dimensiones			
0.02	0.02	0.02	0.02

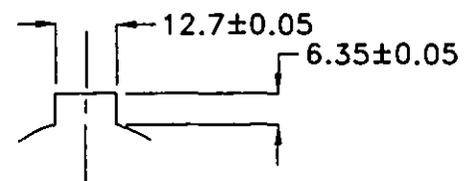
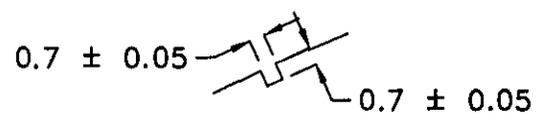


DETALLE A

DETALLE B

Ranura longitudinal

Cuñero



Escala: 10:1

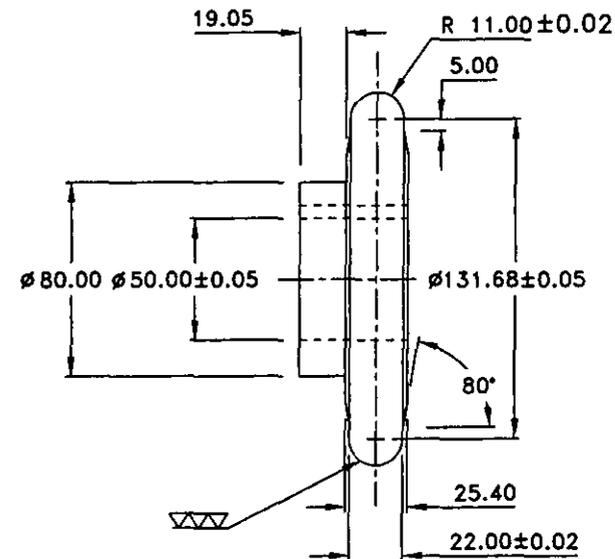
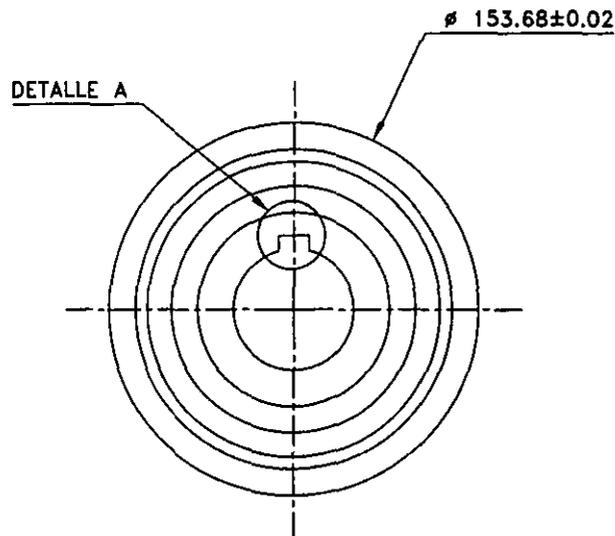
Escala: 2:1

NOTA: 15 ranuras longitudinales equidistantes una de otra, en la periferia del disco.

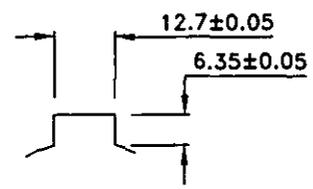
Material: Acero CA1215  
Tratado termicamente con una dureza final de 60 HRC

No. 3	CTD. 1	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 F1-UNAH	PROYECTO		ESCALA
	TITULO		ESC.
	TITULO		ACOTACIONES
	TITULO		ACOT.
DISEÑO	DIBUJO	CLAVE	CLAVE
FECHA	FECHA	RESP.	PLANO
		RESPONSABLE	HOLPLAND

PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO
TITULO	TITULO	TITULO	TITULO	TITULO
DISEÑO	DISEÑO	DISEÑO	DISEÑO	DISEÑO
FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA



DETALLE A  
Dimensiones del cuñero

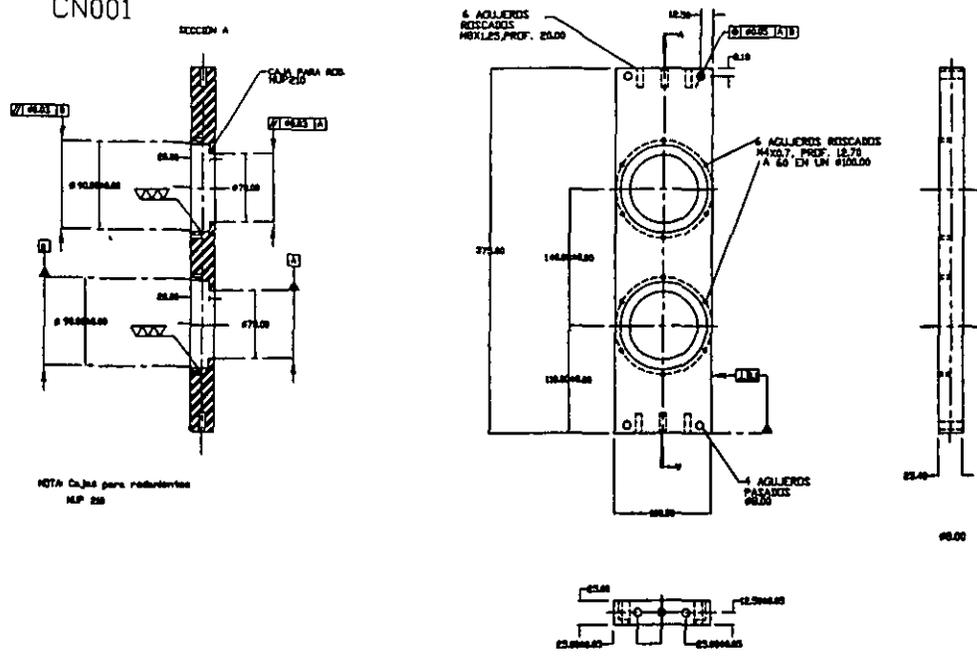


Escala: 2:1

NOTAS: ACERO CA 1215  
TRATADO TERMICAMENTE  
CON 60 HRc

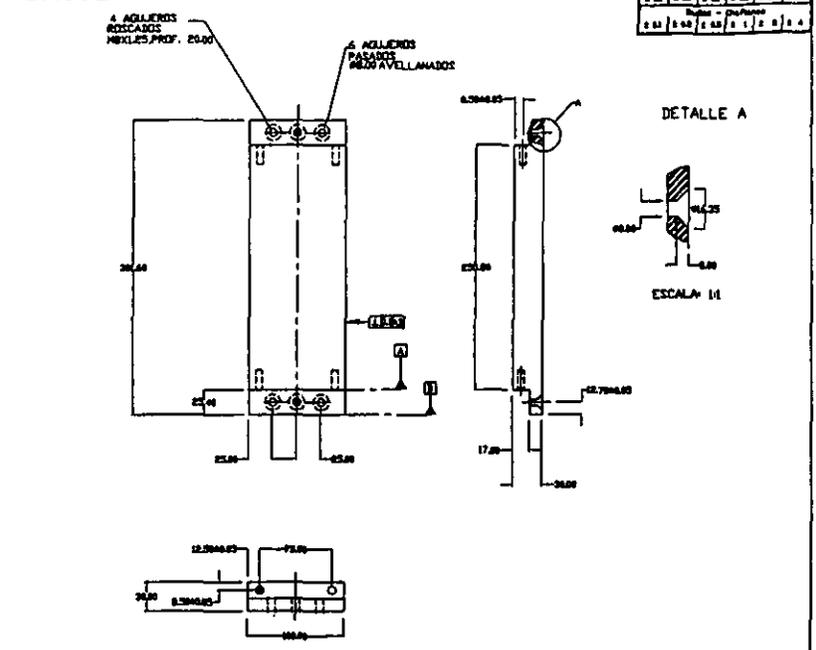
No. 2	CTD. 1	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAN	PROYECTO	PROYECTO	ESCALA ESC.
	TITULO	TITULO	ACOTACIONES ACOT.
	DISEÑO	DISEÑO	CLAVE CLAVE
	FECHA	FECHA	PLANO PLANO
		RESP. RESPONSABLE	

CN001

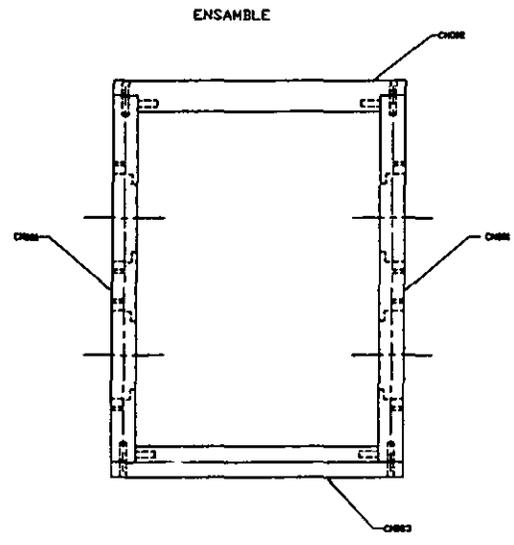
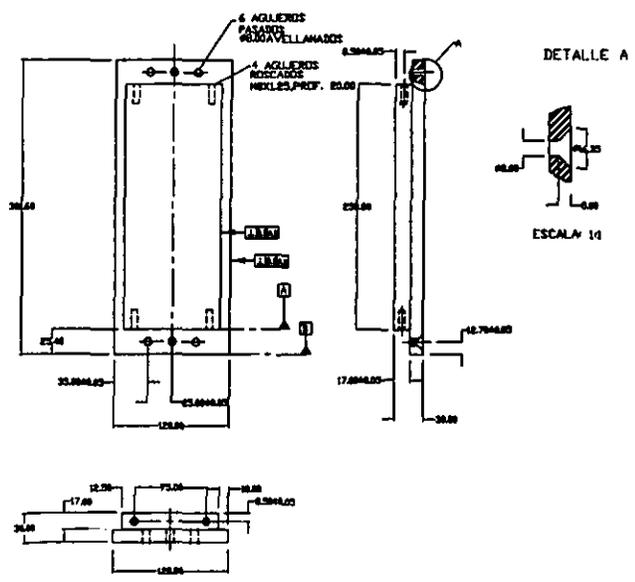


CN002

REVISIONES DE DISEÑO									
1	02	>	05	>	0	>	0	>	00
2	05	>	0	>	0	>	0	>	00
3	05	>	0	>	0	>	0	>	00
Escala = 1/100mm									
0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10



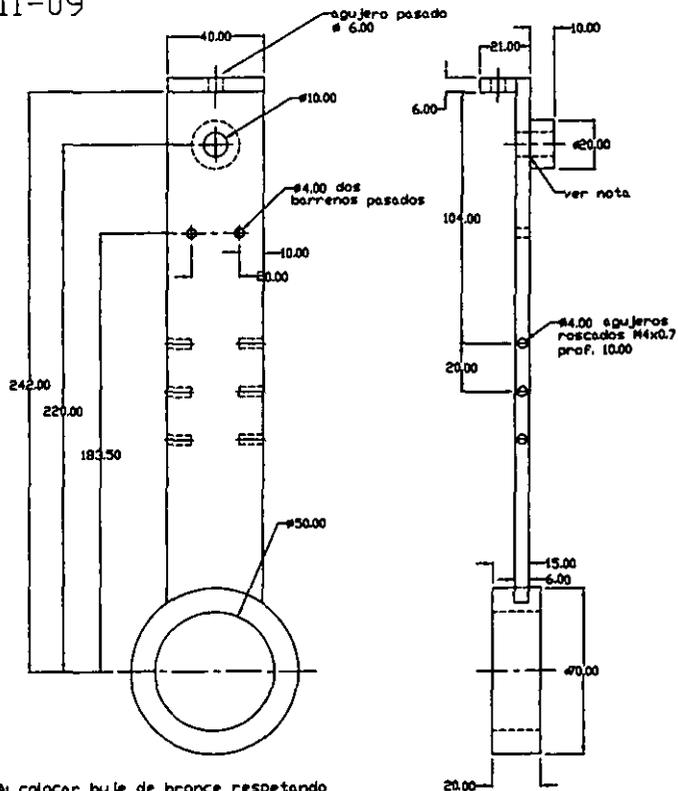
CN003



CN001	2	ATSI 4140 CAJA RODAM.	
CN002	1	ATSI 1018 TAPA SUP.	
CN003	1	ATSI 1018 BASE	
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
PROYECTO <b>PROYECTO</b> TITULO <b>TITULO</b>			ESCALA ESC. ACOTACIONES ACOT.
DISEÑO DISEÑO FECHA		DIBUJO DIBUJO RESP. RESPONSABLE	CLAVE CLAVE PLANI NO/PLANI
FI-UNAH			

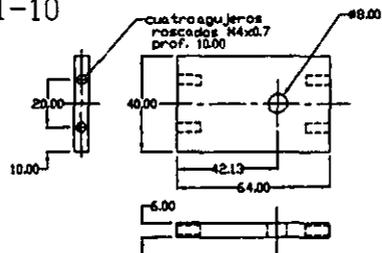
**C2 Planos de detalle de las partes más relevantes de la modificación del castillo de conformado**

III-09

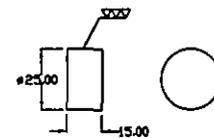


NOTA: colocar buje de bronce respetando el diametro interior.

III-10

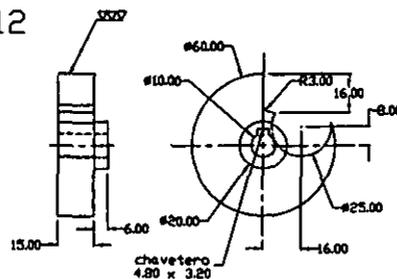


III-11

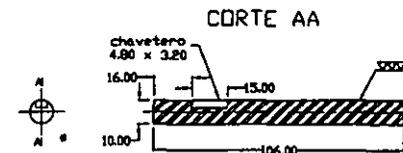


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5
Radios - Chafilones					
± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 4

III-12

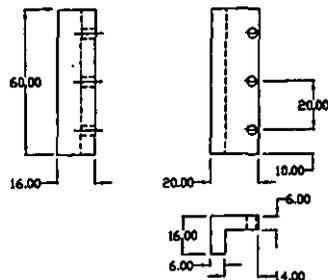


III-13

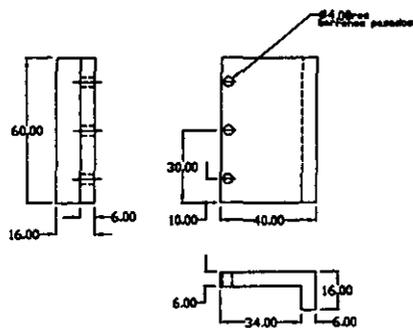


III-09	2	CUERPO CORREDERA	ACERO 4140
III-10	1	PLACA GUIA	ACERO 4140
III-11	1	COMPLEMENTO LEVA	D2 TRATADO
III-12	1	LEVA	D2 TRATADO
III-13	1	EJE LEVA	ACERO 4140
III-14	2	PLACAS DESLIZANTES I	ACERO 4140
III-15	2	PLACAS DESLIZANTES II	ACERO 4140

III-14



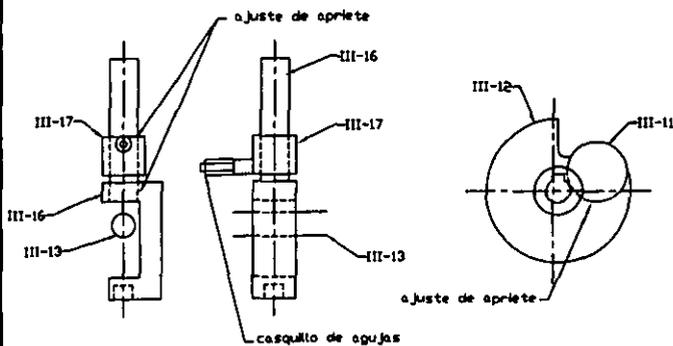
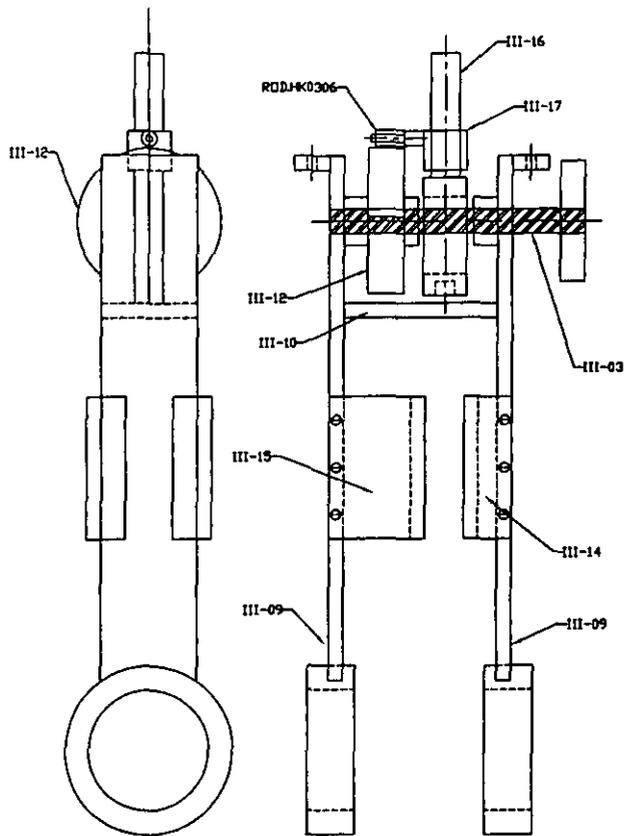
III-15



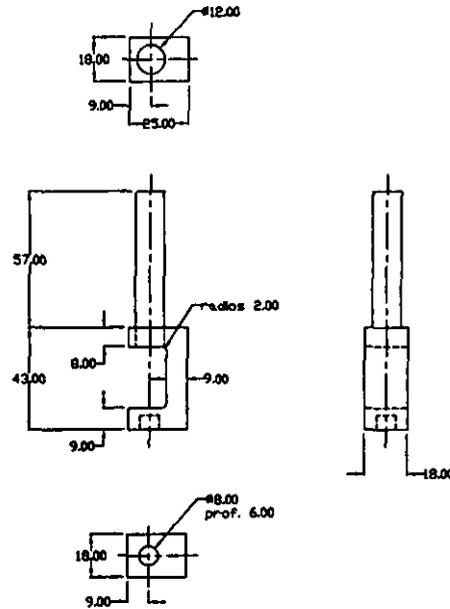
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
		PROYECTO AGUJAS PARA SUTURA / CN	ESCALA 1:2
		TITULO <b>CORREDERA</b>	ACOTACIONES mm
		DISEÑO AZS	CLAVE AGSU-9402
		FECHA FEBRERO, 1996	PLANO CN-OP-III-COR
		DIBUJO AZS	RESP. AZS



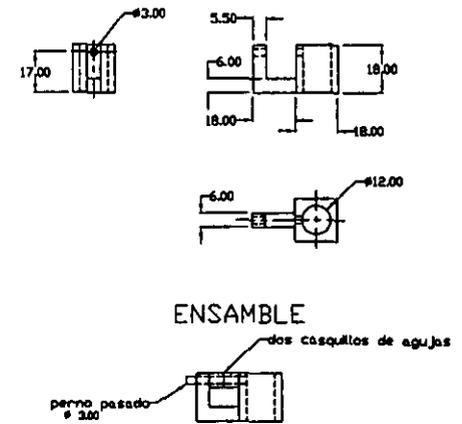
# ENSAMBLE



## III-16



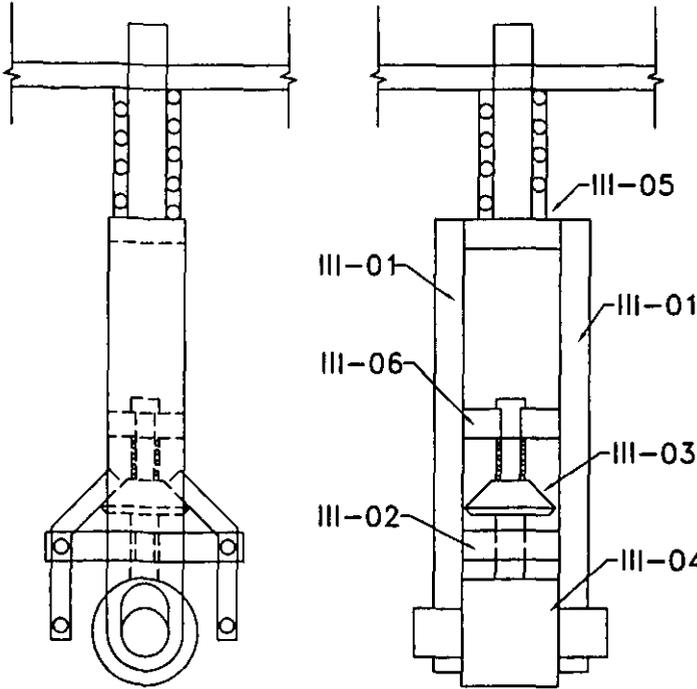
## III-17



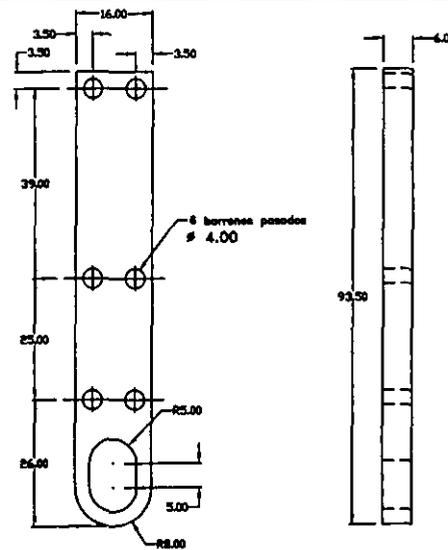
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5
Radios - Chaflanes					
± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 4

III-16	1	GUIA DEL SEGUIDOR	ACERO 4140
III-17	1	SEGUIDOR	ACERO 4140
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 <b>cdm</b> FI-UNAM	PROYECTO AGUJAS PARA SUTURA / CN		ESCALA 1/2
	TITULO CORREDERA, CONT.		ACOTACIONES mm
	DISEÑO AZS		DIBUJO AZS
FECHA FEBRERO, 1996		RESP. AZS	PLANO CN-DP-III-COR, B

ENSAMBLE

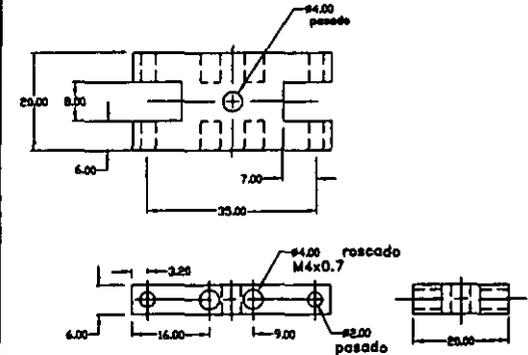


III-01

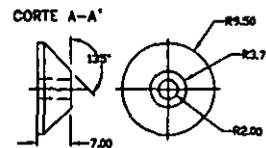


III-02

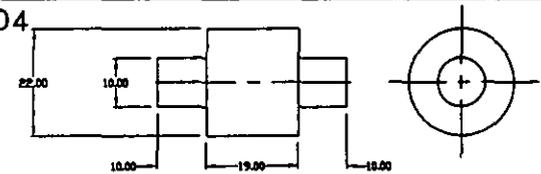
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5
Radios - Chafilans					
± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 4



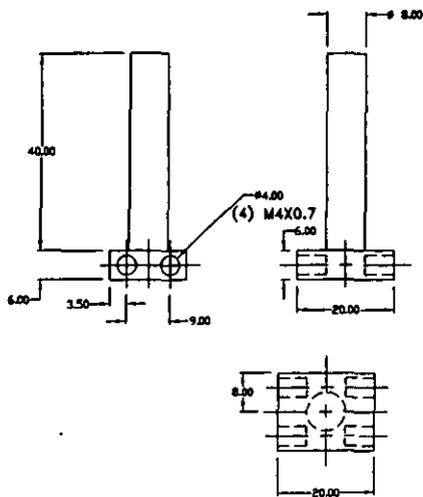
III-03



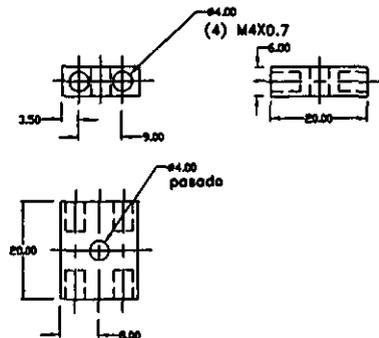
III-04



III-05



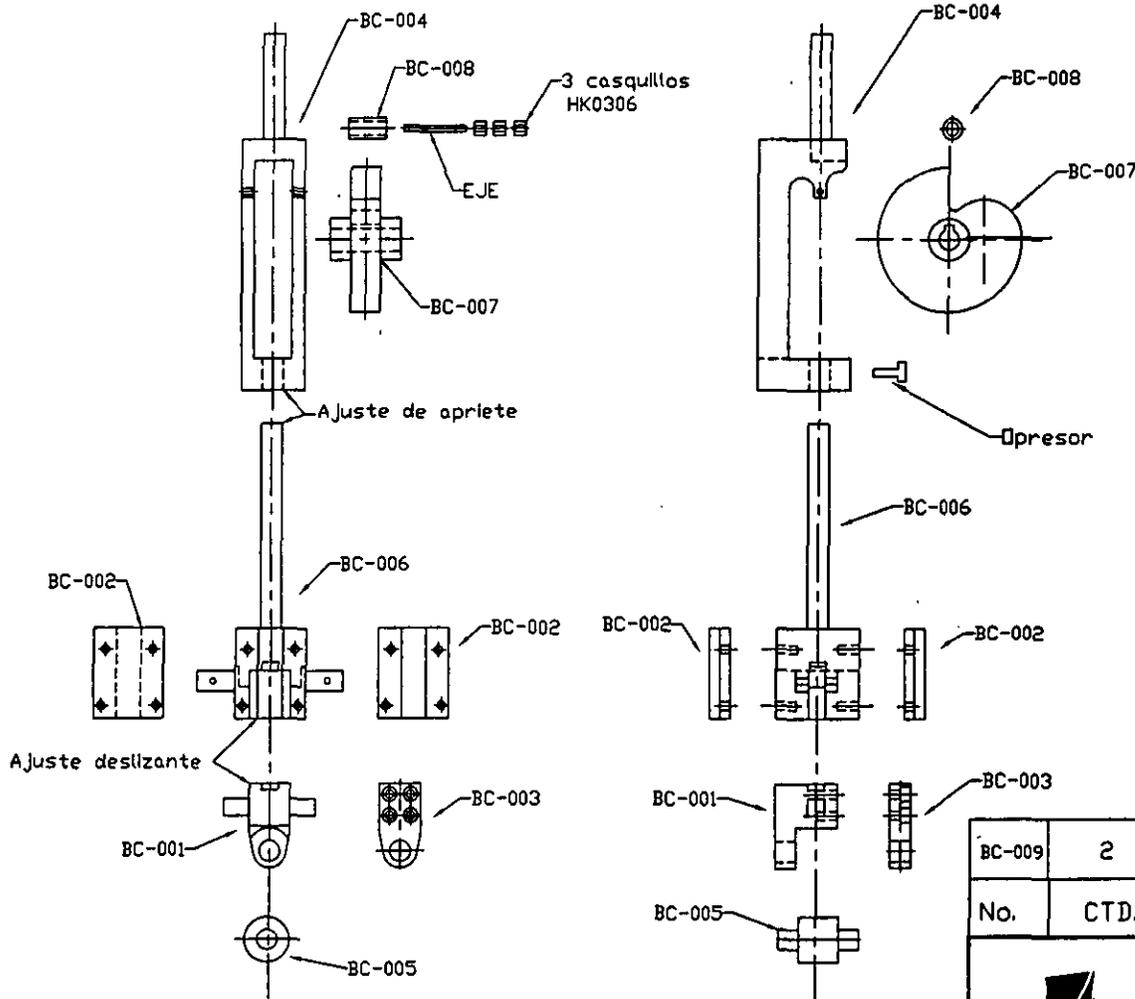
III-06



III-01	2	PLACAS LATERALES	ACERO 4140
III-02	1	SOPORTE PALANCA	ACERO 4140
III-03	1	CONO DE EXPANSION	ACERO 4140
III-04	1	DADO DE FORMADO	ACERO CA1215 TRAT.
III-05	1	GUIA SUPERIOR	ACERO 4140
III-06	1	PLACA SOPORTE SUPERIOR	ACERO 4140
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM		PROYECTO AGUJAS PARA SUTURA / CN	ESCALA 1:1
		TITULO	ACOTACIONES mm
		OPCION III	 CLAVE AGSU-9402
		DISEÑO AZS	DIBUJO AZS
		FECHA NOVIEMBRE, 1995	RESP. AZS
			PLAND CN-OP-III

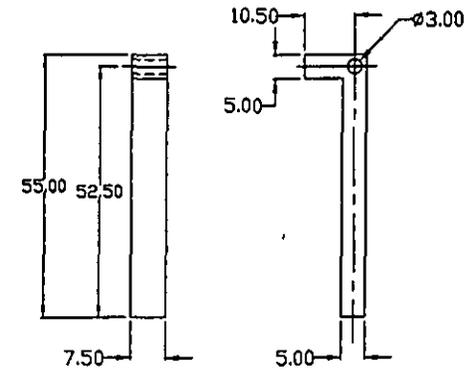
### **C3 Planos de detalle de las partes más relevantes del prototipo final**

# ENSAMBLE

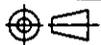


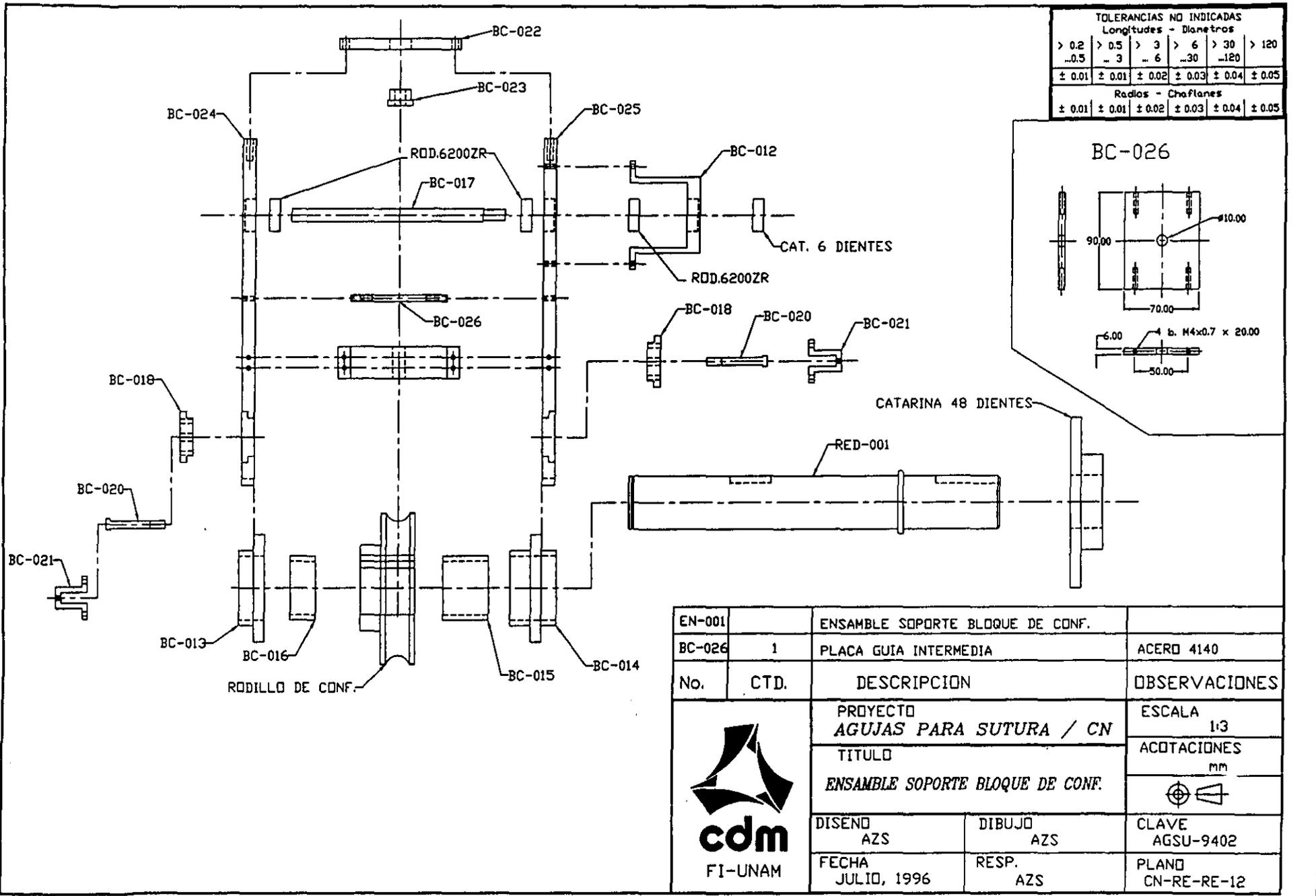
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.05	-.3	-.6	-.30	-.120	
± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5
Radios - Chafilones					
± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 4

BC-009

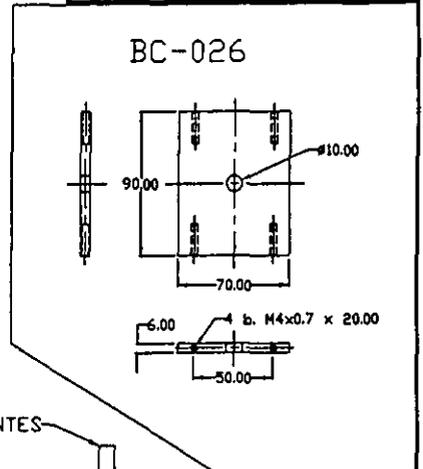


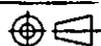
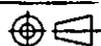
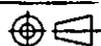
Escala: 2.5:1

BC-009	2	BRAZO DE DOBLADO DE PUNTAS	ACERD 4140
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO AGUJAS PARA SUTURA / CN		ESCALA 2.5:1
	TITULO BLOQUE DE CONFORMADO		ACOTACIONES mm
			
DISEÑO AZS	DIBUJO AZS	CLAVE AGSU-9402	
FECHA JUNIO, 1996	RESP. AZS	PLANO CN-RE-RE-05	

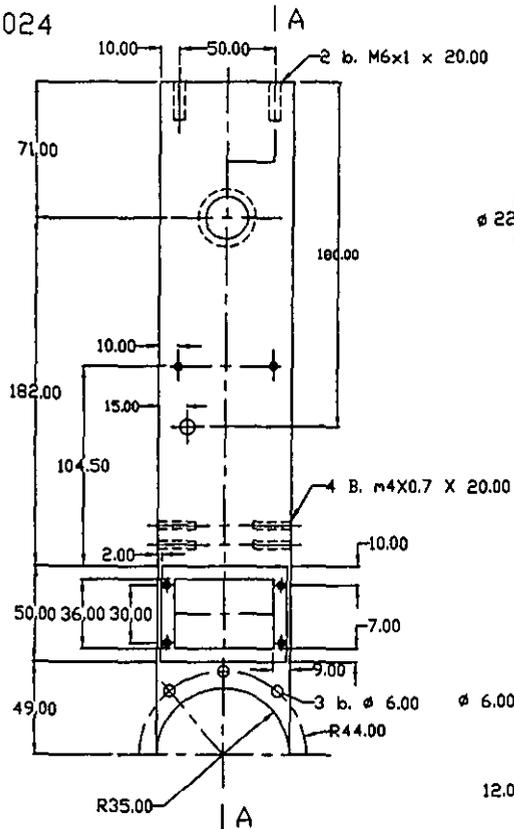


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

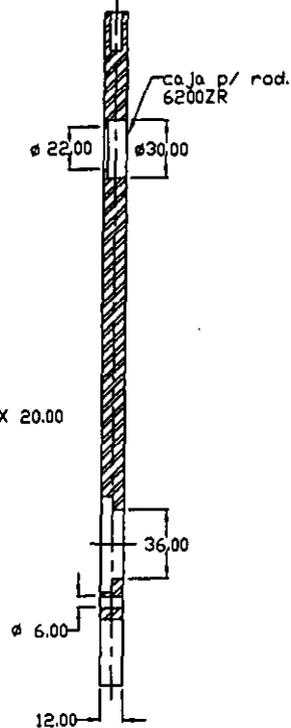


EN-001		ENSAMBLE SOPORTE BLOQUE DE CONF.							
BC-026	1	PLACA GUIA INTERMEDIA	ACERO 4140						
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES						
 FI-UNAM		PROYECTO AGUJAS PARA SUTURA / CN	ESCALA 1:3						
		TITULO ENSAMBLE SOPORTE BLOQUE DE CONF.	ACOTACIONES mm						
		<table border="1"> <tr> <td>DISENO AZS</td> <td>DIBUJO AZS</td> </tr> <tr> <td>FECHA JULIO, 1996</td> <td>RESP. AZS</td> </tr> </table>	DISENO AZS	DIBUJO AZS	FECHA JULIO, 1996	RESP. AZS	<table border="1"> <tr> <td>             CLAVE AGSU-9402         </td> </tr> <tr> <td>PLANO CN-RE-RE-12</td> </tr> </table>	 CLAVE AGSU-9402	PLANO CN-RE-RE-12
DISENO AZS	DIBUJO AZS								
FECHA JULIO, 1996	RESP. AZS								
 CLAVE AGSU-9402									
PLANO CN-RE-RE-12									

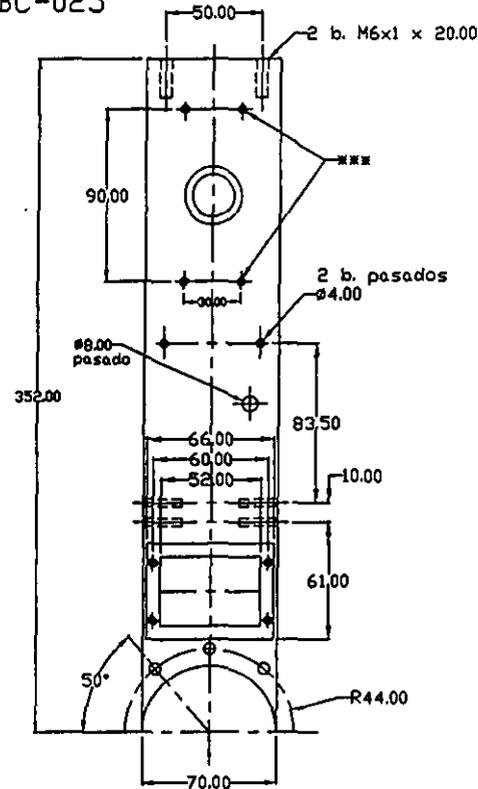
BC-024



CORTE AA



BC-025



TOLERANCIAS NO INDICADAS					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5
Radios - Chafilones					
± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 4

Nota: las dos pzas. tienen las mismas dimensiones. Solo una tiene cuatro barrenos pasados \*\*\*\* = M4x0.7  
La información de las pzas. es complementaria o se repite.

BC-024	1	PLACA LATERAL SIN BARRENDOS "****"	ACERO 4140	
BC-025	1	PLACA LATERAL CON BARRENDOS "****"	ACERO 4140	
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
 FI-UNAM	PROYECTO <b>AGUJAS PARA SUTURA / CN</b>		ESCALA 1:2	
	TITULO <b>PLACAS LATERALES</b>		ACOTACIONES mm	
	DISEÑO AZS		DIBUJO AZS	CLAVE AGSU-9402
	FECHA JULIO, 1996		RESP. AZS	PLANO CN-RE-RE-11