



*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA ESPIRALADORA PARA  
EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE CARCASAS  
PARA CAMAS DE RESORTES**

**César Augusto Charchalac Ordóñez**

**Asesorado por Ing. Jorge Alberto Soto Bran**

**Guatemala, julio de 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA ESPIRALADORA PARA  
EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE CARCASAS  
PARA CAMAS DE RESORTES

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CÉSAR AUGUSTO CHARCHALAC ORDOÑEZ**

ASESORADO POR ING. JORGE ALBERTO SOTO BRAN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Luis Valdeavellano Ardón
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martinez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA ESPIRALADORA PARA  
EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE CARCASAS  
PARA CAMAS DE RESORTES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2003.

**César Augusto Charchalac Ordóñez**



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## ACTO QUE DEDICO A

<b>Dios</b>	Ser que nos proporciona amor y bendiciones.
<b>Mi madre</b>	Victoria Beatriz Charchalac Ordóñez.
<b>Mi familia</b>	Jacqueline y José Francisco.
<b>Mis tíos</b>	Juan Manuel Charchalac y Gilma Castillo
<b>Mi hermana</b>	Susana Lissette

Gracias por el apoyo incondicional que me brindaron



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	IV
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	X
<b>RESUMEN</b>	XI
<b>OBJETIVOS</b>	XII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIV
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	
1.1    Reseña histórica de la industria de camas	1
1.2    Aspectos generales de la industria de camas	3
1.2.1    Base firme (somier)	4
1.2.2    Colchón	4
1.3    Descripción técnica de la materia prima	5
1.3.1    Base firme (somier)	5
1.3.1.1    Funda	6
1.3.1.2    Estructura	6
1.3.2    Colchón	7
1.3.2.1    Capa enguatada	7
1.3.2.2    Estructura	8
1.3.3    Resorte de soporte del colchón	10
1.3.4    Espiral de unión de los resortes	10
1.3.5    Espiral de unión del marco y la carcasa	11
1.3.6    Alambre del marco de la carcasa	12
1.4    Descripción de la fabricación y parámetros de calidad de una carcasa tamaño matrimonial	12

1.4.1	Composición de una carcasa tamaño matrimonial estándar	12
1.4.2	Proceso de fabricación de una carcasa	14
1.4.3	Descripción gráfica de la elaboración de la carcasa	16
1.5	Descripción del funcionamiento de una máquina espiraladora	18
1.5.1	Partes de la máquina espiraladora	19
<b>2.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL Y RECOPIACIÓN DE DATOS</b>	
2.1	Obtención de datos técnicos de Ingeniería	23
2.2	Obtención de datos de fabricación y costo (producción)	24
2.3	Elaboración del diagrama de operación	28
2.4	Elaboración del diagrama hombre-máquina	29
2.5	Elaboración del diagrama de flujo del proceso para una Carcasa	30
<b>3.</b>	<b>PROPUESTA DE MEJORA POR MEDIO DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ESPIRALADORA</b>	
3.1	Reconocimiento de la necesidad	31
3.2	Especificaciones y requisitos de la máquina	32
3.3	Estudio de posibilidades y costos de diseño de la máquina.	34
3.3.1	Materiales	34
3.4	Síntesis del diseño creativo de la espiraladora	37
3.5	Diseño preliminar y desarrollo	38
3.5.1	Mecanismo de transmisión del motor a los ejes de las poleas	40
3.5.2	Circuito eléctrico de la máquina	44

3.6	Diseño detallado de las piezas de la máquina	46
3.7	Construcción de la máquina	77
<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO</b>	
4.1	Puesta en marcha del método, instalación de la máquina	81
4.2	Obtención de nuevos datos de fabricación y costo de producción	82
4.3	Establecimiento de programas de mantenimiento y lubricación	86
<b>5.</b>	<b>SEGUIMIENTO, MEJORA CONTÍNUA</b>	
5.1	Inspección de los datos técnicos del espiral fabricado	92
5.1.1	Tolerancias permitidas en cada parámetro	93
5.2	Evaluación de parámetros de calidad del producto terminado (carcasa)	97
	<b>CONCLUSIONES</b>	100
	<b>RECOMENDACIONES</b>	102
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	104
	<b>APÉNDICE</b>	105
	<b>ANEXO</b>	107

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Funda	6
2	Estructura	7
3	Capa enguatada	8
4	Estructura del colchón	9
5	Características del alambre para el resorte	10
6	Características del resorte de soporte	10
7	Características del alambre que une los resortes	10
8	Especificaciones del espiral que une los resortes	11
9	Características del alambre que sujeta el marco a la carcasa	11
10	Especificaciones del espiral que sujeta el marco a la carcasa	11
11	Características del alambre que amarra la carcasa	12
12	Introducción de los resortes a la ensambladora	16
13	Vista en planta de una carcasa	17
14	Carcasa terminada	18
15	Características del espiral	18
16	Alambre calibre 17	19
17	Diagrama de operación actual	28
18	Diagrama hombre-máquina actual	29
19	Diagrama de flujo del proceso actual	30
20	Distribución de las piezas en la máquina espiraladora con todos sus componentes	37
21	Eje vacío	38

22	Estructura de la devanadera	38
23	Bandeja de metal	38
24	Mecanismo de alimentación y formador de espiral	39
25	Elevación frontal de la cabeza de la máquina	40
26	Ejes, poleas y motorreductor	41
27	Elevación posterior	42
28	Mecanismo de presión de la polea móvil y soportes de la misma	42
29	Pedal de la espiraladora	43
30	Diagrama de mando	44
31	Diagrama de fuerza	44
32	Gabinete	45
33	Mesa donde se coloca la carcasa a trabajar	45
34	Diseño detallado del eje vacío	46
35	Diseño detallado de la estructura de la devanadera	47
36	Bandeja de metal	48
37	Diseño detallado de la guía de salida del espiral	49
38	Diseño detallado del casquillo de graduación	50
39	Diseño detallado de la camisa	51
40	Diseño detallado del formador de espiral	52
41	Diseño detallado de la base porta piezas	53
42	Diseño detallado de la guía de alambre hacia el formador	54
43	Diseño detallado de las poleas con doble alimentación	55
44	Diseño detallado de la base de conducto de alimentación	56
45	Diseño detallado de la elevación frontal	57
46	Diseño detallado de las vistas laterales y base de la cabeza	58
47	Diseño detallado de la planta	59
48	Diseño detallado de los ejes y las poleas	60
49	Diseño general del motorreductor	61
50	Diseño detallado de la elevación posterior	62

51	Diseño detallado de los mecanismos de presión de la polea móvil y soportes de la misma	63
52	Diseño detallado del mecanismo de pedal de avance y retorno del alambre	64
53	Diagrama detallado de mando eléctrico	65
54	Diagrama detallado del circuito de fuerza eléctrica	66
55	Diseño detallado de gabinete	67
56	Diseño detallado de la mesa de operación	68
57	Diagrama del proceso hombre-máquina propuesto	69
58	Diagrama del proceso para el operario método propuesto	70
59	Cálculos de las poleas	73
60	Diagrama de esfuerzos	74
61	Cabeza principal	77
62	Elevación frontal	77
63	Distribución de los componentes del circuito eléctrico	78
64	Mecanismo de transmisión y parte posterior	78
65	Ejes de transmisión	79
66	Devanadera de alambre	79
67	Instalación del equipo y pruebas operativas	81
68	Diagrama de operación propuesto	83
69	Diagrama hombre-máquina propuesto	84
70	Diagrama de flujo del proceso de una carcasa propuesto	85
71	Hoja de mantenimiento preventivo	86
72	Guía de los puntos de lubricación	87
73	Diámetro del alambre	93
74	Diámetro interior del espiral	94
75	Diámetro exterior del espiral	95
76	Paso del espiral	96
77	Carcasa	97

78	Comparación de ejes de transmisión	105
79	Comparación de mecanismos de transmisión	105
80	Máquina espiraladora	106
81	Máquina espiraladora fabricada en Suiza	107

## TABLAS

I	Cantidad de resortes	12
II	Cantidad de espirales	12
III	Dimensión de la varilla	13
IV	Cantidad de espiral en el marco	13
V	Características de la carcasa	13
VI	Datos técnicos de Ingeniería	23
VII	Datos de fabricación y costos de producción de una carcasa matrimonial actual	24
VIII	Cálculo de una jornada actual	25
IX	Costo de almacenaje y matriz actual	27
X	Especificaciones de la máquina	33
XI	Requisitos operativos	33
XII	Materiales eléctricos	34
XIII	Materiales para herrería y acabados	35
XIV	Piezas de la máquina	35
XV	Descripción de la mano de obra	36
XVI	Costos de servicios externos	36
XVII	Datos de fabricación y costos de producción de una carcasa matrimonial	82

XVIII	Verificación de la economía y rentabilidad de la máquina determinando los nuevos costos de fabricación	89
XIX	Cálculo de jornadas propuestas	90
XX	Diámetro del alambre	93
XXI	Diámetro interior del espiral	94
XXII	Diámetro exterior del espiral	95
XXIII	Paso del espiral	96
XXIV	Características de calidad del resorte de soporte tipo Bonell	97
XXV	Características de calidad del espiral de la ensambladora	97
XXVI	Características de calidad del espiral de la espiraladora	98
XXVII	Características de calidad del alambre del marco	98
XXVIII	Características de la carcasa (producto terminado)	98
XXIX	Mediciones mecánicas	99
XXX	Mediciones eléctricas	99
XXXI	Cuadro de resultados	99

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
P	Paso del espiral
D	Diámetro mayor
d	Diámetro menor
F	Fusible
So	Pulsador <i>stop</i>
S1 y S2	Pulsador de arranque
L1	Línea viva 1
L2	Línea viva 2
K	Contactos/Contactor
3 	Motor de tres fases

## GLOSARIO

<b>Carcasa</b>	Estructura formada por resortes helicoidales de acero distribuidos simétricamente sujetos por espirales insertos en cada fila y en los extremos por una varilla de acero de mayor calibre.
<b>Colchón</b>	Estructura formada por resortes helicoidales y marco de acero que van cubiertos por materiales adaptados para el descanso del cuerpo.
<b>Ensambladora</b>	Máquina semiautomática que fabrica espiral helicoidal para unir resortes.
<b>Espiraladora</b>	Máquina semiautomática que fabrica espiral helicoidal para sujetar carcacas.
<b>Resortera</b>	Máquina automática que fabrica resortes helicoidales templados
<b>Somier</b>	Estructura rígida formada por reglas de madera distribuidas en forma simétrica que soportan el peso del colchón y del cuerpo.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación, analiza la evolución de la industria de camas nacional, se analizan los aspectos generales y específicos de la materia prima y la construcción de una cama estándar en tamaño matrimonial, así como la descripción del funcionamiento de las máquinas que se utilizan para el ensamble.

En el desarrollo se hace una recopilación de información de la productividad, con la que se obtienen los datos técnicos necesarios para poder hacer una propuesta que incremente la misma.

La propuesta de mejora parte del reconocimiento de la necesidad, determinando los recursos y materiales que se utilizan para la fabricación de la máquina espiraladora, la cual por el diseño mejorado y los mecanismo sencillos para su construcción hace que el desarrollo de la máquina sea de bajo costo de operación y el mantenimiento de la máquina sea sumamente sencillo. La puesta en marcha del proyecto, radica en determinar los nuevos costos de producción con la máquina operando y hacer los diagramas de la nueva estación de trabajo, lo cual permite determinar la diferencia en relación con el método actual. Para finalizar el método propuesto se evalúa la calidad del producto terminado y el desempeño mecánico-eléctrico de los mecanismos.

## OBJETIVOS

### General

Aumentar la productividad en una línea de producción de carcasas para camas de resortes, por medio del diseño, fabricación y montaje de una maquina espiraladora.

### Específicos

1. Disminuir los costos de mano de obra indirecta y gastos de fabricación en la manufactura de carcasas para camas de resortes.
2. Mostrar el uso de piezas sencillas, las cuáles sustituyen el trabajo de piezas más complejas y de alto costo de fabricación a menor escala.
3. Brindar a los fabricantes de camas una opción económica y de fácil acceso para aumentar la productividad en una línea de fabricación de carcasas.
4. Servir de referencia para el diseño y fabricación de maquinaria nacional.
5. Facilitar la comprensión y aplicación de conceptos y cálculos de diseño de maquinaria.



*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

6. Comparar la productividad obtenida con el método actual y el método propuesto.
  
7. Evaluar la efectividad de la máquina.

## INTRODUCCIÓN

El aumento en la productividad de una línea de producción es una de las formas en que una empresa puede mantenerse al día ofreciendo productos de calidad a precios competitivos.

El presente trabajo demostrará cómo el diseño, fabricación y montaje de una máquina espiraladora en una línea de carcasa para camas de resortes, permitirá aumentar la productividad de dicha línea. Para esto se comparará el método de trabajo actual con el método que utiliza la máquina diseñada y se comprobará como la eliminación del turno nocturno disminuyó los costos de mano de obra indirecta y los gastos de fabricación, logrando así un aumento significativo en la productividad de la línea y de la empresa en general.

Se presentará la evolución de la industria de camas desde su inicio hasta el presente. También se hará una descripción general de una cama y los detalles específicos de la fabricación de una carcasa, la cual es el aspecto fundamental en donde se utilizará la máquina diseñada. Se describirá cómo se logra el incremento de la productividad mejorando el proceso actual de fabricación, mediante el diseño y fabricación de la máquina espiraladora. Se hará una medición del trabajo, por medio de un estudio de tiempos, para obtener gastos de fabricación, diagramas de operaciones, diagrama hombre-máquina y proceso de producción de una carcasa, los cuales servirán para la realización de un análisis comparativo del proceso actual y el propuesto.



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Se utilizarán los fundamentos teóricos y la experiencia, enfocados al diseño de la máquina, teniendo especial cuidado en respetar las leyes de seguridad y estándares industriales. Se contemplarán los cálculos, diseño y fabricación de la máquina. Se efectuará el montaje de la máquina, haciendo pruebas de producción. Se diseñará el programa de mantenimiento preventivo y programa de lubricación. Por último, se hace una nueva medición del trabajo, para determinar los indicadores del proceso propuesto, con lo cual se hará una comparación entre el desempeño y costos del proceso actual y del propuesto. También se hará una revisión del desempeño mecánico por medio de equipo de medición, la cual generará información sobre: Par de torsión, r.p.m., deformación de los resortes bajo cargas estáticas, par eléctrico, consumo de amperaje, relación de velocidades, etc.

Este trabajo será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional que está interesado en incrementar la productividad de una línea de producción, ya que demuestra cómo la utilización de piezas sencillas para la construcción de una máquina industrial mejora el proceso. Asimismo, se obtuvo una mejoría en el clima organizacional ya que los trabajadores manifestaron satisfacción al prescindir del turno nocturno.



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

### 1.1 Reseña histórica de la industria de camas

En Guatemala la industria de camas empezó a desarrollarse en 1940. En esta década prevaleció la fabricación de camas de tipo artesanal y se utilizaban las siguientes materias primas

- Residuos de trigo (paja)
- Manta
- Hilo plástico
- Agujas de mano (capotera)
- Tiza, tijeras y metro

En un inicio se utilizaba el residuo de trigo por ser de bajo costo y se consideraba cómodo para el descanso. El procedimiento de fabricación era completamente manual y consistía en los siguientes pasos

- a. Recolectar los restos de trigo, seleccionar el material, limpiarlo y dejarlo secar.
- b. Hacer la cubierta del colchón en forma de bolsa y llenarla completamente con restos de trigo seco y limpio. El material utilizado para la cubierta del colchón era de tejido ordinario (manta), el cual se utilizaba por su resistencia y facilidad para trabajar. El colchón se hacía en tamaño imperial y matrimonial.
- c. Cerrar la bolsa, éste procedimiento se hacía completamente manual.

La cama era formada por un colchón y una estructura rígida de madera o metal.

Diez años después, los productores empezaron a fabricar camas de desperdicio de algodón. El algodón sustituyó al desperdicio de trigo por considerarse más suave y cómodo para el descanso; adicionalmente, las camas se empezaron a producir a un ritmo más acelerado, se utilizaba como apoyo una máquina industrial de pedal. La materia prima y el equipo que se utilizaban eran los siguientes:

- Residuo de algodón
- Lona
- Hilo poliéster
- Máquina industrial mecánica
- Tiza, tijeras y metro

Esta cama, desplazó levemente a la tradicional cama de paja. Los colchones de algodón eran más confortables, las materias primas de mejor calidad y el costo más accesible para el consumidor.

El procedimiento de fabricación era el siguiente

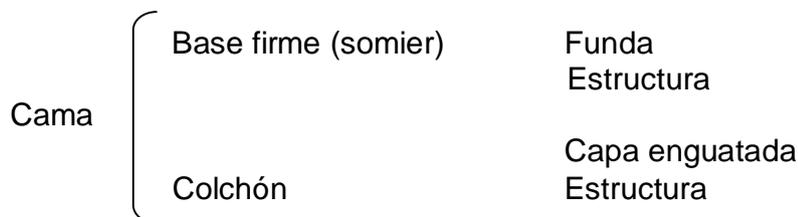
- a. Recolectar el algodón.
- b. Hacer la bolsa de lona a máquina (procedimiento similar a la producción de camas de paja).
- c. Cuando el algodón estaba seco y libre de desperdicio, se procedía a llenar la bolsa de lona y cerrar el colchón manualmente.
- d. La cama consistía en una base de madera desarmable y un colchón.

En 1960 empieza una nueva era para esta industria. Se introduce al mercado la esponja de poliuretano, la cual se empezó a utilizar para la fabricación de, muebles, sillas, cojines, etc. Cinco años más tarde, se empezó a fabricar esponja, ofreciendo variedad de tamaños y densidad.

En esta época se introduce el somier (base de madera que sustituye a la tradicional cama de madera), ofreciendo un sistema de descanso de mejor tecnología, comodidad y duración, sustituyendo los tradicionales de paja y de desperdicios de algodón. Este tipo de camas, tuvo gran éxito en el mercado. En 1970 se empezaron a desarrollar estudios para diseños de camas más cómodas. En 1980 inicia la cama ortopédica que es distribuida para evitar problemas de dolor en la espalda y un mejor descanso del cuerpo sin distorsión del mismo sobre la cama. En 1990 ya se distribuye una gran variedad de camas de tecnología avanzada, brindándole al consumidor mayores opciones para escoger una cama que se acomode a sus necesidades. El mercado se orienta a la fabricación de camas bajo normas de la Organización Mundial de la Salud, teniendo como política un descanso más confortable, protegiendo el cuerpo durante el descanso.

## 1.2 Aspectos generales de una cama

La cama está compuesta por los siguientes elementos



### **1.2.1 Base firme (somier)**

El somier está formado por funda y estructura.

#### **Funda**

La funda está formada por

- Fibra con insertos antideslizantes
- Borde enguatado con esponja

#### **Estructura**

La estructura está formada por lo siguiente

- Esponja densidad 15
- Base de madera
- Filtro antipolvo
- Patas de polietileno

### **1.2.2 Colchón**

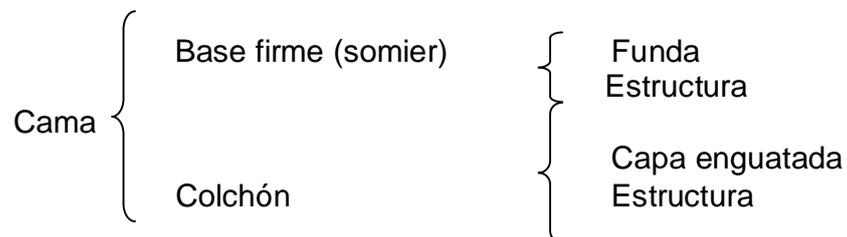
#### **Capa enguatada**

- Tela Jackard
- Plancha de esponja
- Plancha de esponja # 2
- Refuerzo de entretela

## Estructura

- a. Plancha de esponja corrugada de alta densidad
- b. Sistema de soporte, el cual es una esponja de súper alta densidad
- c. Sección de mantillón engomado
- d. La base del colchón está formada por una estructura de resortes llamada carcasa.

### 1.3 Descripción técnica de la materia prima



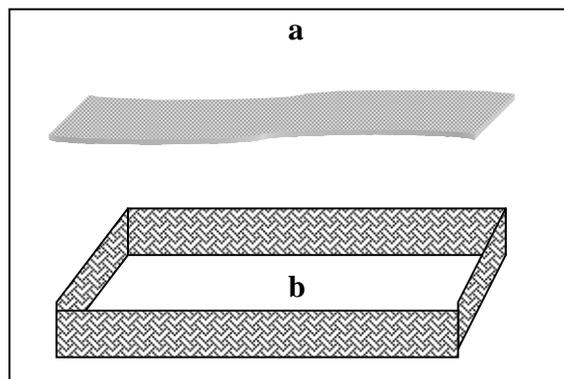
#### 1.3.1 Base firme (somier)

Esta es una pieza estructural hecha con madera de pino cuidadosamente tratada, sus puntos de apoyo están diseñados para la distribución uniforme del peso. Está formada por funda y estructura.

### 1.3.1.1 Funda

- a. La funda del Somier está formada por fibra con insertos antideslizantes que reducen los movimientos laterales del colchón, manteniéndolo siempre en la misma posición.
- b. El borde es enguatado con esponja lisa de  $\frac{1}{2}$ + cubriendo el contorno de la base.

Figura 1. Funda

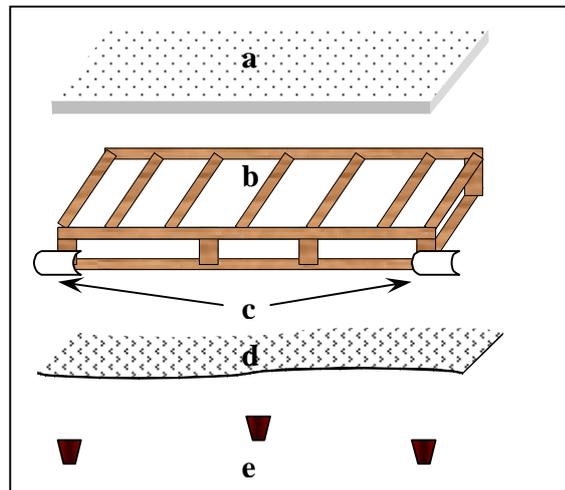


### 1.3.1.2 Estructura

- a. Esponja de  $\frac{3}{4}$ +, densidad 15, engrapada a la base sólida, funciona de base para la tela antideslizante.
- b. La base sólida es hecha de madera cuidadosamente tratada, secada al horno. Este procedimiento controla la humedad de la madera, al mismo tiempo evita el moho y hongos que se transmiten y pueden deteriorar la estructura. En el centro de la base, donde recibe el mayor peso del cuerpo (zona de postura), lleva de soporte una viga de madera, la cuál evita que la base se deforme.

- c. Refuerzos de esponja en las esquinas, para mayor durabilidad de la cama.
- d. Fibra protectora contra polvo, protege la estructura interna del somier y permite que haya circulación de aire, ventilando las partes internas.
- e. Patas de polietileno cónicas para mejor soporte reforzadas con tornillo autoroscable.

Figura 2. Estructura



### 1.3.2 Colchón

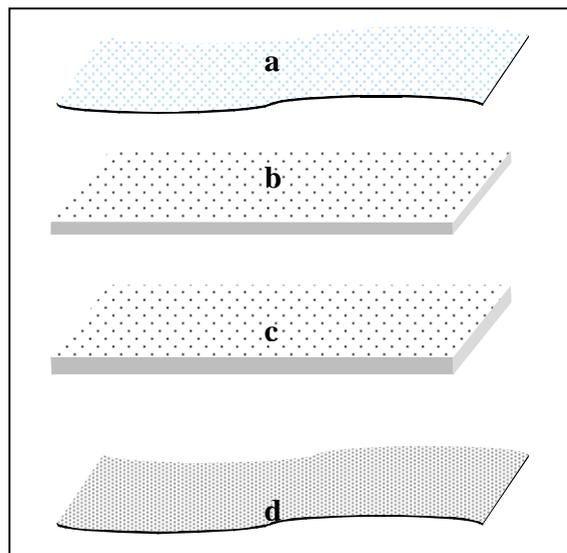
Esta pieza está formada por una capa enguatada y una estructura.

#### 1.3.2.1 Capa enguatada

- a. Tela Jackard, hecha con mezclas de fibras y diseños, agradables al tacto y a la vista.

- b. Plancha de esponja lisa de densidad 17, de 1/2+
- c. Plancha de esponja lisa de densidad 17, de 5/8+
- d. Refuerzo de entretela, para mantener firme el enguatado.

Figura 3. Capa enguatada

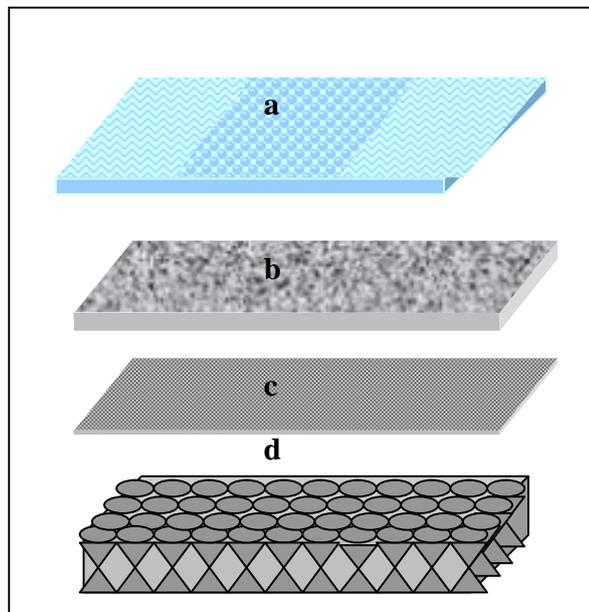


### 1.3.2.2 Estructura

- a. Plancha de esponja corrugada de alta densidad, con zonas de alto relieve que permiten que el colchón respire, creando bolsas de aire entre la estructura y permitiendo que se mantenga fresco.
- b. Sistema de soporte, el cuál es una esponja compactada de súper alta densidad, que da mayor firmeza y protección al cuerpo.
- c. Sección de mantillón engomado, el cuál tiene una función de aislante, proporciona mayor resistencia y mayor durabilidad al colchón.
- d. La base del colchón está formada por una estructura de resortes llamada carcasa.

Los resortes están unidos simétricamente por alambres en forma de espiral con alto porcentaje de carbono, con temple electrónico para prolongar su vida útil. El marco mantiene firme la carcasa que también va unido a la misma por alambres en forma de espiral. La cantidad de resortes, lo define el tipo de resorte y el tamaño del colchón.

Figura 4. Estructura del colchón



### 1.3.3 Resorte de soporte del colchón

Figura 5. Características del alambre para el resorte

Calibre: 13.5

Diámetro: 2.1844 mm.

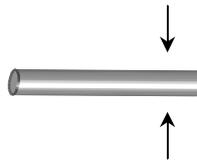
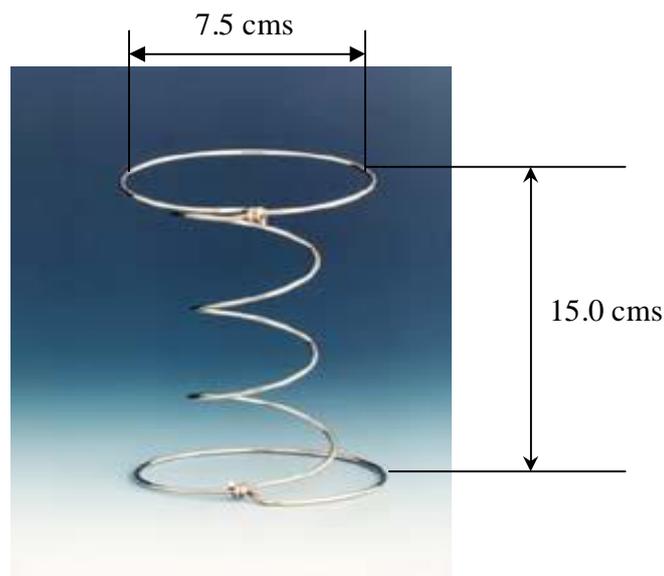


Figura 6. Características del resorte de soporte



### 1.3.4 Espiral de unión de los resortes

Figura 7. Características del alambre que une los resortes

Calibre 17

Diámetro: 1.3716 mm.

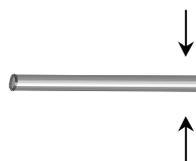
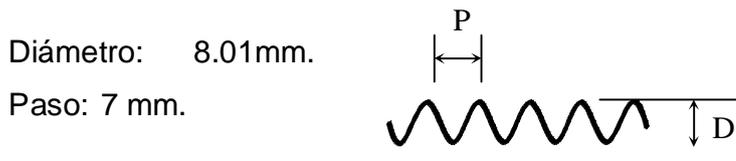


Figura 8. Especificaciones del espiral que une los resortes



### 1.3.5 Espiral de unión del marco y la carcasa

Figura 9. Características del alambre que sujeta el marco a la carcasa

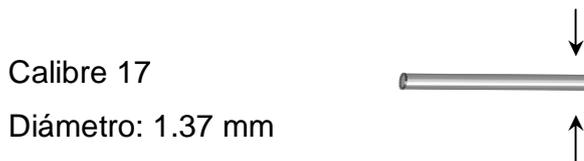
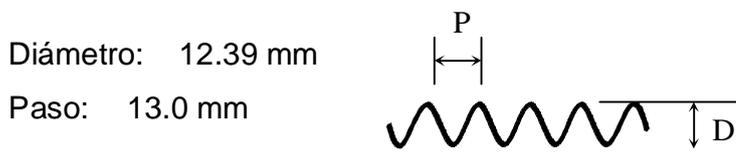
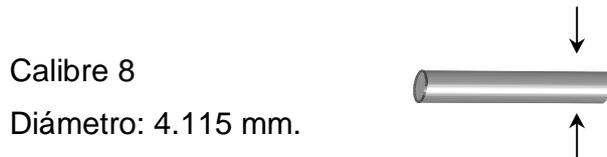


Figura 10. Especificaciones del espiral que sujeta el marco a la carcasa



### 1.3.6 Alambre del marco de la carcasa

Figura 11. Características del alambre que amarra la carcasa



## 1.4 Descripción de la fabricación y parámetros de calidad de una carcasa tamaño matrimonial

### 1.4.1 Composición de una carcasa tamaño matrimonial estándar

- a. 336 resortes de soporte de alambre de alto contenido de carbono de calibre 13.5.

Tabla I. Cantidad de resortes

FILAS	COLUMNAS	TOTAL
24	14	336

- b. Espirales de alambre calibre 17 que atraviesan la carcasa para mantener firme el resorte

Tabla II. Cantidad de espirales

LONGITUD	CANTIDAD	LADO	TOTAL DE ESPIRALES
1333.5 mm	25	2	50

- c. Marco de alambre calibre 8, éste fija los extremos para evitar deformación de la carcasa

Tabla III. Dimensión de la varilla

LONGITUD	VARILLA DOBLADA		TRASLAPE
	LONGITUD	ANCHO	
6807.2 mm	1879.6mm +/- 12.7 mm	1371.6 mm +/- 12.7 mm	127 mm c/lado

- d. Espiral de alambre calibre 17 que une el marco de la carcasa con los resortes de soporte.

Tabla IV. Cantidad de espiral en el marco

LONGITUD	CANTIDAD	ANCHO	CANTIDAD
1828.8 mm	4	1333.5 mm	4

- e. Características específicas de la carcasa matrimonial.

Tabla V. Características de la carcasa

LONGITUD DE LA CARCASA	1900 mm
ANCHO DE LA CARCASA	1400 mm
ALTURA DE LA CARCASA	155 mm
PESO DE LA CARCASA	28 lb
PESO MÁXIMO A SOPORTAR	390 lb
FILAS DE RESORTES	24
COLUMNAS DE RESORTES	14

#### 1.4.2 Proceso de fabricación de una carcasa

El alambre para fabricar los resortes es depositado por el montacargas en la base circular de la devanadora, la cual alimenta automáticamente a la resortera.

El alambre es introducido en las guías hacia unas poleas de alimentación, las cuáles lo llevan por medio de tracción mecánica hacia el formador de resortes.

Luego de pasar por el formador de resorte, es depositado en un brazo mecánico. Dicho brazo lleva el resorte formado por un trayecto circular, pasándolo por dos cabezas denominadas anudadoras. En las cabezas anudadoras se hacen los nudos tanto en la parte superior, como en la parte inferior; posteriormente, el resorte es llevado hacia la unidad de tratamiento térmico (unidad de temple), en donde el resorte recibe una descarga eléctrica que lo calienta a una temperatura de 320°C para eliminar la concentración de tensiones, dejando el resorte con trabajo mecánico elástico, dándole mayor vida a la carcasa. Después, el resorte es llevado hacia una bandeja donde se depositan los resortes calientes, los cuales se van enfriando a temperatura ambiente.

Posteriormente los resortes son recogidos de la bandeja de enfriamiento de la resortera por el operador, para ser llevados y depositados en la bandeja de almacenamiento de la ensambladora de resortes.

En la ensambladora de resortes el operador coloca los resortes manualmente en alojamientos que tiene la máquina en donde casan perfectamente. Cada fila tiene un total de 14 resortes. Al estar completa la primera fila, se acciona el avance de los mismos por medio del mecanismo neumático de transporte de fila accionado por un pedal. La ensambladora se introduce en la posición de la segunda fila en espera de una fila nueva. Después de haber colocado la segunda fila, se accionan los motores de la máquina en la parte superior y en la inferior, de tal forma que se alimenta un alambre de calibre 17, pasándolo por una guía hacia una trenzadora helicoidal, saliendo el espiral que va a amarrar los resortes en la parte superior y la inferior. Al final el resorte tiene un tope, donde acciona el corte del espiral y se forma un ojillo asegurando el espiral en ambos lados. Este procedimiento se efectúa hasta un total de 24 filas de resortes, haciendo una carcasa de tamaño matrimonial.

Después de 24 filas la ensambladora automáticamente corta la carcasa a la medida para posteriormente iniciar nuevamente el ciclo de otra carcasa de igual tamaño.

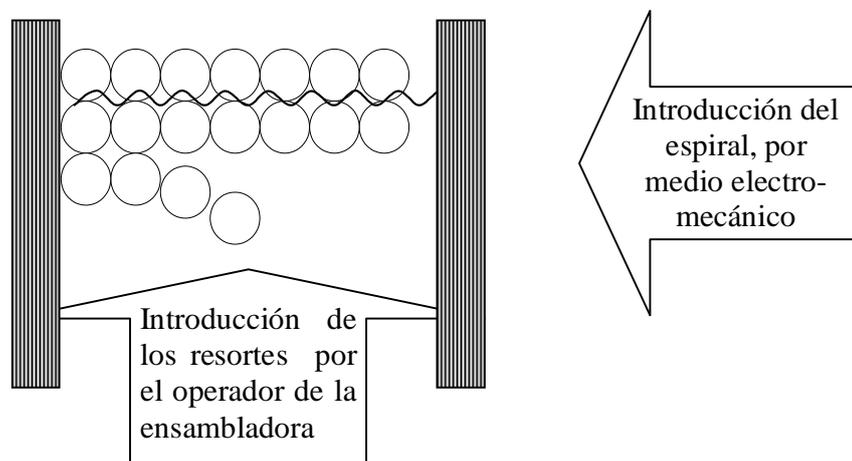
Luego de cortar la carcasa, es tomada de la mesa de la ensambladora por el operador de la espiraladora para colocarle el marco y el espiral final. En esta etapa se utiliza un marco de alambre de calibre 8. El marco es previamente enderezado y doblado en máquinas que llevan el mismo nombre de la operación. Se coloca la carcasa en la mesa de la máquina espiraladora, en donde se coloca el marco de acero en la parte inferior y se acciona el pedal de avance de la espiraladora alimentando alambre calibre 17 hacia una trenzadora helicoidal, ésta saca el espiral a la medida para poder amarrar el perímetro de la carcasa con todos los resortes que quedaron en dicha posición con el marco.

Este procedimiento se hace en todos los lados de la carcasa, en la parte superior y en la inferior para darle mayor firmeza y evitar su deformación prematura. Para amarrar el espiral y evitar que se salga con facilidad de su posición es amarrada con el ojillo que le hace el operador manualmente al final de cada lado. Luego de colocar el marco y los espirales la carcasa está terminada, colocándola en un transportador para ser llevada al área de bodega de carcasas.

### 1.4.3 Descripción gráfica de la elaboración de la carcasa

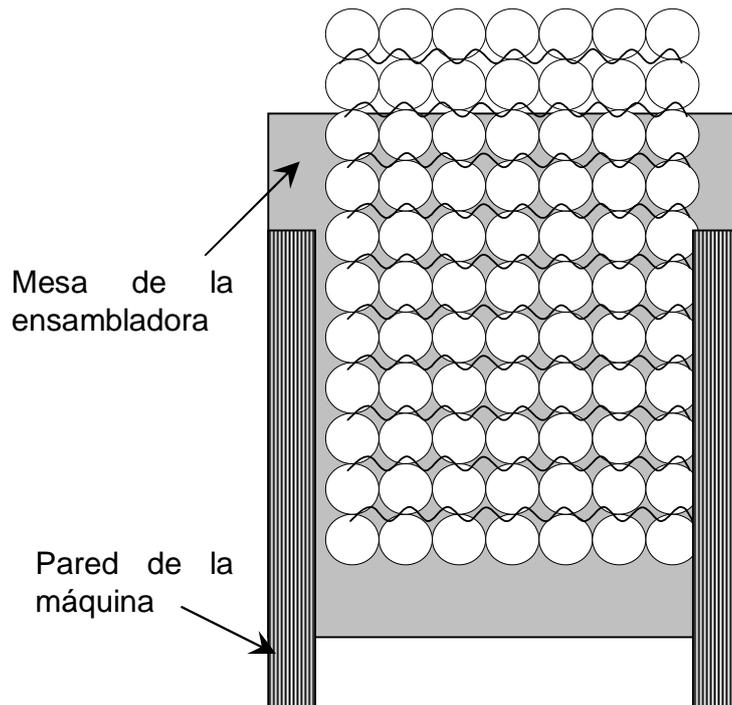
- a. Introducción manual de una fila de resortes en posición vertical e introducción del espiral en forma horizontal. (vista en planta).

Figura 12. Introducción de los resortes a la ensambladora



- b. Después de repetir la operación hasta que el número correcto de filas y columnas esté completo, la ensambladora corta la carcasa, dejándola de la siguiente manera

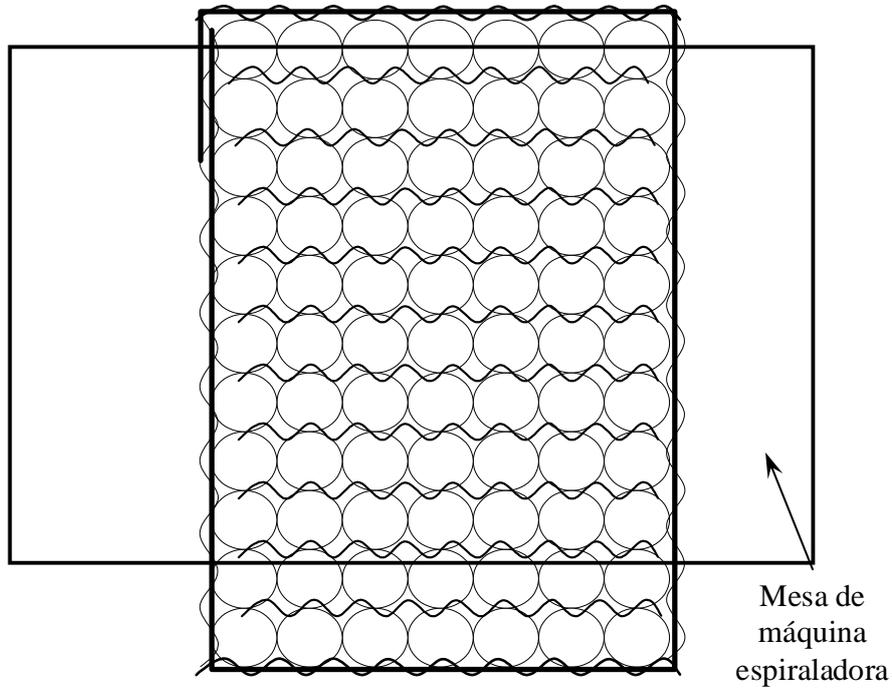
Figura 13. Vista en planta de una carcasa



Luego empieza el operador nuevamente el ciclo introduciendo un número de filas hasta ir formando la carcasa a la medida correcta.

- c. Posteriormente, el operador de la máquina espiraladora lleva hacia su estación la carcasa, para colocar el marco en el perímetro de la carcasa y espiralar. La carcasa queda terminada de la siguiente forma

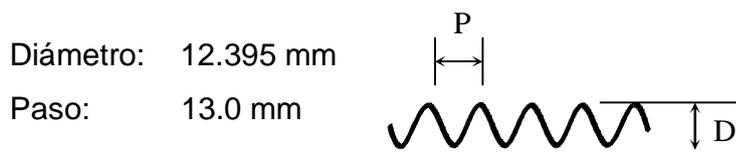
Figura 14. Carcasa terminada



### 1.5 Descripción del funcionamiento de una máquina espiraladora

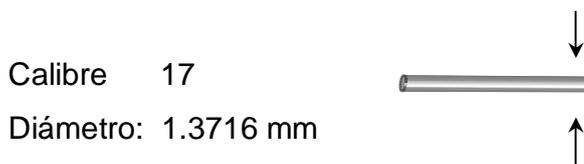
Una espiraladora es una máquina que produce espiral con las siguientes características

Figura 15. Características del espiral



El alambre que se utiliza como materia prima es de alto contenido de carbono con un diámetro de:  $0.054+(1.3716 \text{ mm})$  y de calibre 17.

Figura 16. Alambre calibre 17



La función principal de este espiral es sujetar o amarrar la carcasa completa con un marco de alambre de mayor calibre y rigidez, de modo que la carcasa no se deforme prematuramente. Como este espiral no puede circular de forma continua en el perímetro de la carcasa, se acoplan los resortes y el marco de cada lado. Para evitar que el espiral se corra o se desplace del marco de la carcasa con el uso, se hace un ojo en cada extremo. Las partes que componen la espiraladora son las siguientes

### 1.5.1 Partes de la máquina espiraladora

- a. Bandeja
- b. Devanadera
- c. Mecanismo de tracción
- d. Mecanismo de formador de espiral
- e. Mecanismo de transmisión
- f. Circuito mecánico / eléctrico de avance y retorno
- g. Pedal de avance
- h. Mesa

- a. La bandeja se utiliza para depositar la devanadera dentro de ella y para aplicar lubricante al alambre. El lubricante que escurre del alambre se deposita en la bandeja para que pueda ser reutilizado en las próximas bobinas de alambre.
- b. La devanadera es una pieza vertical con un diámetro interno de 28 cms y altura de 80 cms, dentro de este diámetro se coloca la bobina de alambre y tiene un mecanismo de palanca con chumaceras de flange para que pueda desenrollar el alambre de forma eficiente sin que éste se enrede. Para evitar desgaste en las partes donde se desliza el alambre se prelubrica y se utilizan guías de tungsteno.
- c. El mecanismo de tracción está compuesto por dos poleas de alimentación, las cuales introducen el alambre en una guía para evitar que el alambre patine en ellas. Sobre las poleas está un mecanismo de presión con resorte, dando la fuerza necesaria para que la alimentación se ejecute sin problemas de deslizamiento y calentamiento.
- d. El mecanismo formador de espiral es la parte donde se hace el espiral, después de haberlo introducido mecánicamente. Este mecanismo le gradúa el diámetro y el paso se puede ajustar por medio de un pin y un casquillo giratorio.
- e. El mecanismo de transmisión está compuesto por un motorreductor de 2 Hp, un juego de sprockets, cadena y un juego de chumaceras de pared como bases de apoyo de los ejes.



*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- f. El circuito eléctrico está compuesto por limitadores de carrera que se accionan por una extensión que tiene el pedal, el cuál le cambia de giro al motor, dependiendo el requerimiento que se tenga le da avance al espiral o retorno al mismo.
- g. El pedal de avance se utiliza para alimentar de alambre o retornar el alambre de la máquina. Éste se utiliza por si el espiral no va por el curso preestablecido o si es necesario corregir algún resorte en la carcasa, el mecanismo puede retroceder el espiral hasta corregir el problema.
- h. La mesa se utiliza para depositar la carcasa en proceso, la misma es de metal para evitar quebradura de piezas y poder manipular de mejor forma la carcasa, ya que es necesario girar la misma como cambiarle de posición para colocarle el marco.



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL Y RECOPIACIÓN DE DATOS

### 2.1 Obtención de datos técnicos de Ingeniería

El proceso actual consta de los siguientes equipos:

- Dos máquinas de resortes, con la misma capacidad de producción
- Dos máquinas ensambladoras
- Una máquina espiraladora

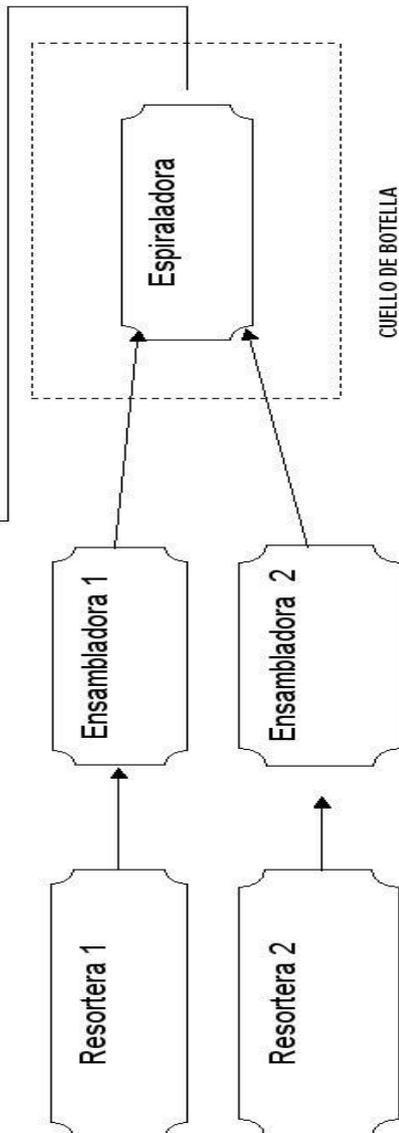
Tabla VI. Datos técnicos de Ingeniería

MÁQUINA	HORAS DE TRABAJO DIURNA	HORAS SEMANALES	JORNADA	PRODUCCIÓN POR HORA	PRODUCCIÓN DIARIA
RESORTERA 1	8	44	7:00-16:00	1.339.285.714	1.071.428.571
RESORTERA 2	8	44	7:00-16:00	1.339.285.714	1.071.428.571
ENSAMBLADORA 1	8	44	7:00-16:00	13	104
ENSAMBLADORA 2	8	44	7:00-16:00	13	104
ESPIRALADORA	8	44	7:00-16:00	7	56

CAPACIDAD INSTALADA		
PRODUCCIÓN SEMANAL	META SEMANAL	META MENSUAL
5.892.857.143	5.952.381	23.809.524
5.892.857.143	5.952.381	23.809.524
572	600	2400
572	600	2400
308	325	1300

Tabla VII. Datos de fabricación y costos de producción de una carcasa matrimonial actual

CAPACIDAD INSTALADA												
MÁQUINA	HORAS DE TRABAJO DIURNA	HORAS SEMANALES	JORNADA	PRODUCCIÓN POR HORA	PRODUCCIÓN DIARIA	PRODUCCIÓN SEMANAL	META SEMANAL	META MENSUAL	NÚMERO DE OPERADORES	NÚMERO DE AYUDANTES	COSTO POR OPERADOR POR HORA	COSTO POR AYUDANTE POR HORA
RESORTERA 1	8	44	7:00-16:00	13,39285714	107,1428571	589,2857143	596,280962	2380,962381	1		6,91125	
RESORTERA 2	8	44	7:00-16:00	13,39285714	107,1428571	589,2857143	596,280962	2380,962381	1		6,91125	
ENSAMBLADORA 1	8	44	7:00-16:00	13	104	572	600	2400	1	1	5,89625	4,5
ENSAMBLADORA 2	8	44	7:00-16:00	13	104	572	600	2400	1	1	5,89625	4,5
ESPIRALADORA	8	44	7:00-16:00	7	56	308	325	1300	1		5,27375	



**PRONÓSTICO DE RIESGO**

MES	CARCASAS	DISPONIBILIDAD		REQUERIMIENTO		TOTAL (hrs)
		L-V	S	POR HORA	REQUERIMIENTO	
FEBRERO	3000	20	4	428,5714286		428,5714286
MARZO	2900	23	4	414,2857143		414,2857143
ABRIL	2500	22	4	357,1428571		357,1428571

REQUERIMIENTO

Tabla VIII. Cálculo de jornadas actuales

**CÁLCULO DE JORNADAS**

**JORNADA DIURNA**

<b>FEBRERO</b>			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$20 \times 8 + 4 \times 4 =$	<b>176</b>	$20 \times 4 + 4 \times 8 =$	<b>112</b>

<b>MARZO</b>			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$23 \times 8 + 4 \times 4 =$	<b>200</b>	$23 \times 4 + 4 \times 8 =$	<b>124</b>

<b>ABRIL</b>			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$22 \times 8 + 4 \times 4 =$	<b>192</b>	$22 \times 4 + 4 \times 8 =$	<b>120</b>

<b>JORNADA DIURNA</b>			
	<b>T.N.</b>	<b>T.E.</b>	<b>TOTAL</b>
<b>FEBRERO</b>	176	112	<b>288</b>
<b>MARZO</b>	200	124	<b>324</b>
<b>ABRIL</b>	192	120	<b>312</b>

**NO CUMPLE EL REQUERIMIENTO ES NECESARIO IMPLEMENTAR JORNADA MIXTA.**

**RECÁLCULO DE JORNADAS**

**JORNADA DIURNA**

<b>FEBRERO</b>			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$20 \times 8 + 4 \times 4 =$	<b>176</b>	$20 \times 0 + 4 \times 4 =$	<b>16</b>

<b>MARZO</b>			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$23 \times 8 + 4 \times 4 =$	<b>200</b>	$23 \times 0 + 4 \times 4 =$	<b>16</b>

<b>ABRIL</b>			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$22 \times 8 + 4 \times 4 =$	<b>192</b>	$22 \times 0 + 4 \times 4 =$	<b>16</b>

### JORNADA MIXTA

FEBRERO			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$20 \times 7 + 4 \times 7 =$	<b>168</b>	$20 \times 5 + 4 \times 5 =$	<b>120</b>

MARZO			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$23 \times 7 + 4 \times 7 =$	<b>189</b>	$23 \times 5 + 4 \times 5 =$	<b>135</b>

ABRIL			
TIEMPO NORMAL (hrs)		TIEMPO EXTRA (hrs)	
$22 \times 7 + 4 \times 7 =$	<b>182</b>	$22 \times 5 + 4 \times 5 =$	<b>130</b>

	JORNADA DIURNA		JORNADA MIXTA		TOTAL
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	
<b>FEBRERO</b>	176	16	168	120	<b>480</b>
<b>MARZO</b>	200	16	189	135	<b>540</b>
<b>ABRIL</b>	192	16	182	130	<b>520</b>



SI CUMPLE CON EL REQUERIMIENTO

### ANÁLISIS DE COSTOS

#### MATERIA PRIMA

$Q. 70.88 / u \times 7 u / h =$	<b>Q496,16</b>
---------------------------------	----------------

#### MANO DE OBRA

JORNADA DIURNA	$1 \times Q. 1,012.56 / 30 \times 8 \times 1.50 =$	<b>Q6,33 POR HORA</b>
-------------------	--	-----------------------

JORNADA MIXTA	$1 \times Q. 1012.56 / 30 \times 7 \times 1.50 =$	<b>Q7,23 POR HORA</b>
------------------	---	-----------------------

Tabla IX. Costo de almacenaje y matriz actual

**COSTO DE ALMACENAJE**  
 $Q. 7.5 \text{ u/mes} * 1 \text{ mes} / 720 \text{ hrs.} = 0,0104167 \text{ u/hr.}$

**SUMATORIA DE COSTOS**

	J.D.		J.M.	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
M.P.	496,16	496,16	496,16	496,16
M.O.	4,219	6,33	4,82	7,23
ALMAC.	0,0104	0,0104	0,0104	0,0104
<b>Costo / hr.</b>	<b>500,3894</b>	<b>502,5004</b>	<b>500,9904</b>	<b>503,4004</b>

**MATRIZ DE LA CARCASA**

DISPONIBILIDAD	FEBRERO		MARZO		ABRIL	
	J.D.	T.N.	J.D.	T.N.	J.D.	T.N.
<b>REQUERIMIENTO</b>						
D	176	16	200	135	192	130
C	500,39	502,5	500,99	503,4	500,99	503,4
<b>429</b>	<b>As</b>	<b>16</b>	<b>188</b>	<b>69</b>		
D			200	135		
C			500,39	502,5	500,99	503,4
<b>414</b>	<b>As</b>		200	16	189	9
D					126	16
C					1211,18	502,5
<b>357</b>	<b>As</b>				192	0

**COSTO TOTAL**

Tiempo de Ocio= es el tiempo que sobra en tiempo normal.  
 Tocio= Q81,94

Tiempo normal= es la asignación, por la sumatoria de los tiempos normales. Tn= Q545.738,30

Tiempo extra = Es la asignación por la sumatoria de los tiempos extraordinarios.

Te= Q55.345,20

**SUMA FINAL Q601.165,44**

El proceso actual, tiene un alto costo de producción, ya que es necesario invertir recursos adicionales para balancear la línea y minimizar el cuello de botella si ésta inversión adicional no se hiciera, no se puede satisfacer la demanda requerida, como tampoco se puede disminuir el tiempo de respuesta a los pedidos, la propuesta es incrementar la capacidad instalada, eliminando el cuello de botella, los beneficios que se obtienen son:

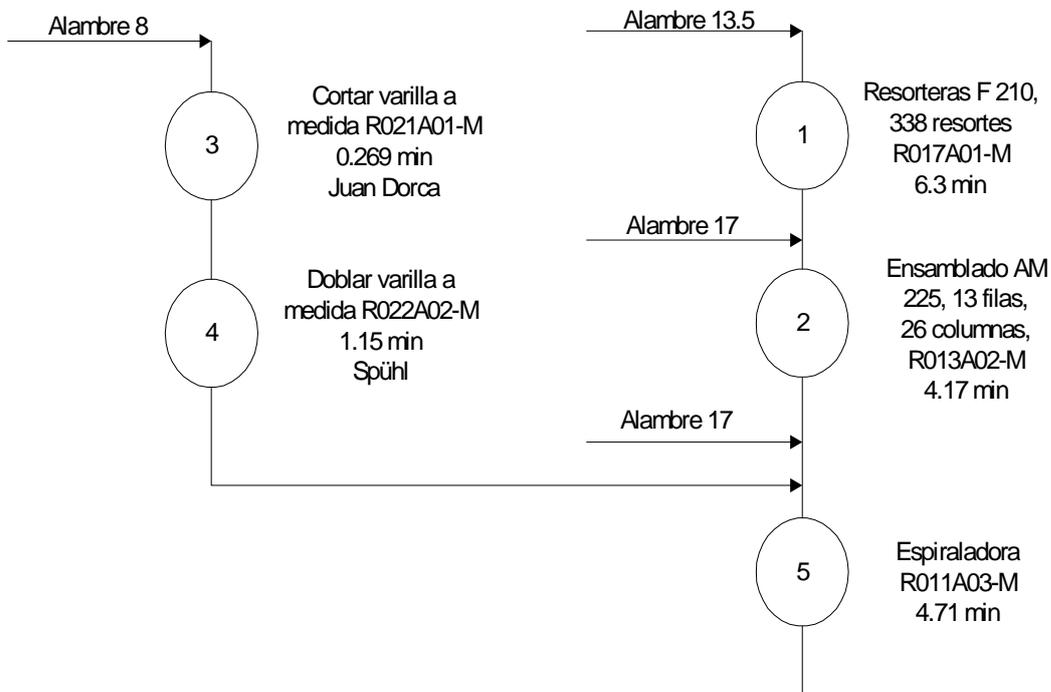
- Tener un menor tiempo de respuesta a los pedidos.
- Incrementar la competitividad para mantener el nivel requerido por la globalización.
- Disminuir el desgaste físico y mental del recurso humano, éste parametro es el más importante, ya que es necesario tener máxima capacidad productiva en el instante que ésta sea requerida.
- Disminuir el desgaste de piezas en los equipos.

### 2.3 Elaboración de diagrama de operación

Figura 17. Diagrama de operación actual

**Tamaño:** matrimonial  
**Analista:** producción  
**Departamento:** resortes  
**Tipo de resorte:** Bonell

**Método:** actual  
**Fecha:** 13 de mayo del 2002  
**Diámetro:** 7.5 cms



#### RESUMEN

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	NÚM.	TIEMPO (min)
○	OPERACIÓN	5	16.6
	<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>16.6</b>

## 2.4 Elaboración del diagrama hombre-máquina

Figura 18. Diagrama-hombre máquina actual

DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MÁQUINA					
Objeto del diagrama	<b>Fabricación de resorte tipo Bonell</b>		Diagrama número	<b>101</b>	
Dibujo número	<b>F-210 B</b>	Pieza número	<b>B-7.5</b>	Diagrama del método	<b>Actual</b>
Comienzo del diagrama	<b>Cargar máquina con alambre en la devanadera</b>			Elaborado por	<b>C.P.Producción</b>
Final del diagrama	<b>Descargar portarrollo de alambre</b>			Fecha	<b>02/02/2004</b>
				Hoja	<b>1 de 1</b>

DESCRIPCIÓN	OPERADOR	MÁQUINA 1	MÁQUINA 2	MÁQUINA 3
Descargar el portarrollo y retirarlo de la máquina	8,00 Descarga	8.00		
Colocar el rollo de alambre, hacer pruebas y dejar funcionando la máquina	10,00 Carga	10.00	Tiempo muerto	Fabricación de Resortes
Traslado del operador a la máquina # 2	0,20			
Descargar el portarrollo y retirarlo de la máquina	8,00 Descarga		8.00	
Colocar el rollo de alambre, hacer pruebas y dejar funcionando la máquina	10,00 Carga	30.00	10.00	Tiempo muerto
Traslado del operador a la máquina # 3	0,20			
Descargar el portarrollo y retirarlo de la máquina	8,00 Descarga		Fabricación de Resortes	8.00
Colocar el rollo de alambre, hacer pruebas y dejar funcionando la máquina	10,00 Carga	Tiempo muerto	30.00	10.00

### CÁLCULOS

Tiempo de carga	10 min.
Tiempo de descarga	8 min.
Tiempo de traslado entre máquinas	0.20 min
Salario del operador	Q. 5.90/h
Costo de operación de máquina	Q. 10.00 / h
Tiempo de trabajo de la máquina	30 min.

El cálculo se efectúa en base a la distribución actual con 3 máquinas asignadas al operador.

### EL TIEMPO ESTÁ EXPRESADO EN MINUTOS

Tiempo productivo del operador =	10 + 8 + 0.20 =	18,2 min.
Tiempo productivo de la máquina	30 min.	

	Operador	Máquina
T productivo	54	30
T improductivo		18
T ocio		6
<b>TIEMPO DEL CICLO</b>	<b>54 Min</b>	<b>54 Min</b>

### PRODUCTIVIDAD

#### OBTENIDO

OPERADOR	$\frac{54 \times 1 \times 5.90}{60}$	( Q ) 5,31
MAQUINA	$\frac{30 \times 3 \times 10}{60}$	15

#### INVERSIÓN

	$\frac{54 \times 1 \times 5.90}{60}$	( Q ) 5,31
	$\frac{54 \times 3 \times 10}{60}$	27

SUMA **20,31** **32,31**

#### EFICIENCIA

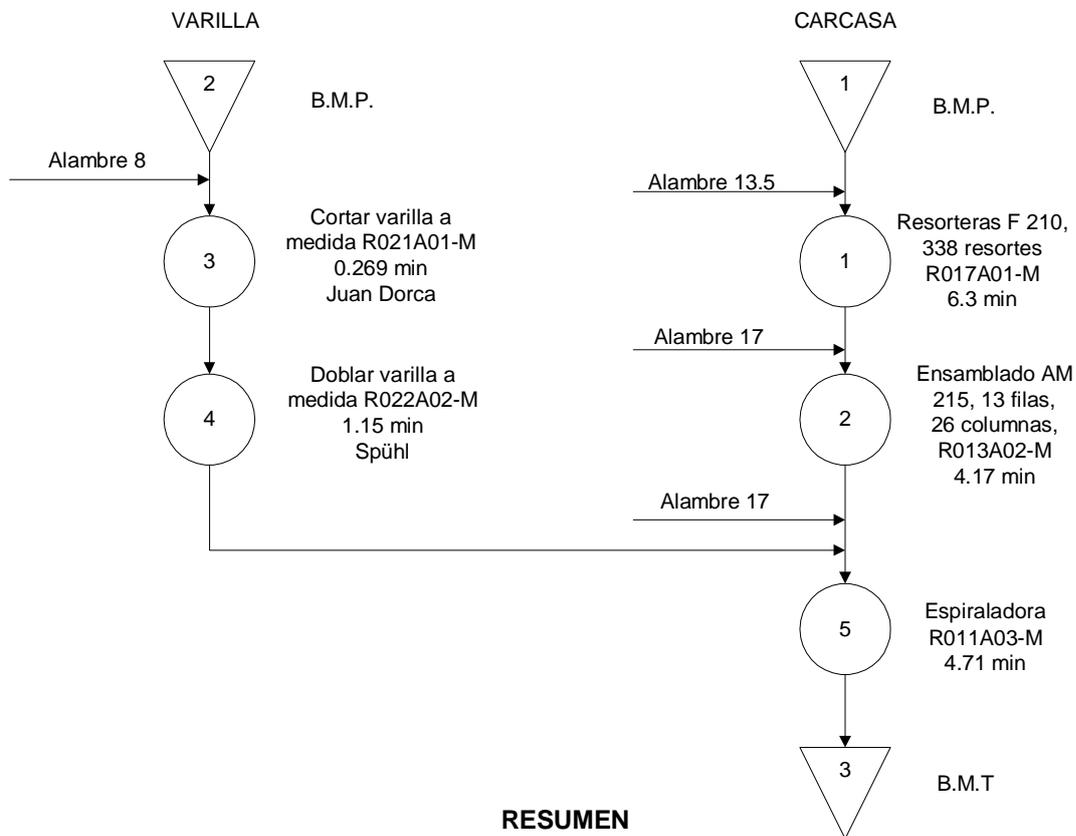
OBTENIDO	20,31
INVERTIDO	32,31
<b>EFICIENCIA</b>	<b>62,86%</b>

## 2.5 Elaboración del diagrama de flujo del proceso para una carcasa

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso actual

**Tamaño:** matrimonial  
**Analista:** Cp- Producción  
**Departamento:** resortes  
**Inicia:** bodega materia prima

**Tipo de Resorte:** Bonell  
**Método:** actual  
**Fecha:** 13 de mayo del 2002  
**Diámetro:** 7.5 cms



SÍMBOLO	ACTIVIDAD	NÚM.	TIEMPO (min)	DISTANCIA
○	OPERACIÓN	5	16.559	0
▽	ALMACENAMIENTO	3	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>16.559</b>	<b>0</b>

### 3. PROPUESTA DE MEJORA POR MEDIO DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ESPIRALADORA

#### 3.1 Reconocimiento de la necesidad

Los factores que son objeto de análisis para incremento de la productividad son los siguientes

- Eliminar el cuello de botella.
  - Ahorro de energía por turnos extraordinarios.
  - Restar costos indirectos a la fabricación de carcasas por horario extraordinario.
  - Disminuir el índice de accidentes por fatiga de los operadores.
- a. La importancia de minimizar o eliminar el cuello de botella, radica en que la línea de producción, tenga un ritmo en el cual pueda cumplir con la demanda y las metas diarias, no teniendo que depender de extender los turnos para poder cumplir con las metas.
- b. Todos los equipos utilizados en la línea de producción tienen un alto consumo de energía eléctrica; por lo que, al disminuir el tiempo de uso de los equipos, se tendrá un importante ahorro en el consumo de energía eléctrica.

- c. Cuando no se obtienen las metas de producción en un horario normal de trabajo, generalmente se recurre al tiempo extraordinario; sin embargo, esto incrementa la mano de obra y también los costos indirectos de fabricación.
- d. Un turno extraordinario de trabajo además de ser un costo adicional a los productos se convierte en un riesgo para el recurso humano, debido a que produce fatiga. Después de un turno normal de trabajo, el operador se somete a varios factores que afectan su rendimiento físico y mental, entre ellos deficiencia visual debido a una iluminación no adecuada en la estación de trabajo, fatiga corporal debido a que es un trabajo pesado, etc.

La fatiga en ocasiones genera sueño, lo cual se convierte en un riesgo mayor para los operadores, ya que al estar trabajando directamente con el equipo, pueden cometer una operación incorrecta que puede ser un accidente menor o daño parcial al equipo hasta un daño físico (pérdida de algún miembro), e incluso la muerte, así mismo provoca bajo rendimiento en la operación, La fatiga también se ve reflejada en la calidad de los productos y en la eficiencia de la línea, ya que el operario fatigado tiende a cometer equivocaciones que alteran la calidad final del producto y castigan la eficiencia de la línea.

### **3.2 Especificaciones y requisitos de la máquina**

Las especificaciones y requisitos de la máquina se definieron de acuerdo a las necesidades de producción y limitaciones que se tienen en relación a la compra de un equipo nuevo importado de Europa.

Se contemplaron factores como: potencia del equipo, facilidad de operación, ergonomía de la estación de trabajo, seguridad de la máquina, facilidad de mantenimiento, facilidad de conseguir piezas en el mercado o fabricación local de las mismas, calidad de los acabados, tiempo de fabricación ajustado a las necesidades de la planta; las especificaciones se detallan en la tabla X y XI.

Tabla X. Especificaciones de la máquina

<b>Descripción</b>	<b>Requerimiento</b>
Grueso del alambre de alimentación	1.2 ---1.6 mm.
Calibre del alambre acerado	17.5- 17 SWG.
Diámetro exterior del espiral	8.5 . 15 mm.
Velocidad del espiral	17 --- 24 m/min.
Potencia requerida	1 ----- 2 Kw.
Voltaje	220 . 240 Voltios
Número de fases	3.
Frecuencia	60 Hz.
Capacidad de producción	11 unidades / hora.
Eficiencia mecánica	57.14 %.

Tabla XI. Requisitos operativos

Avance y retorno del espiral con el mismo mecanismo de accionamiento.
Paro de emergencia del equipo.
Altura de alimentación del espiral 1.50 mts.
Facilidad de limpieza del equipo.
Guardas de protección de los mecanismo en movimiento y el circuito eléctrico.

### 3.3 Estudio de posibilidades y costos de diseño de la máquina

#### 3.3.1 Materiales

Tabla XII. Materiales eléctricos

NÚM.	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	C/U ( Q)	TOTAL (Q)
1	MICROSWITCH, 500 V, 10AMP	2	Q350,00	Q700,00
2	TSJ 3*12 Y CONECTORES DE 1/2"	10	Q10,00	Q100,00
3	CABLE TSJ 2*14	10	Q3,10	Q31,00
4	CONECTOR PRENSACABLE TSJ	5	Q5,60	Q28,00
5	CABLE PARA MANDO # 16	10	Q1,67	Q16,70
6	CAJA ELÉCTRICA DE 6 * 12 * 12	1	Q58,67	Q58,67
7	mm	2	Q16,00	Q32,00
8	FUSIBLE DE VIDRIO DE 5 AMP	2	Q2,00	Q4,00
9	CONTACTOS AUXILIARES	2	Q88,32	Q176,64
10	GUARDAMOTOR DE 6-10 AMPS	1	Q442,90	Q442,90
11	RELE TÉRMICO DE 2-6 AMPS	1	Q250,00	Q250,00
12	CONTACTOR 3TF42, 220V, 8 AMPS	2	Q285,00	Q570,00
13	MOTOREDUCTOR, 220V, HP=2, 10:1	1	Q3.200,00	Q3.200,00
14	GABINETE PARA CONTACTORES	1	Q600,00	Q600,00
15	PULSADOR HONGO	1	Q140,00	Q140,00
16	PULSADORES RASANTES. NO Y NC	2	Q65,00	Q130,00
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>Q6.479,91</b>

Tabla XIII. Materiales para herrería y acabados

NÚM.	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	C/U (Q)	TOTAL (Q)
1	LAMINA LISA DE 1/8"*4"*8"	1	Q160,00	Q160,00
2	LÁMINA DE 0.30 MTS * 1.10 MTS* 1/4"	1	Q350,00	Q350,00
3	MASILLADOR	1	Q5,00	Q5,00
4	ANGULAR 3/4" * 1/8"	1	Q42,95	Q42,95
5	CATALIZADOR PARA MASILLA	1	Q7,00	Q7,00
6	GALÓN THINNER LACA	1	Q34,00	Q34,00
7	ANTICORROSIVO GRIS	1	Q97,00	Q97,00
8	WYPE, BOLA BLANCA	2	Q9,50	Q19,00
9	LÁMINA DE ESPESOR 1/2" PARED DE CABEZA	1	Q0,00	Q0,00
10	ELECTRODO E6013 1/8"	10	Q7,00	Q70,00
11	TUBOS PARA PATAS DE CABEZA PRINCIPAL	1	Q0,00	Q0,00
12	ANGULAR DE 1/8" * 1 1/2" * 20' DEVANADERA	1	Q58,70	Q58,70
13	ANGULAR DE 1/8" * 2" * 20'	1	Q58,95	Q58,95
14	VARILLA REDONDA LISA DE 5/8" 6 MTS	1	Q64,05	Q64,05
15	1/4 DE MASILLA G77	1	Q29,00	Q29,00
	<b>GRAN TOTAL</b>			<b>Q995,65</b>

Tabla XIV. Piezas de la máquina

NÚM.	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	C/U (Q)	TOTAL (Q)
1	CHUMACERA UCF207-104DE FLANGE, CABEZA PRINCIPAL	6	Q163,65	Q981,90
2	SPROCKETS, TIPO B. PASO 50. N=16	2	Q90,00	Q180,00
3	SPROCKETS, TIPO B. PASO 50. N=16	1	Q90,00	Q90,00
4	SPROCKET , DE TENSION . PASO 50. N= 14	1	Q48,00	Q48,00
5	SPROCKETS, TIPO B. PASO 50. N=16	1	Q90,00	Q90,00
6	RESORTE DE COMPRESIÓN	1	Q100,00	Q100,00
7	RESORTE DE COMPRESIÓN D=9 MM* 6" * 4.5 CM EXTERNO	1	Q200,00	Q200,00
8	SPROCKET , 50 BB 15 (TENSOR)(OBSOLETO)	1	Q150,00	Q150,00
9	TORNILLO ALLEN DE 1/4* 3/4"	18	Q1,00	Q18,00
10	TORNILLO ALLEN DE 12 *50 MM COMPLETOS	16	Q5,00	Q80,00
11	TORNILLO 12*40 MM HEXAGONAL	4	Q3,00	Q12,00
12	BROCA 6.5 mm ACERO RAPIDO HSS, DORMER	1	Q8,85	Q8,85
13	BROCA 4.5 mm ACERO RAPIDO HSS, DORMER	1	Q4,34	Q4,34
14	CADENA PASO 50 CAJA 10'	1	Q294,00	Q294,00
15	ESLABON PASO 50	1	Q6,16	Q6,16
16	MEDIO ESLABON PASO 50	1	Q9,12	Q9,12
17	1/2 UNIÓN PASO 50	2	Q9,30	Q18,60
18	BISAGRAS DE CARTUCHO DE 1/2"* 3"	2	Q3,10	Q6,20
19	BISAGRAS DE 2 1/2" * 2 1/2"	3	Q5,25	Q15,75
20	CADENA DE PASO 50 3'	1	Q110,00	Q110,00
	<b>GRAN TOTAL</b>			<b>Q2.422,92</b>

Tabla XV. Descripción de la mano de obra

NÚM.	ESPECIALIDAD	HORAS	C/HORA	TOTAL
1	MECANICO	110	Q20,00	Q2.200,00
2	HERRERO	80	Q11,84	Q947,20
3	ELECTRICISTA	20	Q10,40	Q208,00
4	AYUDANTE DE ELECTRICISTA	40	Q6,24	Q249,60
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>Q3.604,80</b>

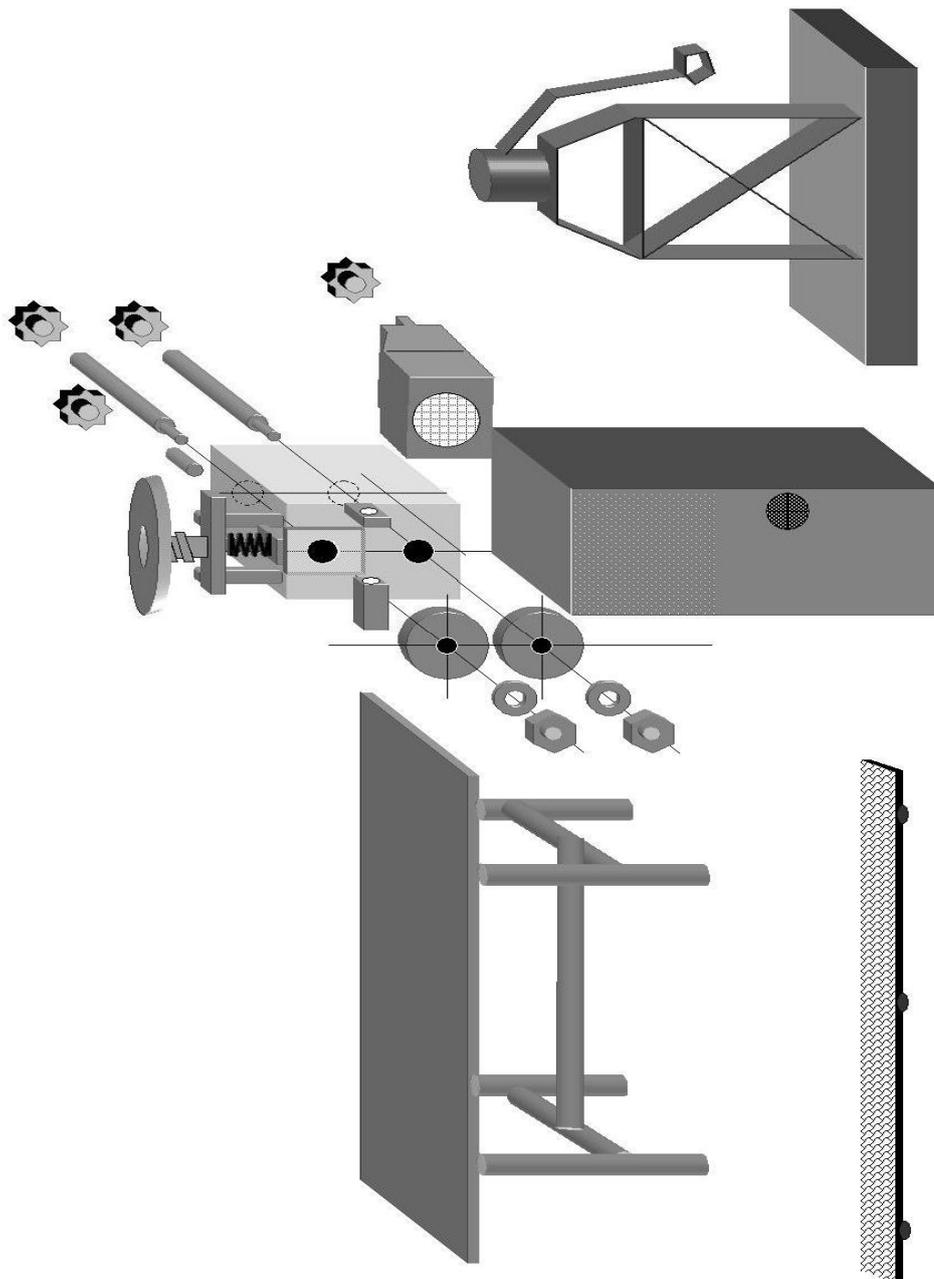
Tabla XVI. Costos de servicios externos (metalmecánica), incluye mano de obra

NÚM.	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	C/U (Q)	TOTAL (Q)
1	FABRICACIÓN DE EJES EN COLD ROLL, ROSCA IZQUIERA Y DERECHA CON ROLDANAS Y TUERCAS	2	Q600,00	Q1.200,00
2	FABRICACIÓN DE BASE DE FORMADOR DE ESPIRAL	1	Q1.125,00	Q1.125,00
3	EJE GUÍA DE ALAMBRE PARA DEVANADERA	1	Q435,00	Q435,00
4	TORNEAR 3 SPROCKETS CON CUÑA Y CASTIGADERA	3	Q135,00	Q405,00
5	VOLANTE DE ALUMINIO MOLETEADO	1	Q175,00	Q175,00
6	ESPARRAGOS DE 1" * 6" C/ROSCAS DE 3/4"	2	Q100,00	Q200,00
7	TORNILLO SIN-FIN, ROSCA ACME /COMPRESIÓN DE RESORTE	1	Q125,00	Q125,00
8	TUERCA ROSCA ACME AMERICANA Y PLATINA	1	Q325,00	Q325,00
9	GUÍA DE ALAMBRE C/2 TUBOS Y BUJES TEMPLADOS	1	Q225,00	Q225,00
10	GUÍAS TOPES PARA RESORTE	2	Q75,00	Q150,00
11	POLEAS DE ALIMENTACIÓN DE ESPIRAL	2	Q476,00	Q952,00
12	CAMISA FORMADORA DE ESPIRAL 35.46629.55	1	Q255,58	Q255,58
13	INTRODUCTOR DE ALAMBRE 35.20730.06	1	Q499,01	Q499,01
14	FORMADOR DE ESPIRAL 35.40833.11FUERA DE INVENTARIO	1	Q550,00	Q550,00
15	CALIBRADOR DE ESPIRAL 34.32207.07	1	Q180,00	Q180,00
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>Q6.801,59</b>

**COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN Q. 20,304.87**

### 3.4 Síntesis del diseño creativo de la espiraladora

Figura 20. Distribución de las piezas en la máquina espiraladora, con todos sus componentes



### 3.5 Diseño preliminar y desarrollo

La máquina está compuesta de las siguientes partes

Figura 21. Eje vacío

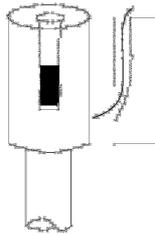


Figura 22. Estructura de la devanadera

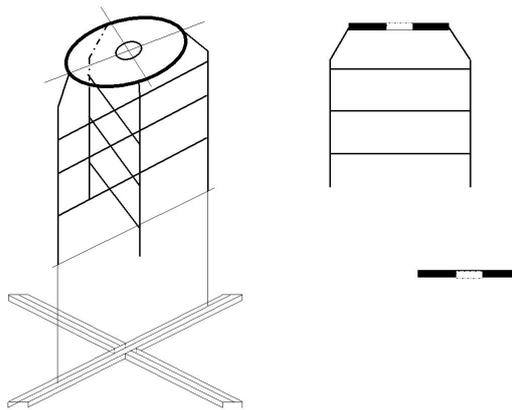


Figura 23. Bandeja de metal

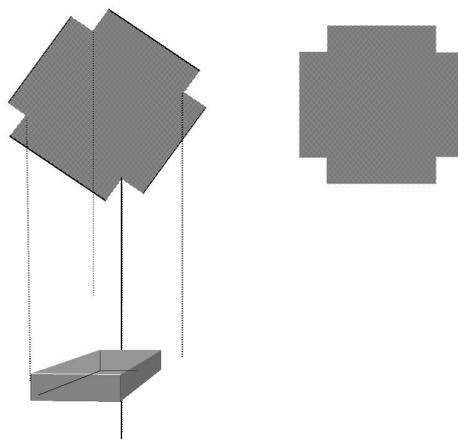
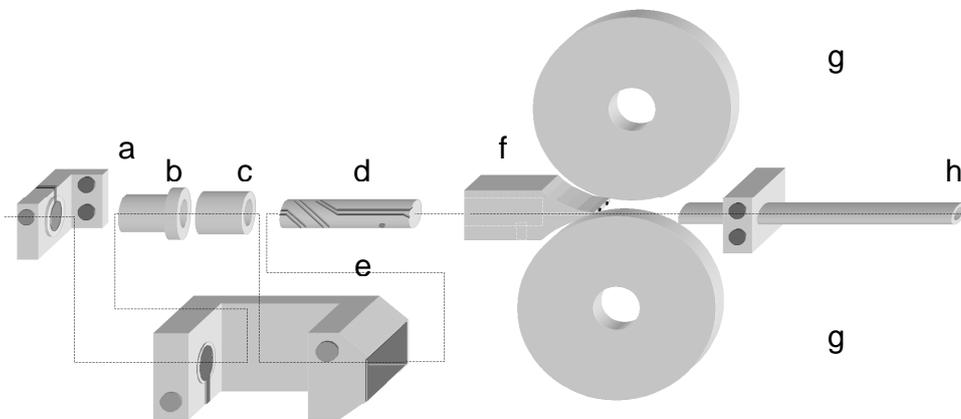


Figura 24. Mecanismo de alimentación y formador de espiral

Las piezas son las siguientes



- a. Guía de salida del espiral
- b. Casquillo de graduación
- c. Camisa
- d. Formador de espiral
- e. Base porta piezas
- f. Guía de alambre, hacia el formador
- g. Poleas con doble alimentación
- h. Base de conducto de alimentación

### 3.5.1 Mecanismo de transmisión mecánica del motor a los ejes de las poleas

Figura 25. Elevación frontal de la cabeza de la máquina

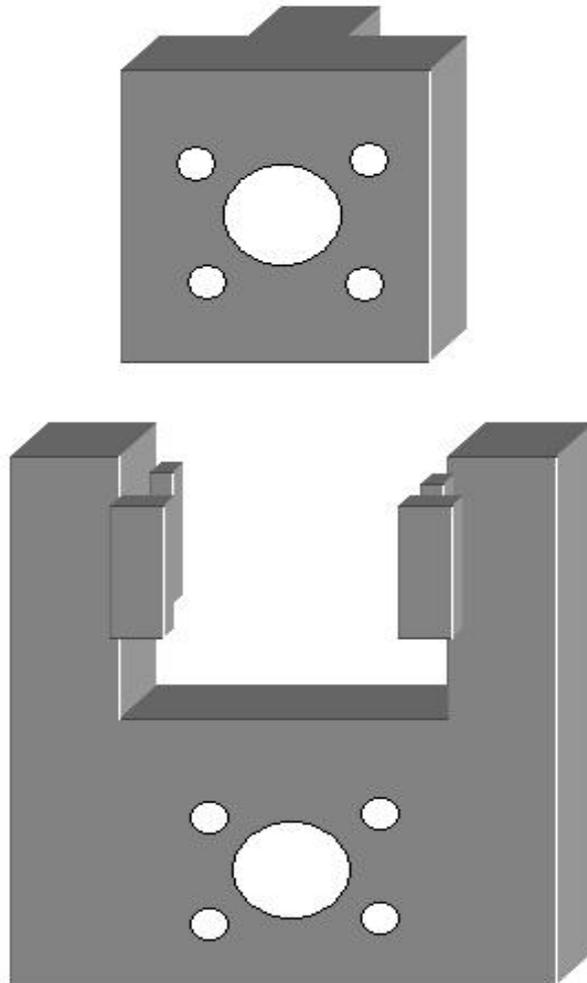


Figura 26. Ejes, poleas y motorreductor

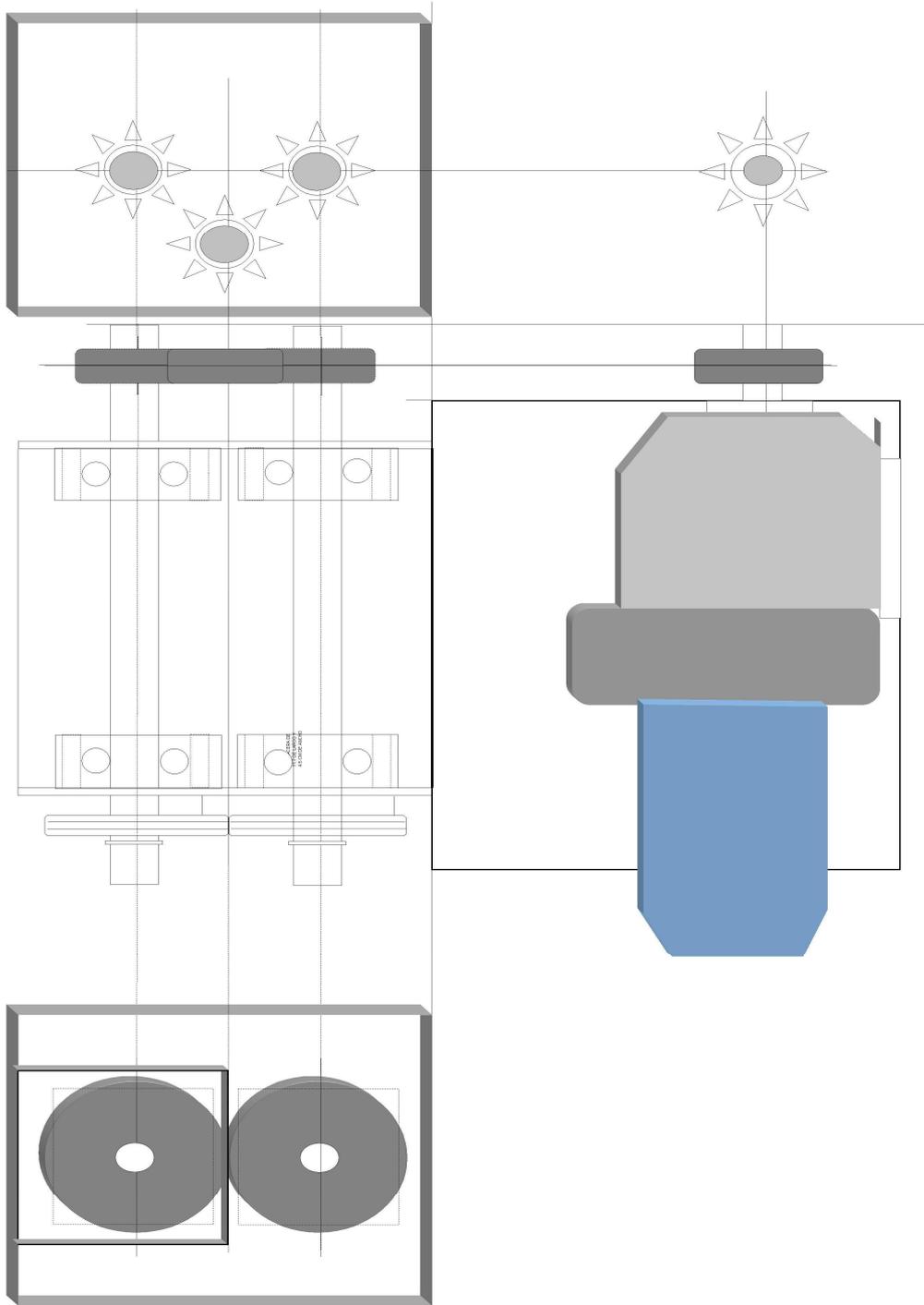


Figura 27. Elevación posterior

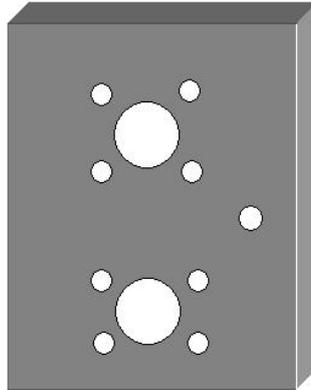


Lámina metálica que forma la pared de la máquina en la parte posterior.

Figura 28. Mecanismo de presión de la polea móvil y soportes de la misma

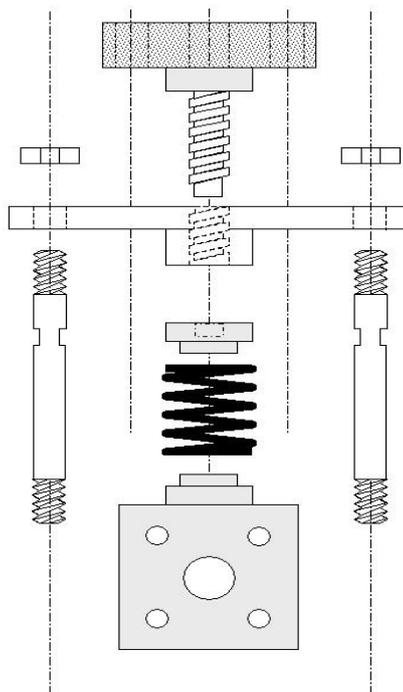
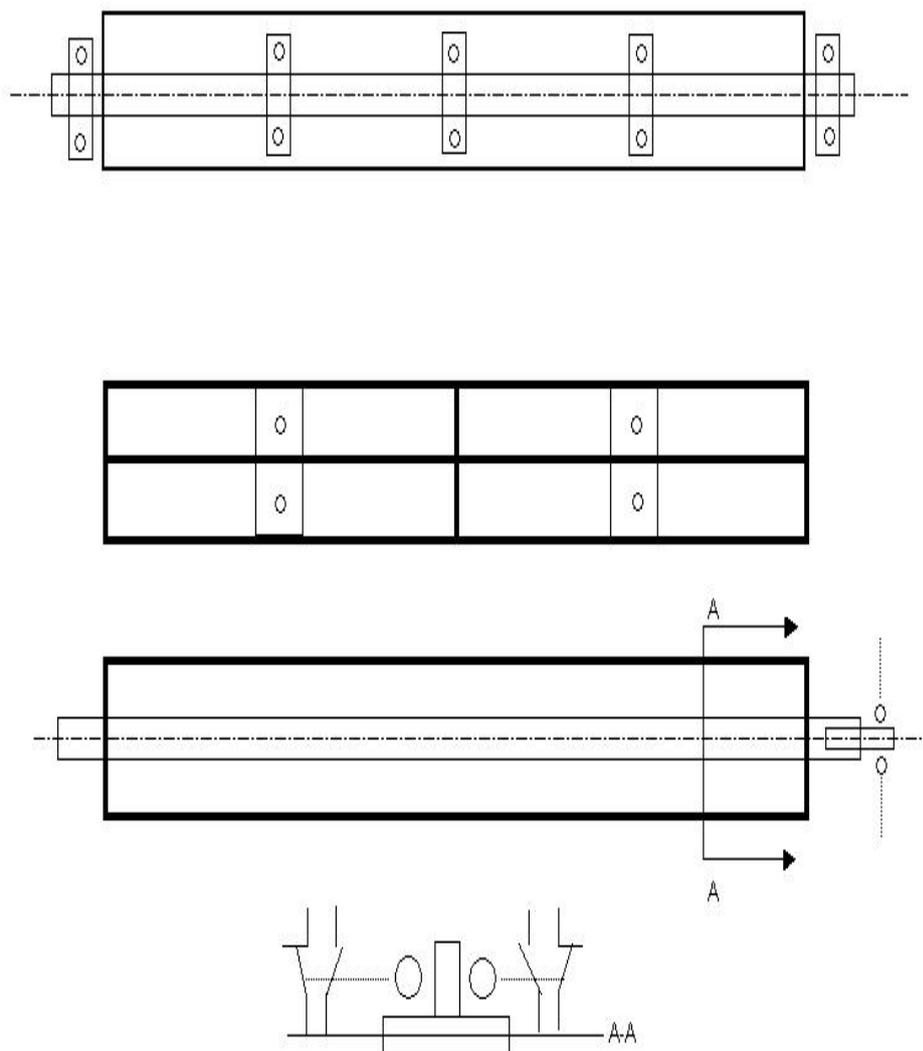


Figura 29. Pedal de la espiraladora



### 3.5.2 Circuito eléctrico de la máquina

Figura 30. Diagrama de mando

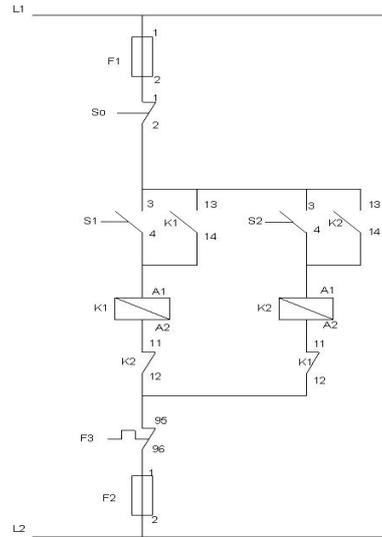


Figura 31. Diagrama de fuerza

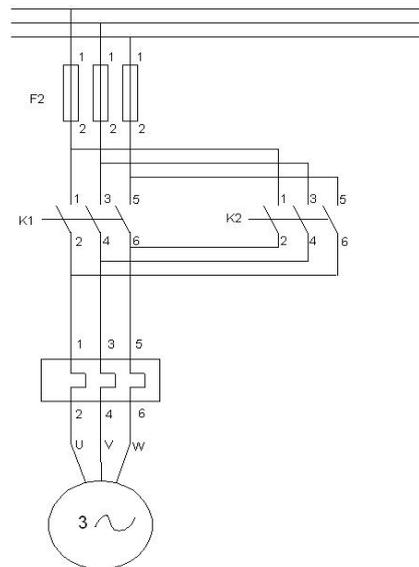


Figura 32. Gabinete donde se ubica la cabeza de la máquina y el espacio para instalar el motorreductor

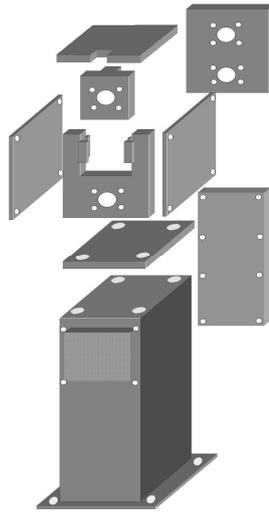
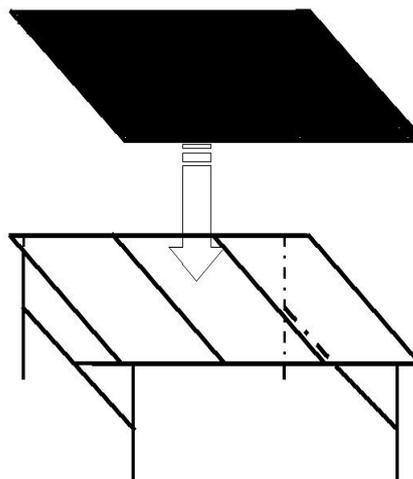


Figura 33. Mesa donde se coloca la carcasa a trabajar

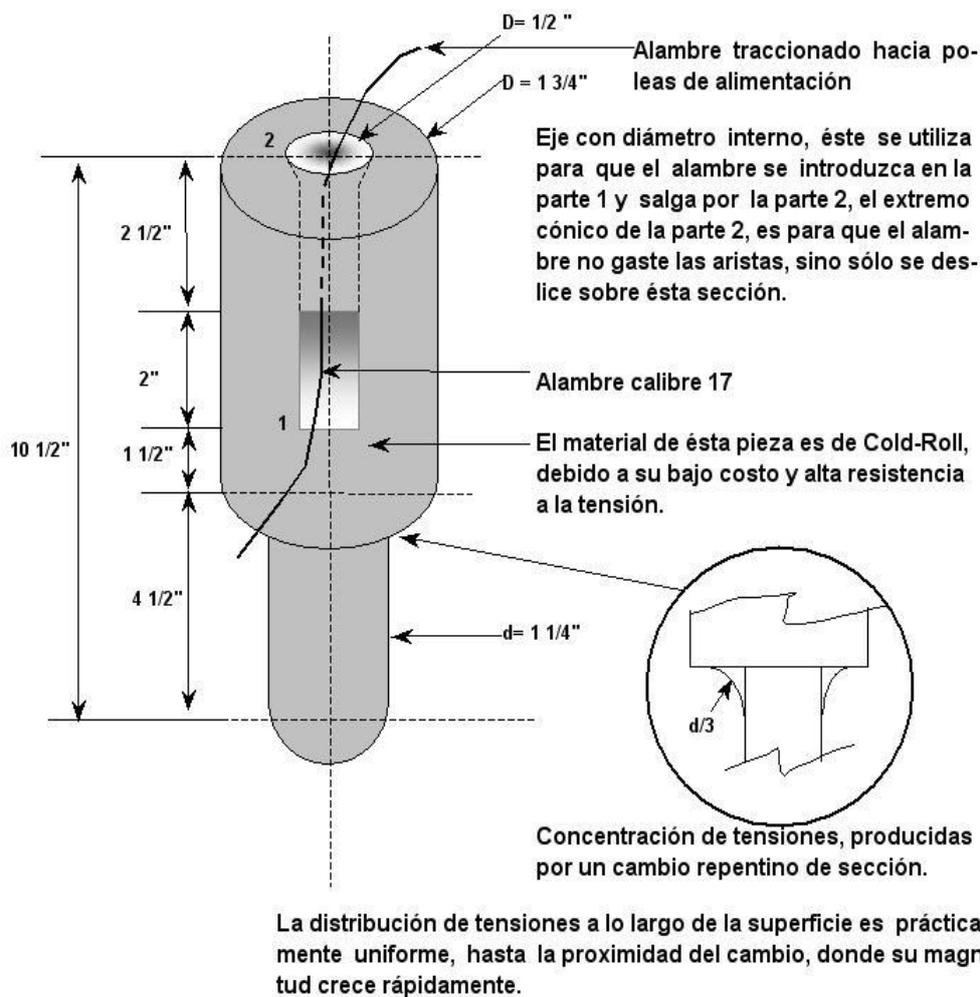


### 3.6 Diseño detallado de las piezas de la máquina

#### a. Devanadera

Eje ubicado en la parte superior de la devanadera, en el detalle se indica la ruta que toma el alambre.

Figura 34. Diseño detallado del eje vacío



**b. Estructura**

Base donde se coloca el alambre en rollo y se va desenrollando

Figura 35. Diseño detallado de la estructura de la devanadera

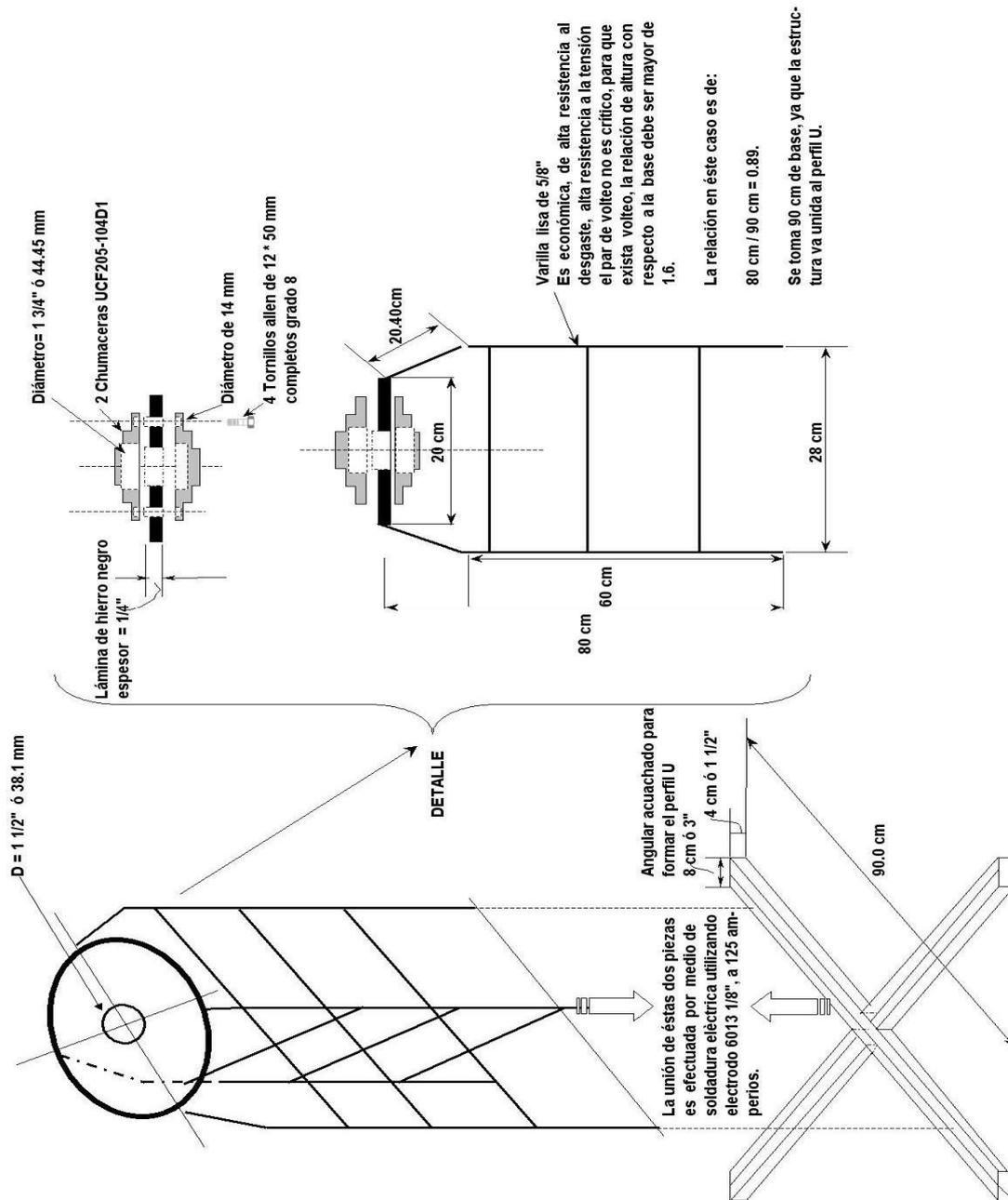
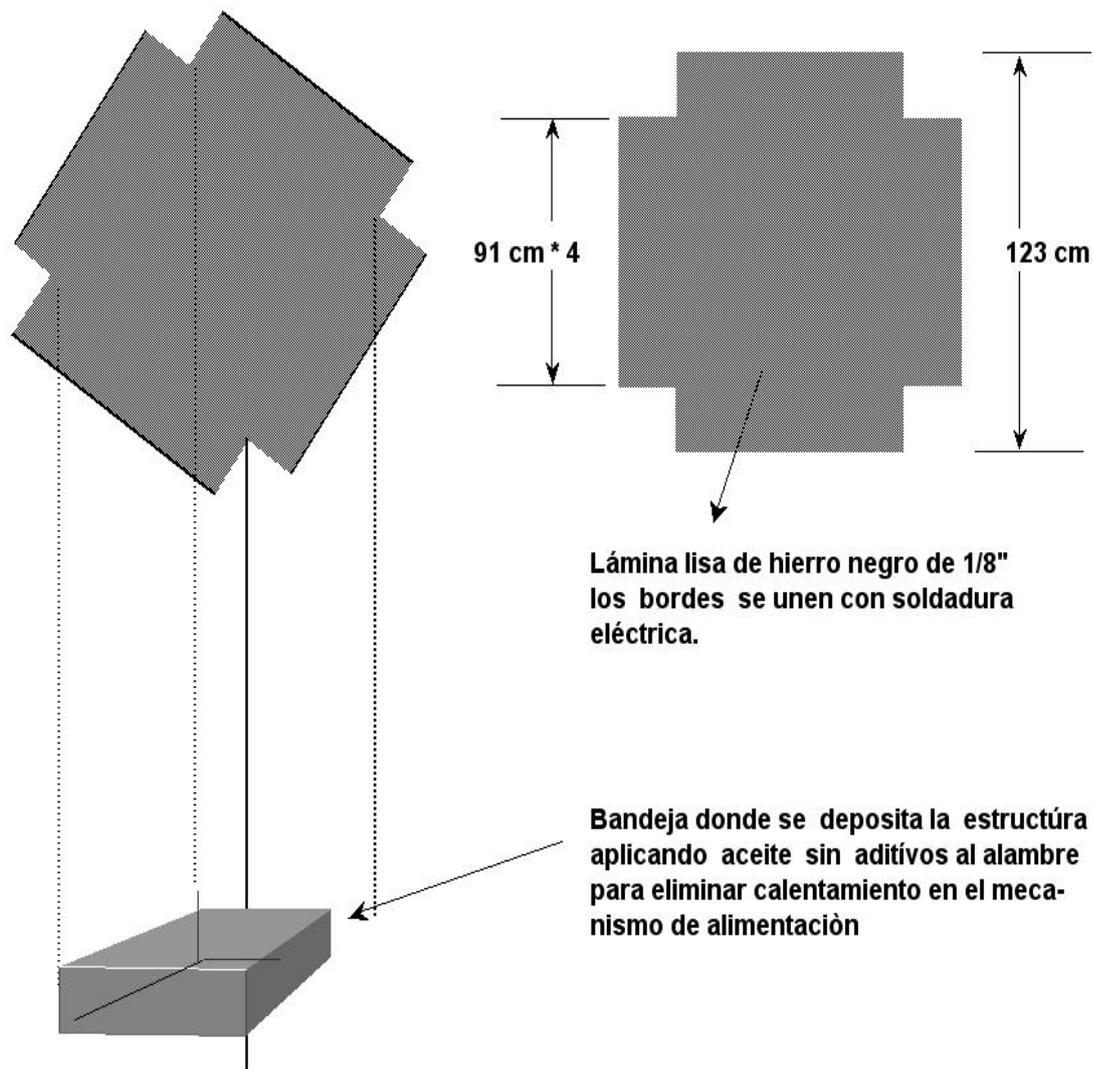


Figura 36. Bandeja de metal



c. Mecanismo de alimentación y formador de espiral

Figura 37. Diseño detallado de la guía de salida del espiral

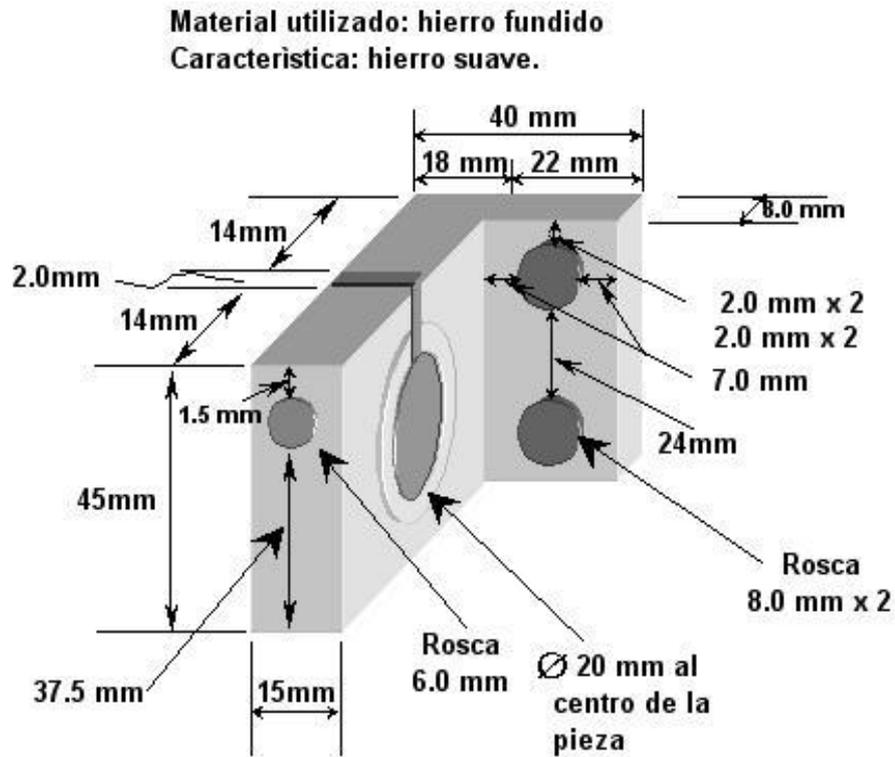
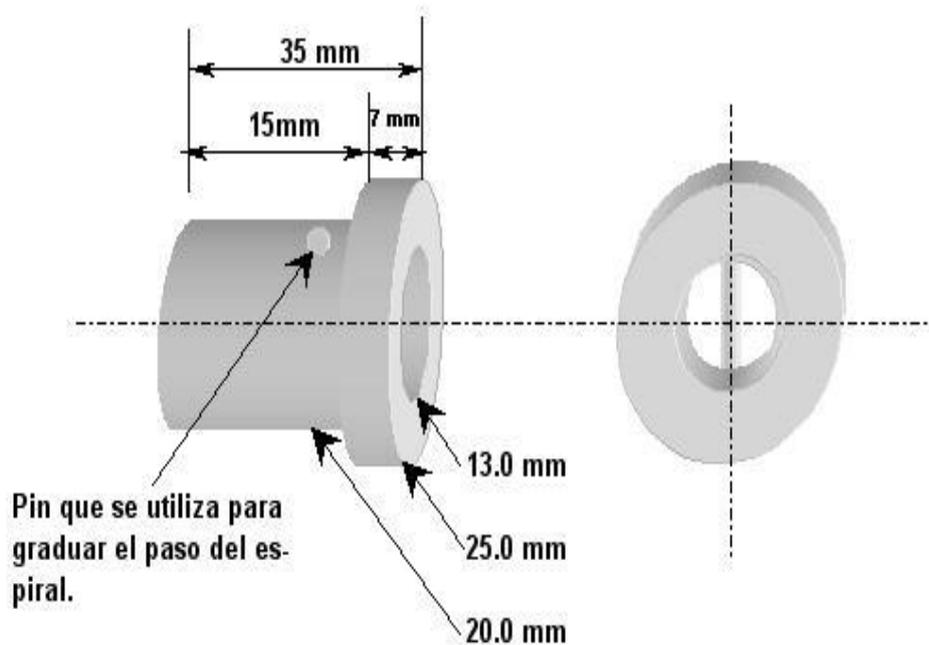


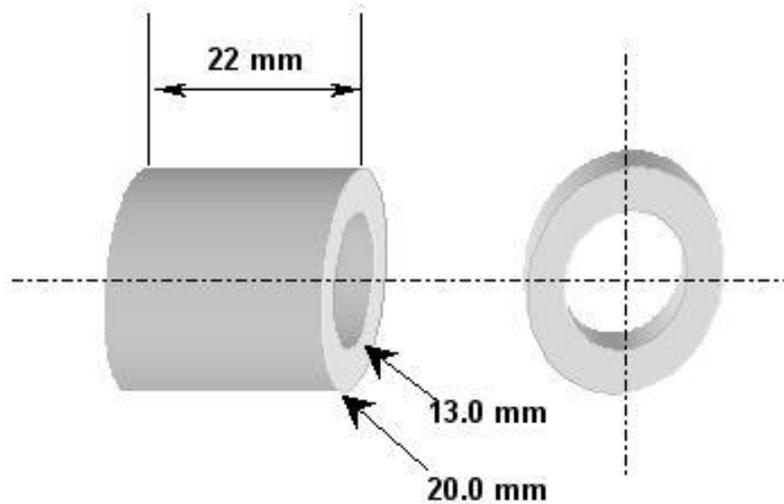
Figura 38. Diseño detallado del casquillo de graduación



**Material utilizado: acero al carbono 1.20 - 1.30 % de carbono. ASTM.**

Este casquillo de graduación, se utiliza para graduar el paso del espiral, simplemente rotando el casquillo, luego verificando con un calibrador (vernier). Si el paso es correcto, entonces el casquillo es fijado a la base por medio de una mordaza que la aprisiona un tornillo. El paso correcto es de 13.0 mm.

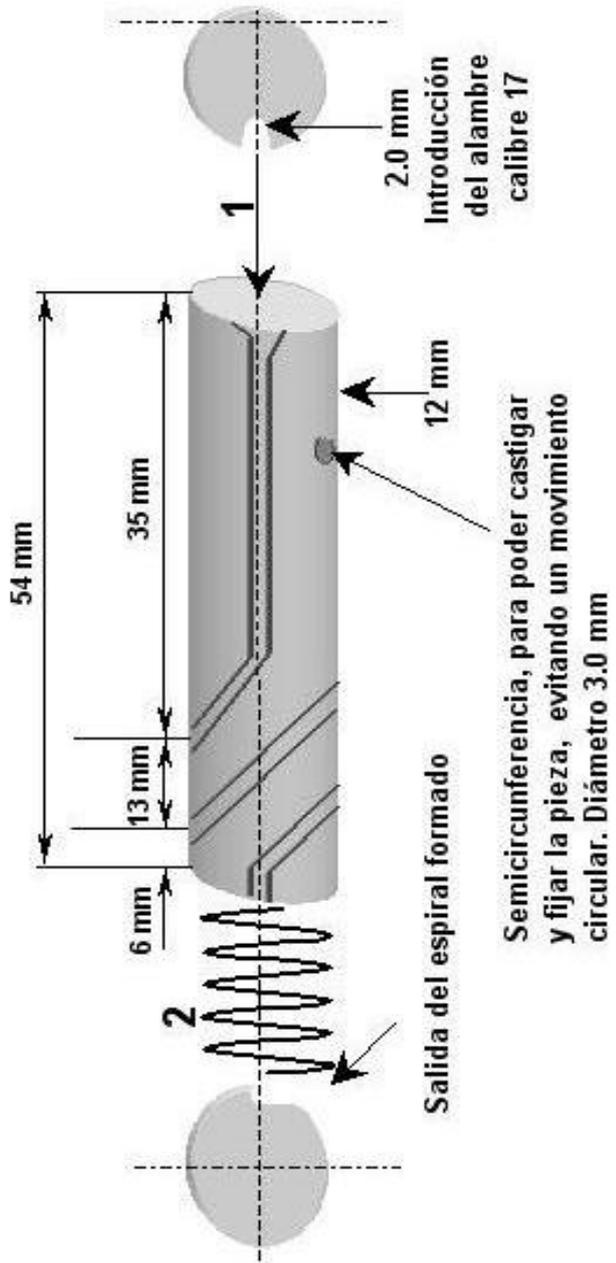
Figura 39. Diseño detallado de la camisa



**Material utilizado: acero al carbono 1.20 - 1.30 % de carbono. ASTM**

La camisa se utiliza para que el espiral no se trabe o salga de su recorrido. En el momento que el espiral pasa por la camisa, ésta gira por la fricción que ejerce el alambre con la pared de esta pieza.

Figura 40. Diseño detallado del formador de espiral



**Material utilizado: acero al carbono 1.20 - 1.30 % de carbono. ASTM**

La función del formador es hacer espiral, éste se introduce en la parte 1, pasa por los canales de 2 mm de diámetro y sale en la sección 2 ya formado, la alimentación se efectúa venciendo la inercia del formador, introduciendo el alambre por transmisión de poleas.

Figura 41. Diseño detallado de la base porta piezas

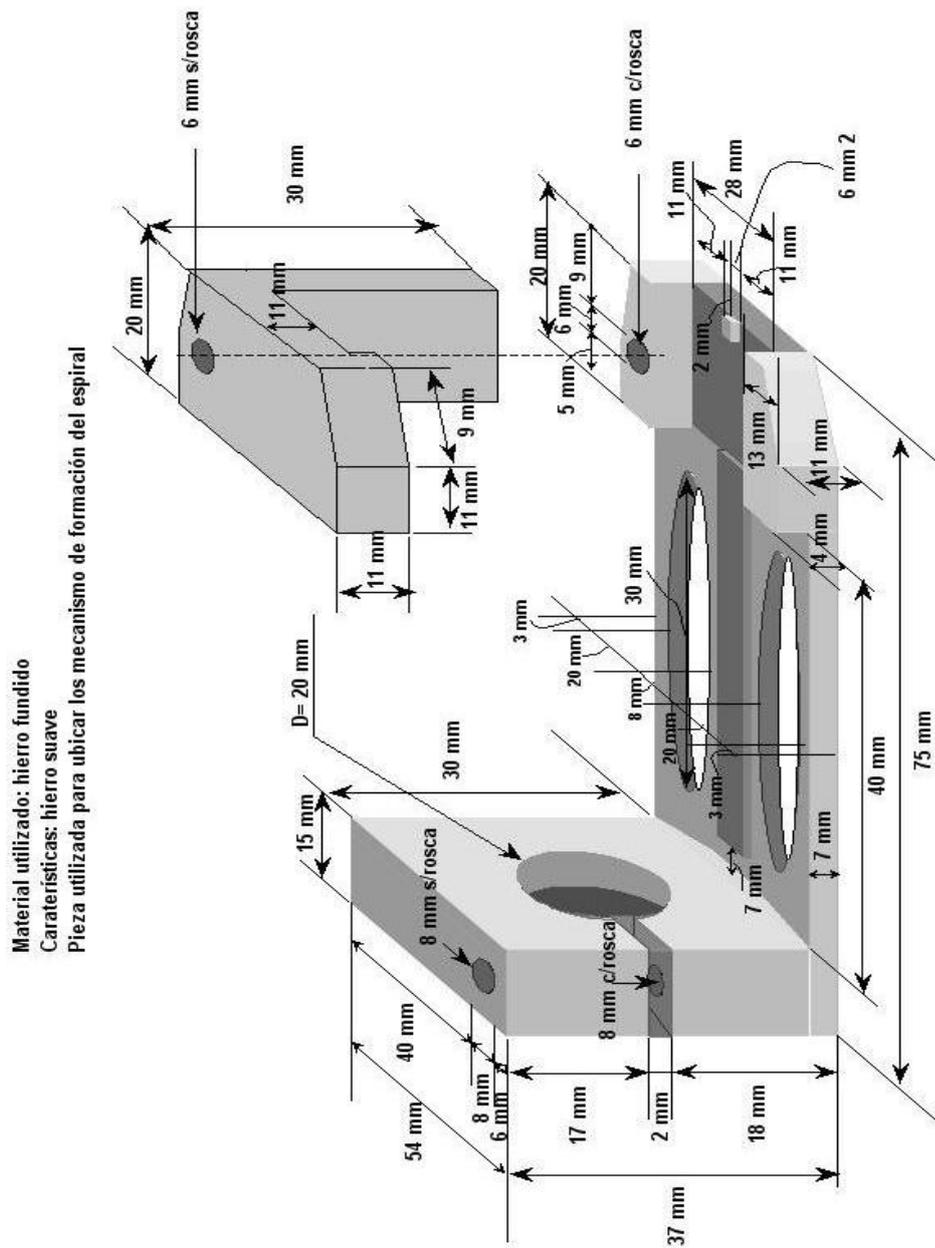
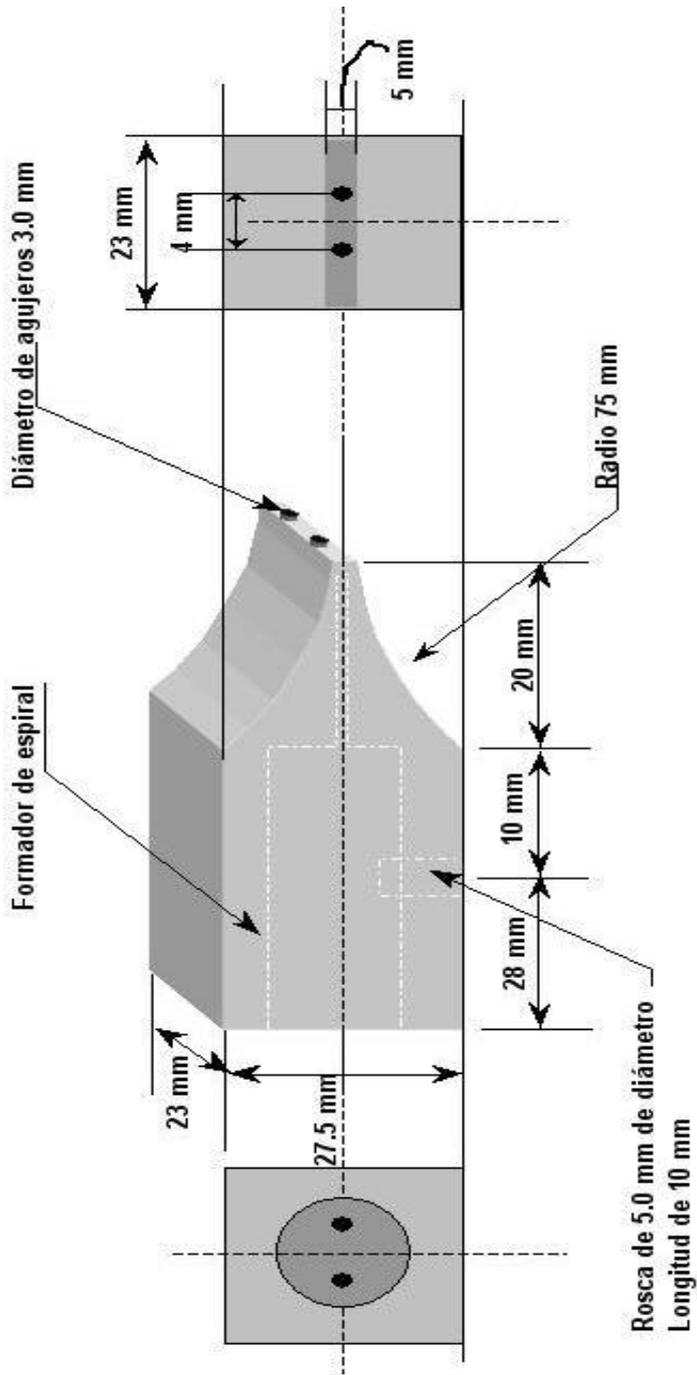
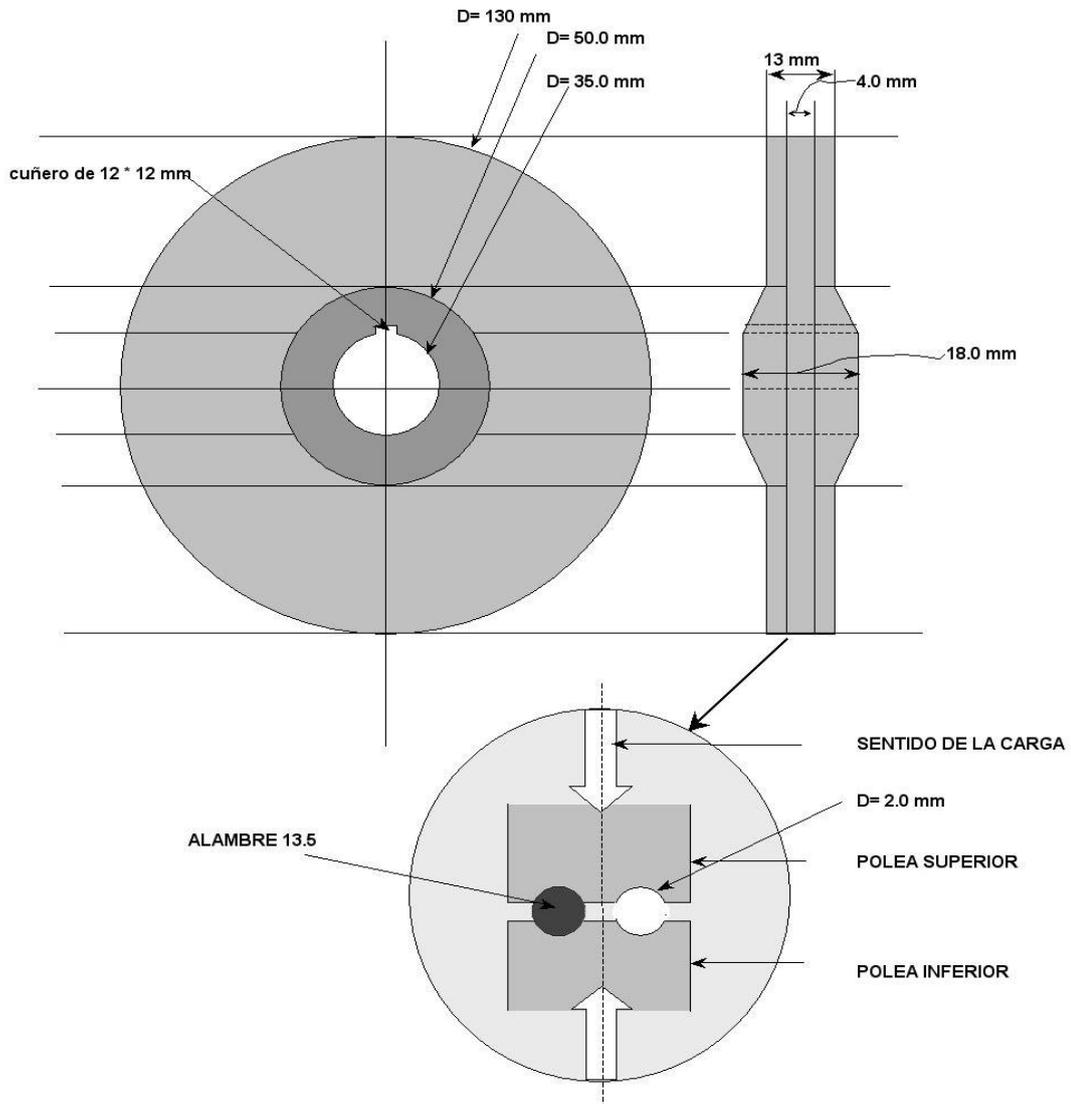


Figura 42. Diseño detallado de la guía de alambre hacia el formador



Esta pieza se utiliza para poder introducir el alambre hacia el formador de espiral los dos diámetros coinciden con las ranuras que tienen las poleas de alimentación, si se daña un diámetro, se puede utilizar el otro, dándole vuelta al formador y alimentarlo del otro lado.

Figura 43 Diseño detallado de poleas con doble alimentación



Material utilizado: acero al carbono 1.20 . 1.30 % de carbono ASTM

Polea con doble ranura semicircular simétrica. Ambas ranuras se pueden utilizar si la polea se fisura o se incrementa el diámetro del semicírculo por desgaste, se puede utilizar la ranura paralela, simplemente dándole vuelta a la polea.

Figura 44. Diseño detallado de la base de conducto de alimentación

Material utilizado: hierro fundido.

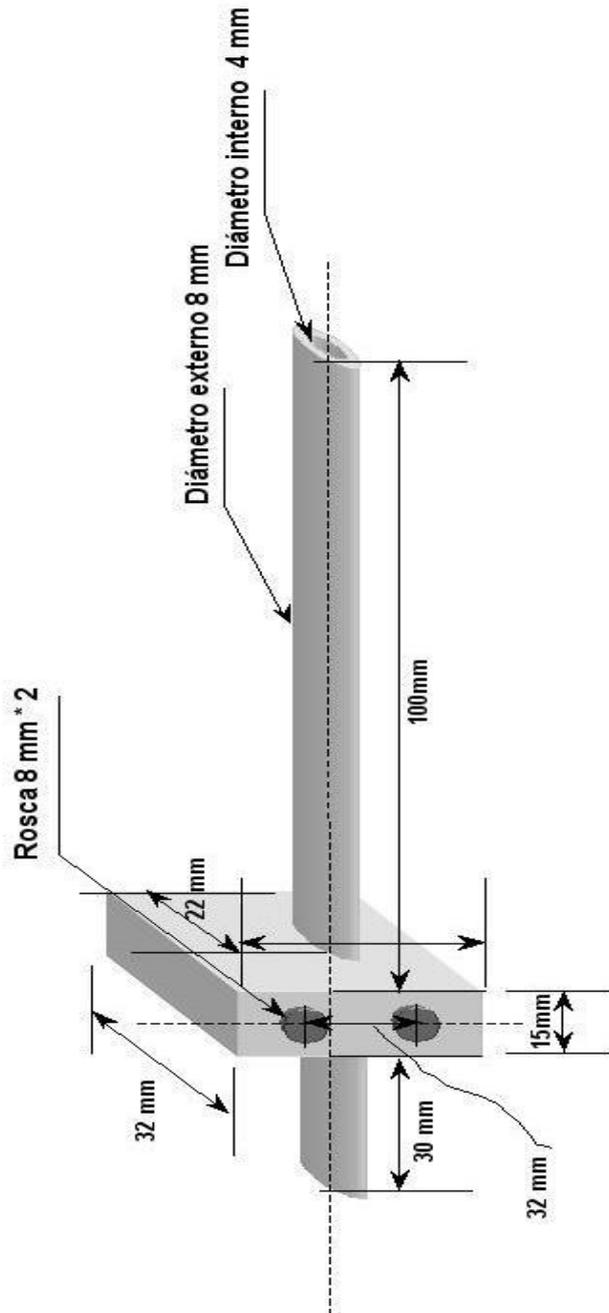


Figura 45. Diseño detallado de la elevación frontal

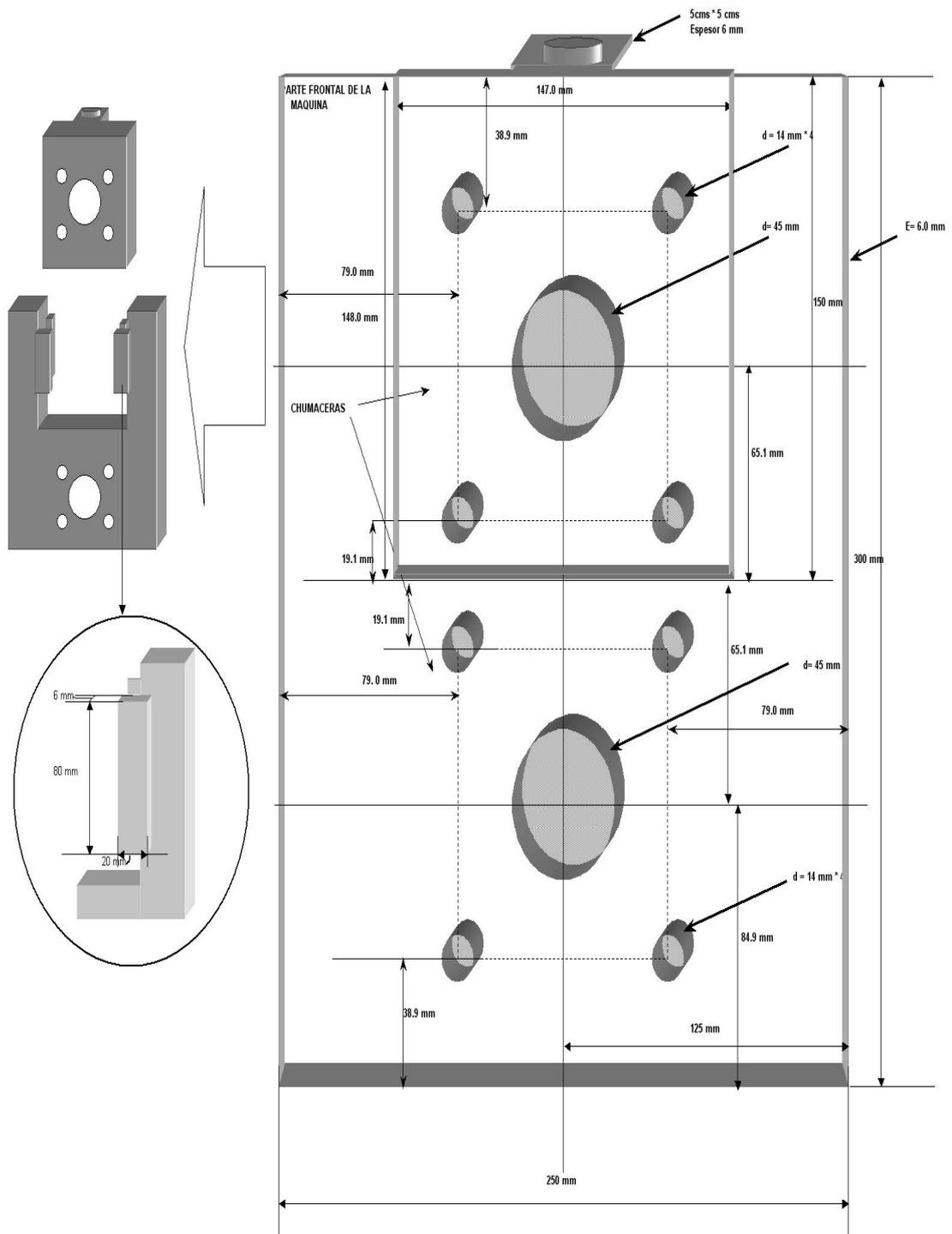


Figura 46. Diseño detallado de vistas laterales y base de la cabeza

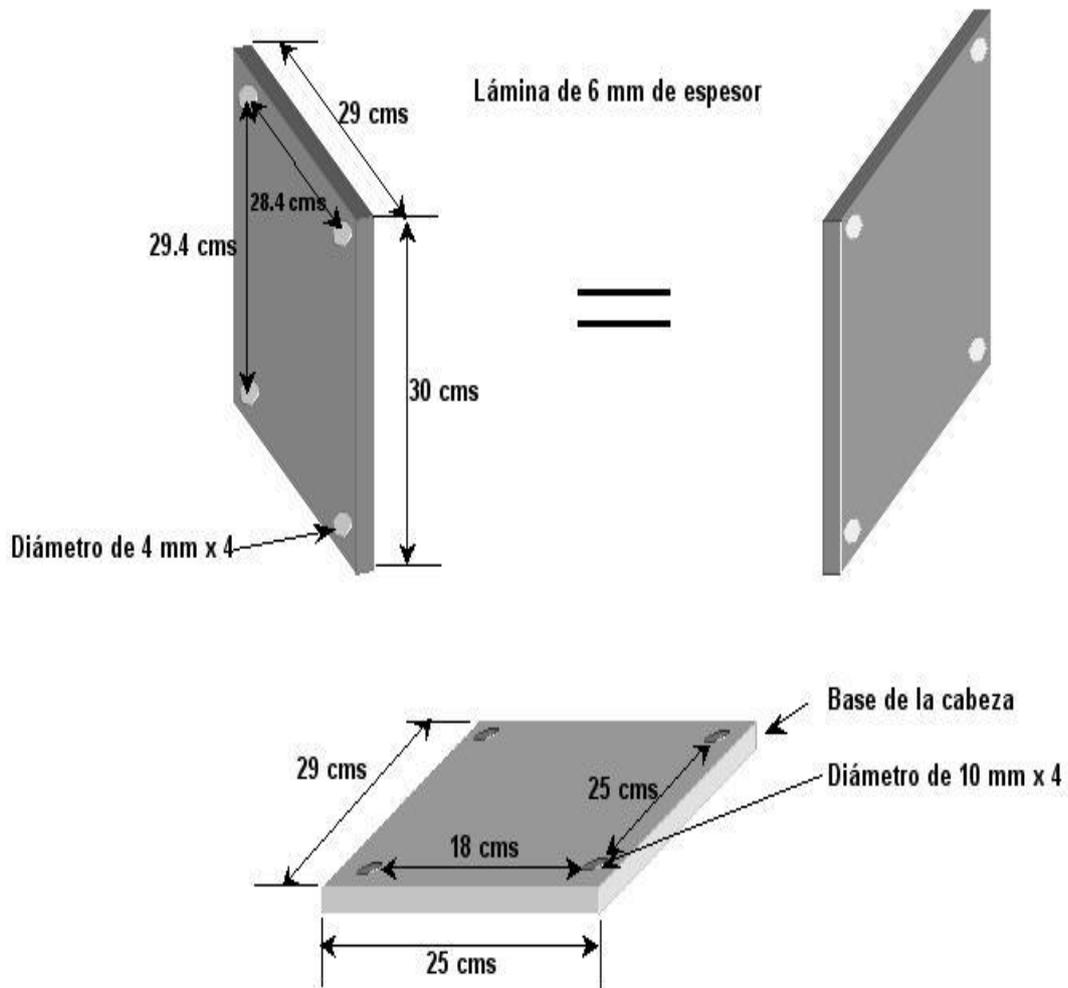


Figura 47. Diseño detallado de la planta

Lámina superior de la cabeza

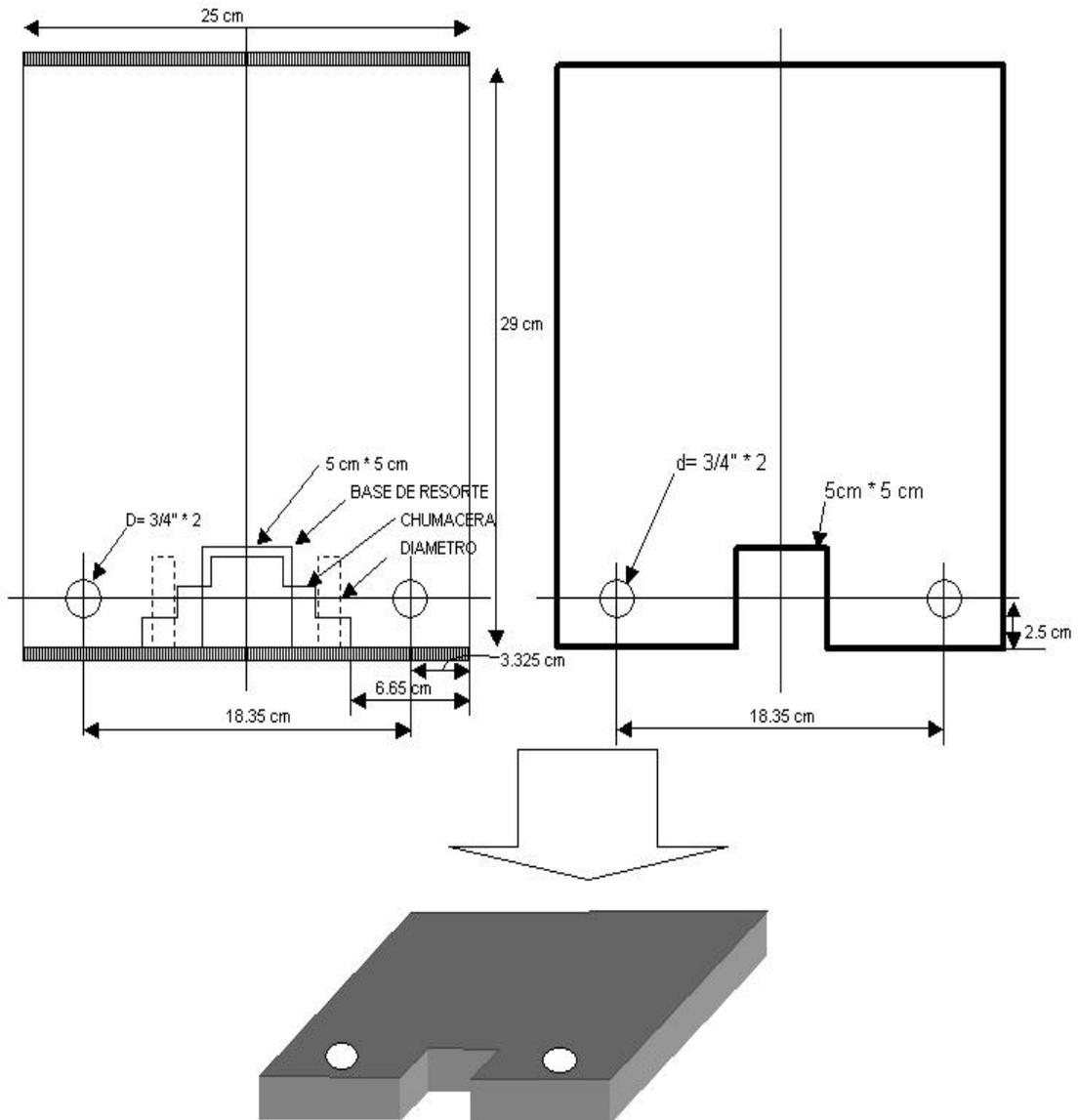


Figura 48. Diseño detallado de los ejes y poleas

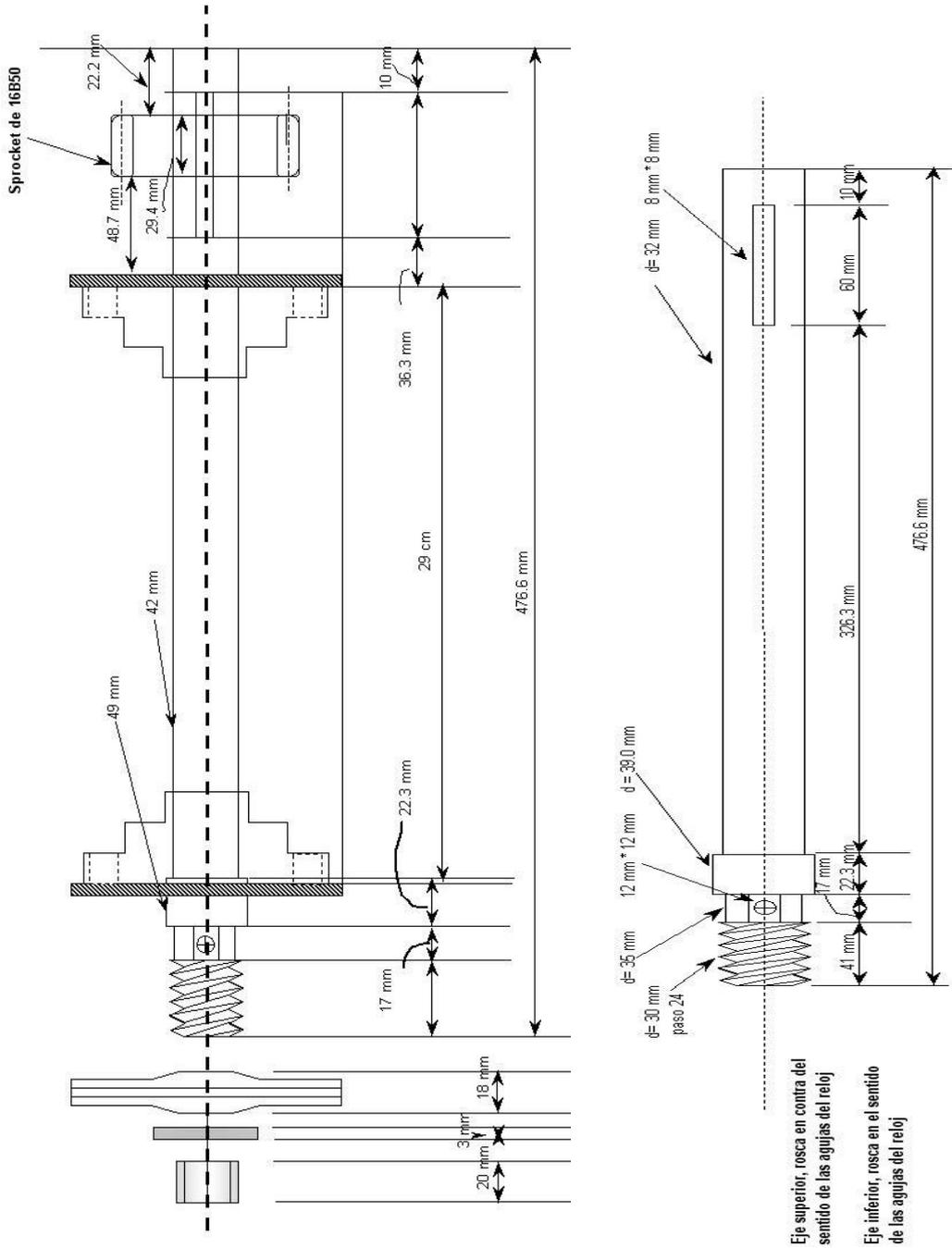


Figura 49. Diseño general del motorreductor

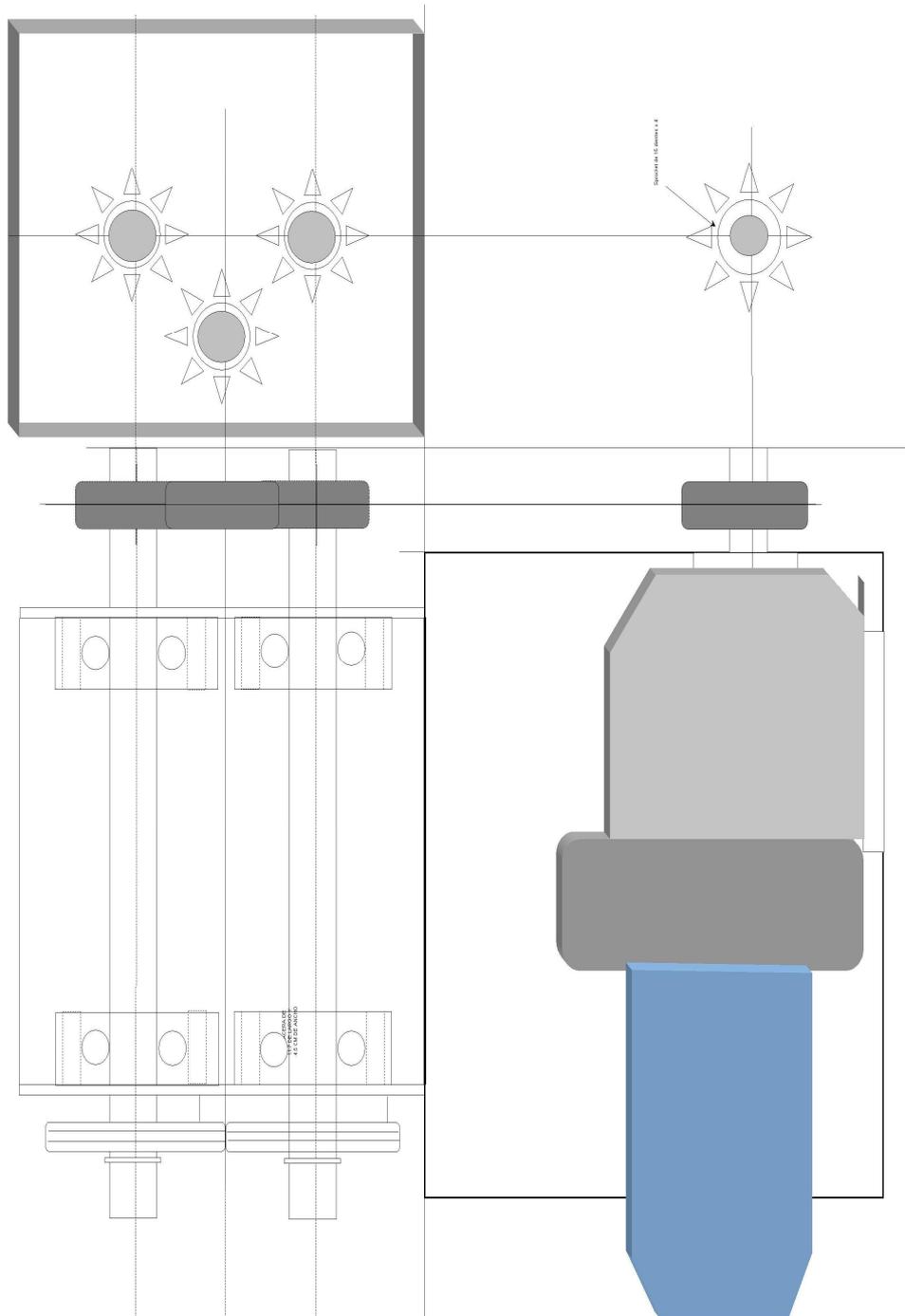




Figura 51. Diseño de detallado de los mecanismos de presión de la polea móvil y soportes de la misma

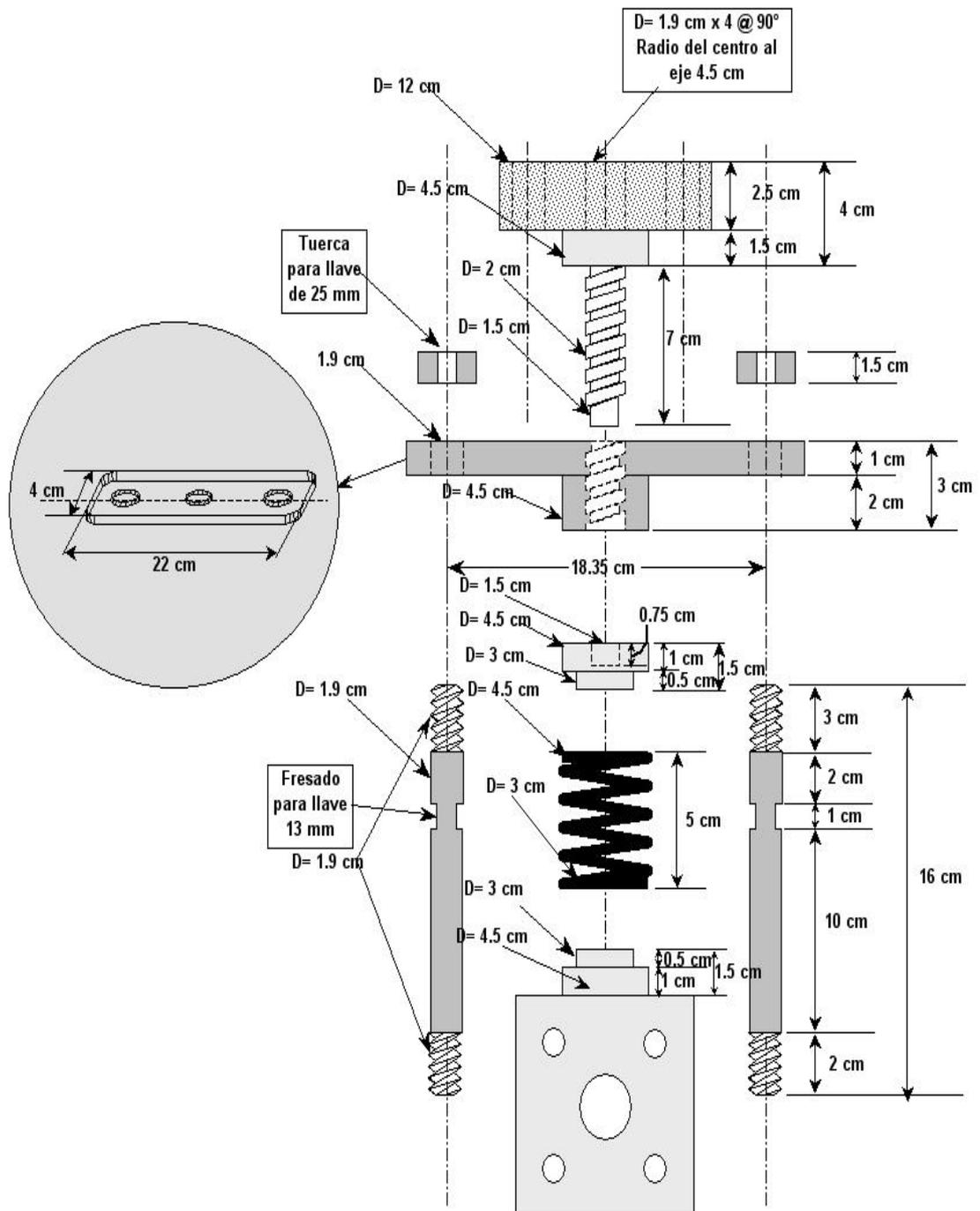


Figura 52. Diseño detallado del mecanismo de pedal de avance y retorno del alambre

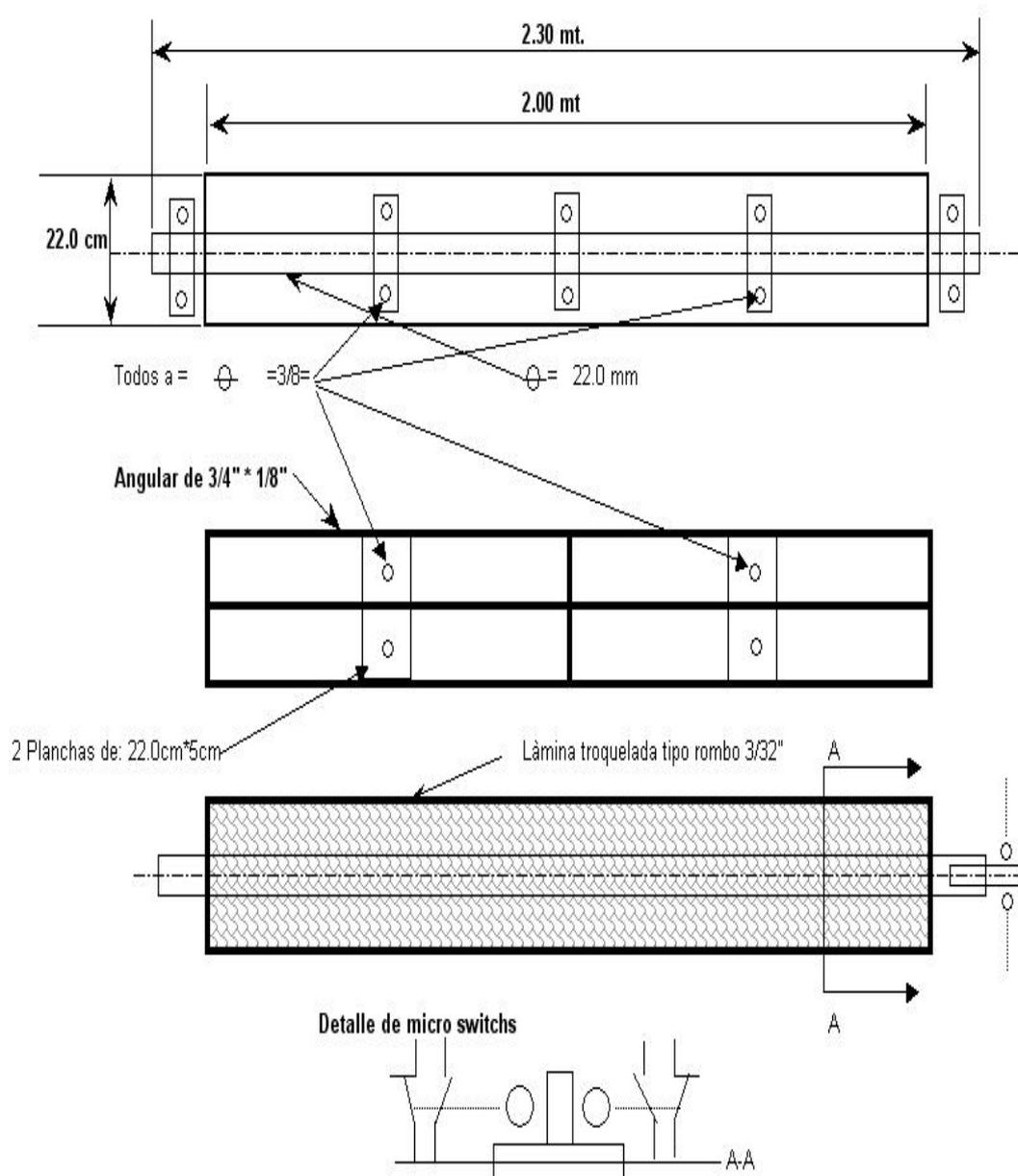
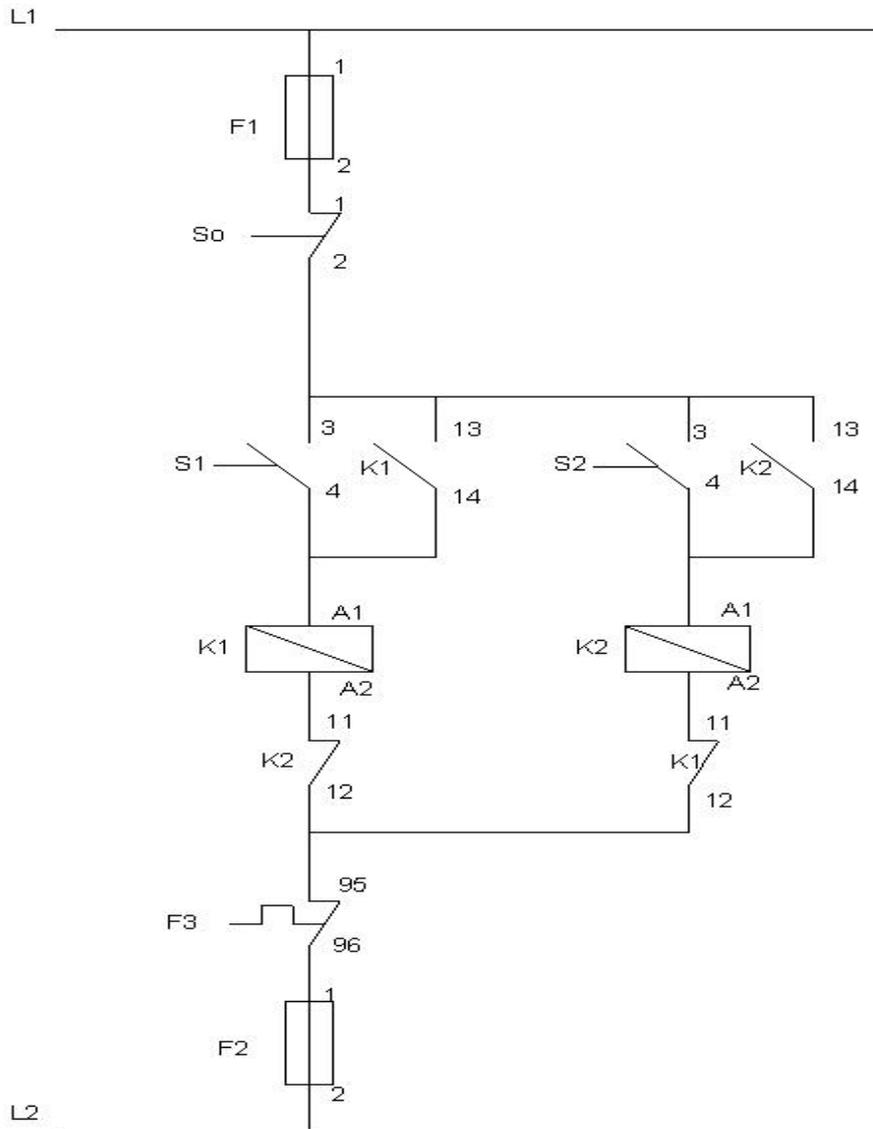
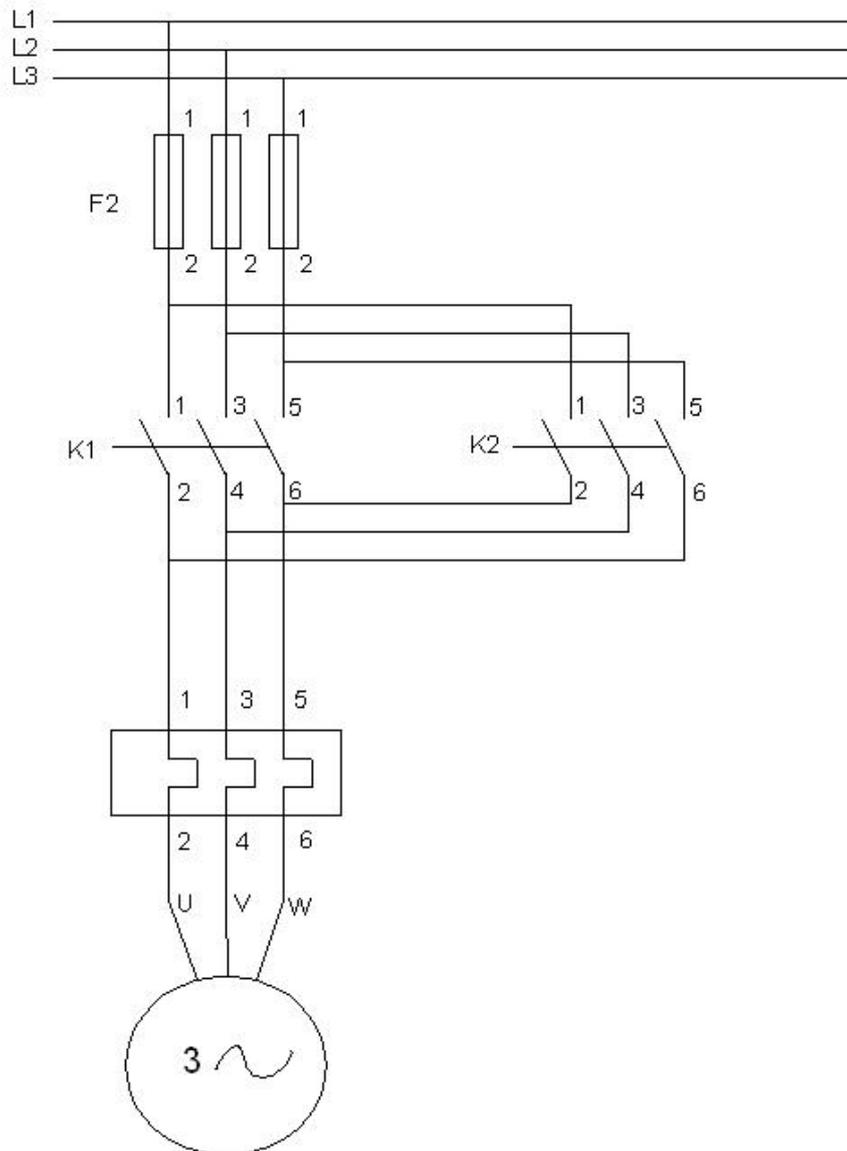


Figura 53. Diagrama detallado del circuito de mando eléctrico



En el circuito de mando se detalla el equipo de accionamiento mecánico eléctrico que utiliza el operador.

Figura 54. Diagrama detallado del circuito de fuerza eléctrico



En el circuito de fuerza se detallan los componentes eléctricos que energizan el motor de tres fases.

Figura 55. Diseño detallado del gabinete

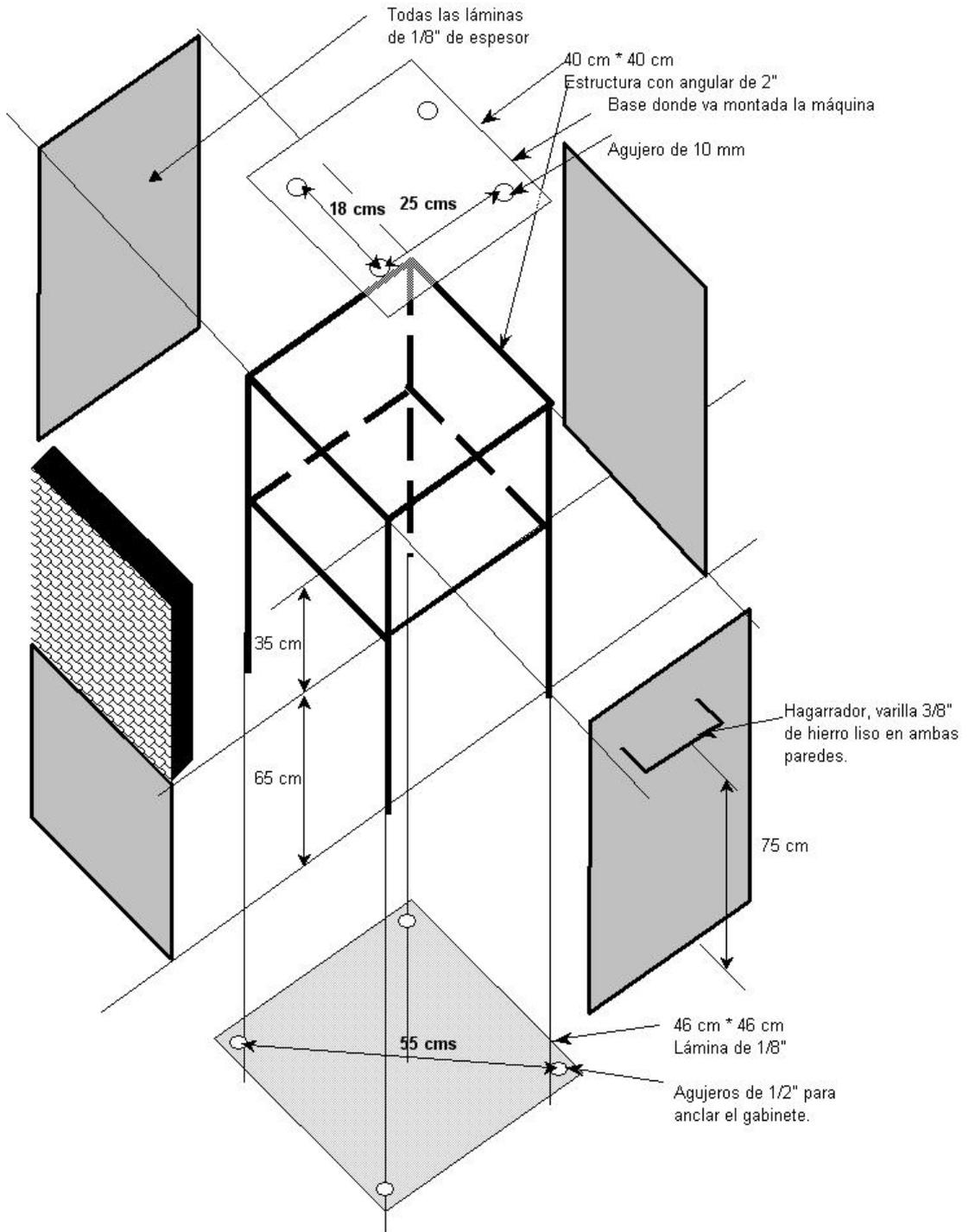


Figura 56. Diseño detallado de la mesa de operación

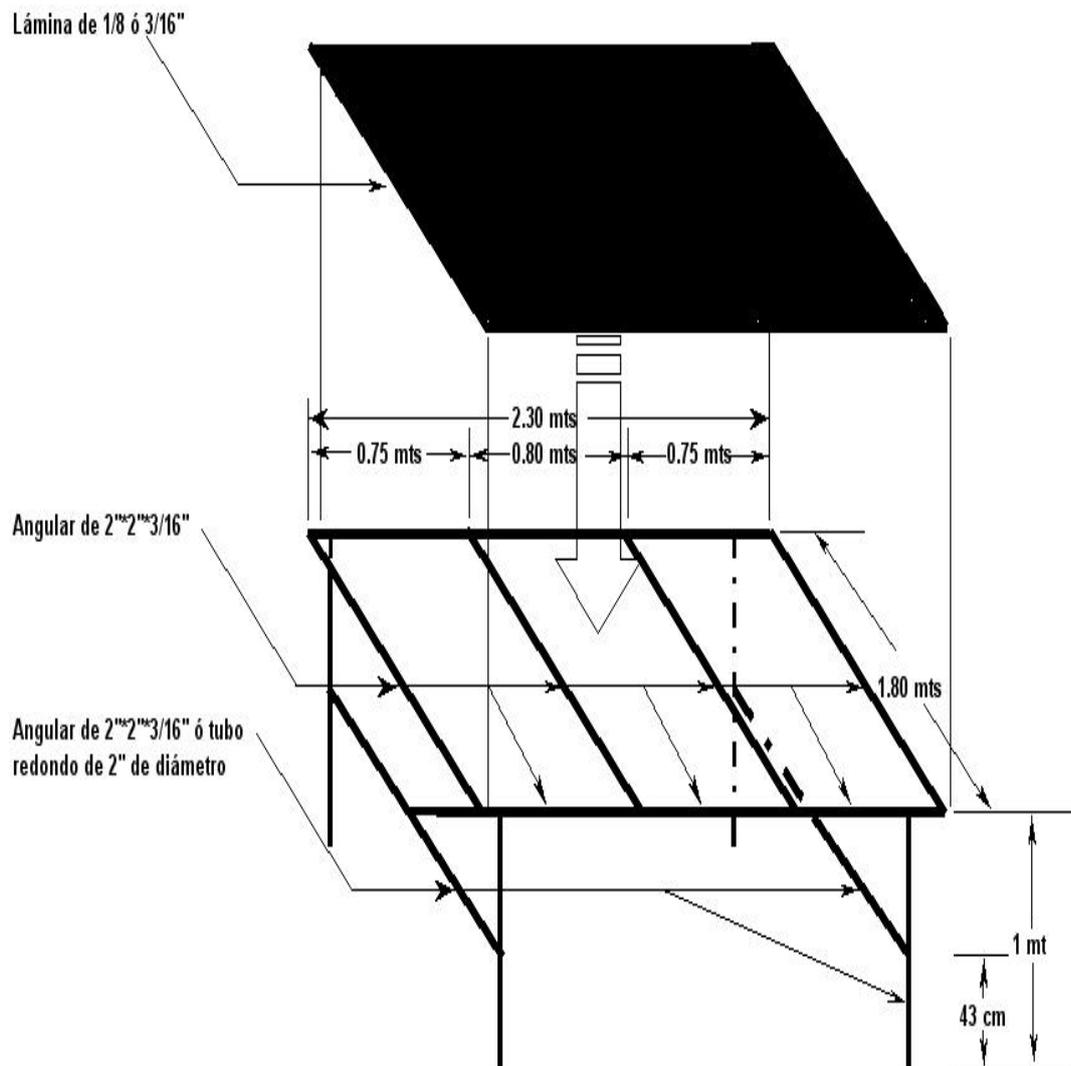
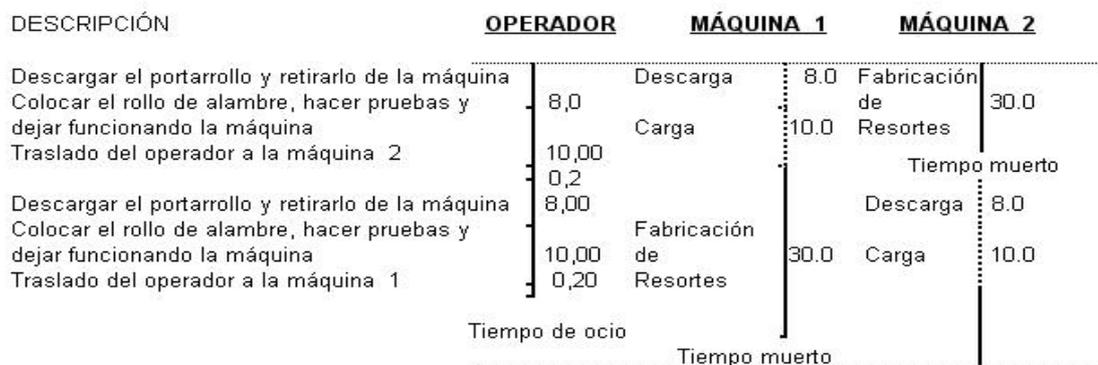


Figura 57. Diagrama del proceso hombre-máquina propuesto

DIAGRAMA DEL PROCESO HOMBRE MÁQUINA

Objeto del diagrama	<b>Fabricación de resorte tipo Bonell</b>	Diagrama número	<b>101</b>
Dibujo número	<b>F-210 B</b> Pieza No. <b>B-7.5</b>	Diagrama del método	<b>propuesto</b>
Comienzo del diagrama	<b>Cargar máquina con alambre en la devanadera</b>	Elaborado por	<b>C. Charchalac</b>
Final del diagrama	<b>Descargar portarrollo de alambre</b>	Fecha	<b>02/03/2004</b> Hoja <b>1</b> de <b>1</b>



CÁLCULOS

Tiempo de carga	10 min.
Tiempo de descarga	8 min.
Tiempo de traslado entre máquinas	0.20 min
Salario del operador	Q. 5.90/h
Costo de operación de máquina	Q.10.00 / h
Tiempo de trabajo de la máquina	30 min.

El cálculo se efectúa con base en la distribución actual con 2 máquinas asignadas al operador.

EL TIEMPO ESTÁ EXPRESADO EN MINUTOS

Tiempo productivo del operador =	10+8+0.20=	18,2 min.
Tiempo productivo de la máquina	30 min.	

	Operador	Máquina
T productivo	36,4	30
T improductivo		18
T ocio	12	0,4
<b>TIEMPO DEL CICLO</b>	<b>48.4 MIN</b>	<b>48.4 min</b>

PRODUCTIVIDAD OBTENIDO

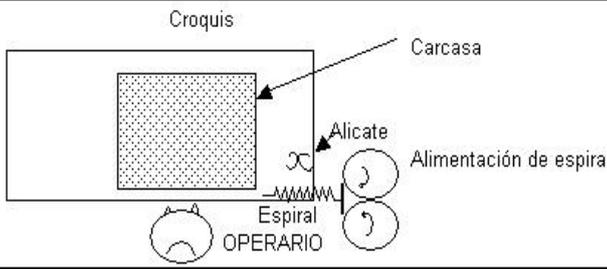
OPERADOR	$\frac{36 \times 1 \times 5.90}{60}$	( Q ) 3,54
MÁQUINA	$\frac{30 \times 2 \times 10}{60}$	10
SUMA		<b>13,54</b>

INVERTIDO

	$\frac{48 \times 1 \times 5.90}{60}$	( Q ) 4,72
	$\frac{48 \times 2 \times 10}{60}$	16
		<b>20,7</b>

EFICIENCIA	$\frac{OBTENIDO}{INVERTIDO}$	$\frac{13,54}{20,7}$	<b>65,35%</b>
------------	------------------------------	----------------------	---------------

Figura 58. Diagrama del proceso para el operario método propuesto

DIAGRAMA DEL PROCESO DEL OPERARIO MÉTODO PROPUESTO					
Operación		<u>Ensamble de marco de carcasa a carcasa con espiral</u>		Hoja <u>1</u> de <u>1</u>	
Pieza número		<u>Esp-01</u>		Diagrama <u>103</u>	
Dibujado por		<u>C. Charchalac</u>		Fecha <u>15/02/2004</u>	
		Depto. <u>11</u>		Diagrama del método <u>propuesto</u>	
					
Mano izquierda	Tiempo (seg)	Símbolos		Tiempo (seg)	Mano derecha
Alcanzar polea	1	AL	AL	1	Alcanzar la polea
Tomar polea	1	T	T	1	Tomar la polea
Mover	2	M	M	2	Mover
Apretar poleas de alimentación	3	P	P	3	Apretar las poleas de alimentación
Soltar polea	1	SL	SL	1	Soltar la polea
Alcanzar punta de espiral	1	AL	AL	1	Alcanzar la punta del espiral
Tomar punta del espiral	1	T	T	1	Tomar la punta del espiral
Mover punta del espiral	1	M	M	1	Mover la punta del espiral
Colocar en posición	1	P	P	1	Colocar en posición
Ensamblar espiral con carcasa	1	E	E	1	Ensamblar el espiral con la carcasa
Guiar el espiral	4	M	M	4	Guiar el espiral
Soltar el espiral	1	SL	SL	1	Soltar el espiral
Alcanzar el extremo de la carcasa	2	AL	AL	3	Alcanzar el alicate al extremo
Tomar la carcasa	2	T	T	1	Tomar el alicate
Sostener la carcasa	3	SO	M	2	Llevar el alicate hacia la carcasa
Soltar la carcasa	1	SL	P	3	Cortar el espiral y hacer remate
Alcanzar el inicio de la carcasa	3	AL	AL	3	Alcanzar el alicate al inicio
Tomar la carcasa	2	T	T	1	Tomar el alicate
Sostener la carcasa	3	SO	M	1	Llevar el alicate hacia la carcasa
Soltar la carcasa	1	SL	P	2	Cortar el espiral y hacer remate
			SL	1	Soltar el alicate

Alcanzar la carcasa	2	AL	AL	2	Alcanzar la carcasa
Tomar la carcasa	1	T	T	1	Tomar la carcasa
Voltear la carcasa	2	M	M	2	Voltear la carcasa
Soltar la carcasa	1	SL	SL	1	Soltar la carcasa
Alcanzar la punta del espiral	1	AL	AL	1	Alcanzar la punta del espiral
Tomar la punta del espiral	1	T	T	1	Tomar la punta del espiral
Mover la punta del espiral	1	M	M	1	Mover la punta del espiral
Colocar en posición	1	P	P	1	Colocar en posición
Ensamblar el espiral con la carcasa	1	E	E	1	Ensamblar el espiral con la carcasa
Guiar el espiral	4	M	M	4	Guiar el espiral
Soltar el espiral	1	SL	SL	1	Soltar el espiral
Alcanzar el extremo de la carcasa	2	AL	AL	3	Alcanzar el alicate al extremo
Tomar la carcasa	2	T	T	1	Tomar el alicate
Sostener la carcasa	3	SO	M	2	Llevar el alicate hacia la carcasa
Soltar la carcasa	1	SL	P	3	Cortar el espiral y hacer remate
Alcanzar el inicio de la carcasa	3	AL	AL	3	Alcanzar el alicate al inicio
Tomar la carcasa	2	T	T	1	Tomar el alicate
Sostener la carcasa	3	SO	M	1	Llevar el alicate hacia la carcasa
Soltar la carcasa	1	SL	P	2	Cortar el espiral y hacer remate
			SL	1	Soltar el alicate
	Total				68 Seg.
	Tiempo del ciclo				68 segundos
	Piezas por ciclo				1
	Tiempo por pieza				68 segundos

### 3.6.1 Modelos matemáticos

#### SELECCIÓN DE LA UNIDAD REDUCTORA

$$P = f \cdot v / t \cdot 75 \text{ kg} \cdot 0.8$$

$$P = (75 \text{ kgs} \cdot 60 \text{ m/min}) / (60 \text{ s} \cdot 75 \text{ kg} \cdot 0.8)$$

$$P = 1.25 \text{ hp}$$

P Potencia  
 f Fuerza de arrastre  
 v Velocidad en m/s  
 t 60 segundos  
 0.8 coeficiente de fricción

Considerando un margen de seguridad de 25%

$$P = 1.25 + 1.25 \cdot 0.25 = 1.56 \text{ hp.}$$

Se compra un motor de 2 hp.

#### DETERMINAR EL DIÁMETRO MÍNIMO DEL PIÑÓN

$$D_{\min} = 2M \sqrt{(K_d \cdot K_1) / p}$$

$$M = 716.20 \cdot \text{hp} / n$$

$$M = 15.56 \text{ kg-m}$$

M Par de torsión kgm  
 Kd Factor de servicio  
 K1 Cte. 1.50  
 P Fuerza radial  
 n r.p.m.

$$D_{\min} = 2 \cdot 15.56 \text{ kg-m} \cdot \sqrt{(1.20 \cdot 1.50) / 500 \text{ kg}}$$

$$D_{\min} = 0.083 \text{ m} \cdot 100 \text{ cm}$$

$$D_{\min} = 8.3 \text{ cms.}$$

El diámetro mínimo del piñón es de 8.3 cms. Se utilizarán 4 piñones del mismo número de dientes, para que la relación de transmisión, sea de 1:1.

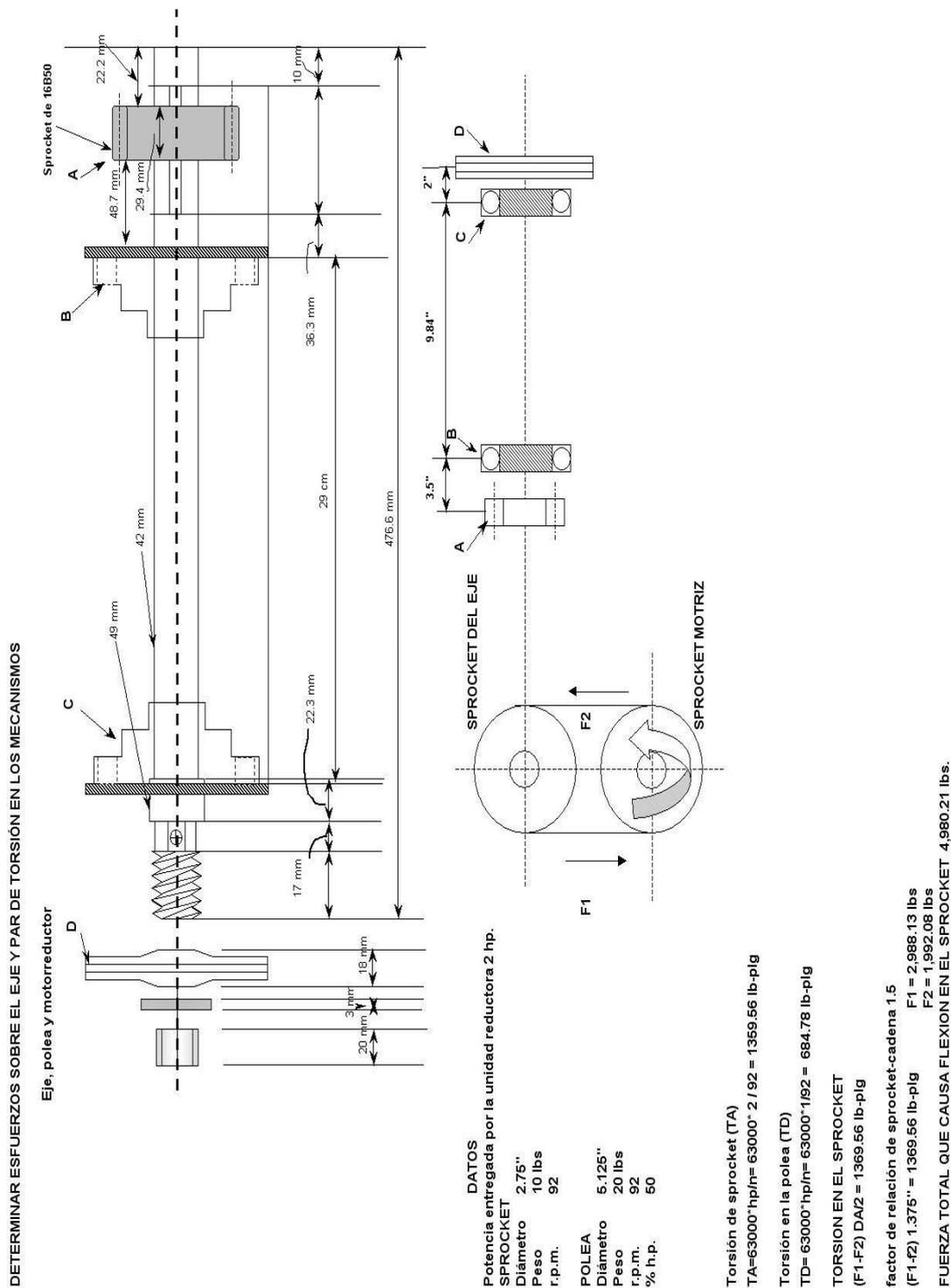


**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Figura 59. Cálculos de las poleas



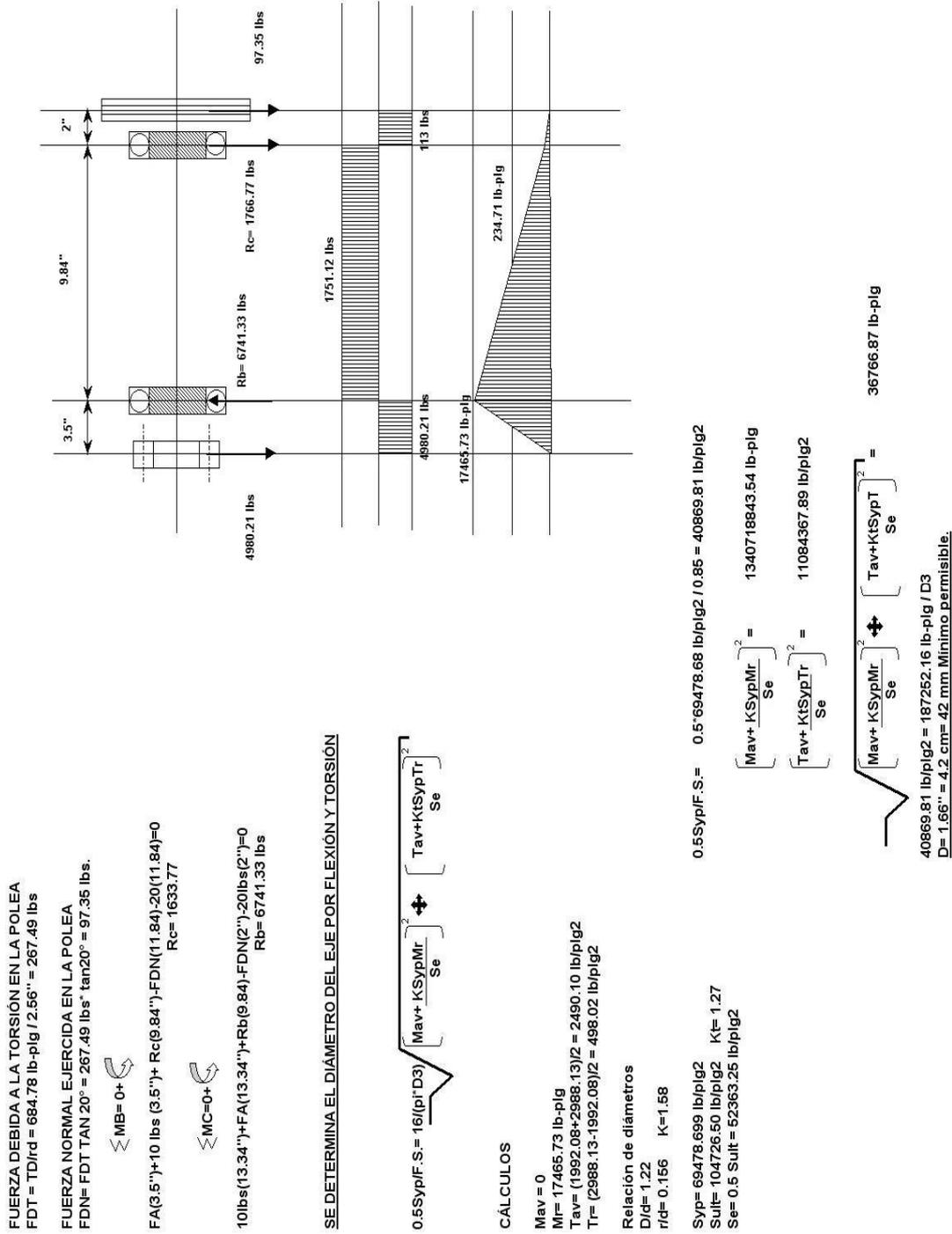


**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Figura 60. Diagrama de esfuerzos



PAR NECESARIO PARA PRESIONAR EL RESORTE

CON UN TORNILLO DE POTENCIA

dm= diámetro medio

W = peso en lbs del tornillo

fs = factor de servicio de tuerca

$\alpha_n$  = ángulo de rosca

$\alpha_h$  = ángulo de helice

dmc = diámetro del collar

fc = coeficiente por deslizamiento

$$M = (dm (w + P) / 2) * ((fs - \cos \alpha_n \tan \alpha_h) / (\cos \alpha_n + fs \tan \alpha_h)) * dmc \cdot fc (w + P) / 2$$

Determinar el par necesario que se requiere en un tornillo de potencia para deformar un resorte de máximo 1 cm y una compresión de 121.72 kgs.

$$\alpha_h = 4^\circ 33' = 4.55^\circ$$

$$\alpha_n = 15^\circ$$

$$dmc = 2.95 \text{ cm}$$

$$P = 121.72 \text{ kgs.}$$

$$h = 0.2116582 \text{ cm}$$

$$fs = fc = 0.17$$

CÁLCULOS

$$dm = 2.95 \text{ cm} - 0.2116582 \text{ cm} = 2.7383 \text{ cms.}$$

$$M = 0.027383 (2\text{kg} + 121.72 \text{ kg}) / 2 * ((0.17 - \cos 15^\circ \tan 4.55^\circ) / (\cos 15^\circ + 0.17 \tan 4.55^\circ)) + (2.95 \text{ cm} * 0.17 * (2\text{kg} + 121.72 \text{ kg})) / 2$$

$$M = 0.47129 \text{ kgm}$$

El resultado equivale a: 40 lb- plg

## CÁLCULO DEL RESORTE

D= Diámetro del alambre.

K = Cte, del resorte.

N = Factor de seguridad.

Na = Número de vueltas activas.

R = Radio medio del resorte.

Se requiere determinar la fuerza de reacción del resorte al requerir una deformación máxima de 1 cm.

$$f = 64 * P * R^3 * N / d^4 G$$

D = 7.5 mm

R = 1.67 cm

f = 1.0 cm

$$P = (1 \text{ cm}) * (0.75 \text{ cm})^4 * (805,000 \text{ kg / cm}^2) / 64 * (1.67 \text{ cm})^3 *$$

**P = 121.72 kg**

**Esta es la carga máxima sin que haya ruptura**

### 3.7 Construcción de la máquina

Fotos tomadas en el momento en que la máquina estaba siendo fabricada en el taller.

Figura 61. Cabeza principal

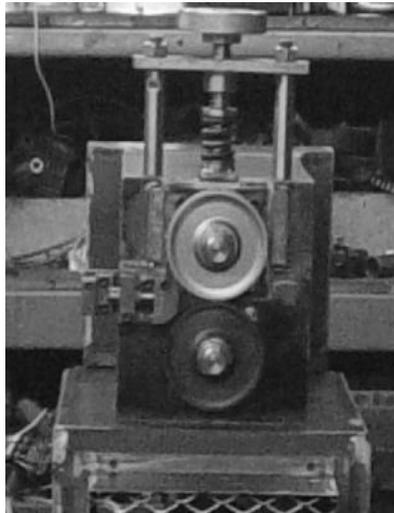


Figura 62. Elevación frontal

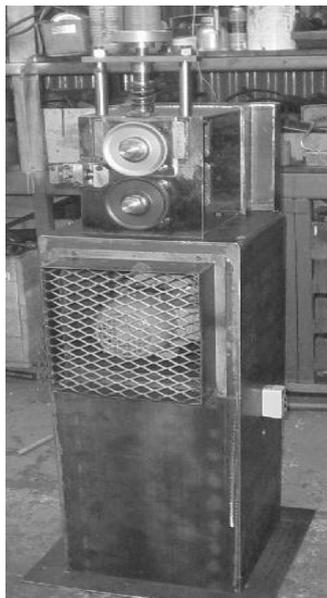


Figura 63. Distribución de los componentes del circuito eléctrico

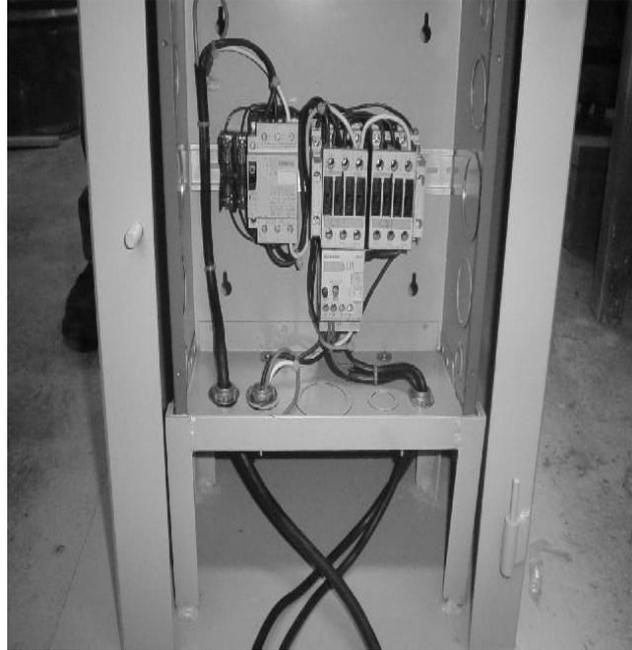


Figura 64. Mecanismo de transmisión y parte posterior



Figura 65. Ejes de transmisión

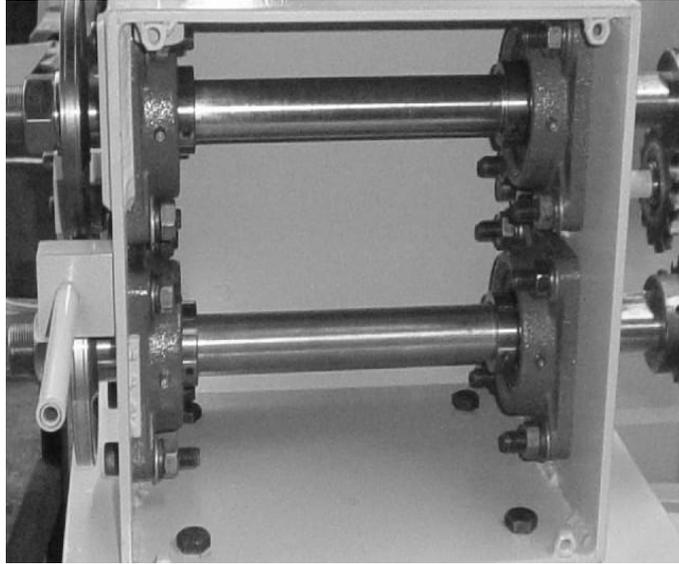


Figura 66. Devanadera de alambre





**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## 4. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO

### 4.1 Puesta en marcha del método, instalación de la máquina

Figura 67. Instalación del equipo y pruebas operativas



## 4.2 Obtención de nuevos datos de fabricación y costo de producción

Tabla XVII. Datos de fabricación y costos de producción de una carcasa matrimonial

		CAPACIDAD INSTALADA										
MÁQUINA	HORAS DE TRABAJO DIURNA	HORAS SEMANALES	JORNADA	PRODUCCIÓN POR HORA	PRODUCCIÓN DIARIA	PRODUCCIÓN SEMANAL	META SEMANAL	META MENSUAL	NUM. DE OPERADORES	NÚM. DE AYUDANTES	COSTO POR HORA	COSTO POR AYUDANTE POR HORA
RESORTERA 1	8	44	6:00-15:00	13,39285714	107,1428571	569,2857143	595,2381	2380,9524	1		6,91125	
RESORTERA 2	8	44	6:00-15:00	13,39285714	107,1428571	569,2857143	595,2381	2380,9524	1		6,91125	
ENSAMBLADORA 1	8	44	6:00-15:00	13	104	572	600	2400	1	1	5,69625	3,75
ENSAMBLADORA 2	8	44	6:00-15:00	13	104	572	600	2400	1	1	5,69625	3,75
ESPIRALADORA 1	8	44	6:00-15:00	7	56	308	325	1300	1		4,21875	
ESPIRALADORA 2	8	44	6:00-15:00	11	88	484	325	1300	1		4,21875	

### ANÁLISIS DE COSTOS

#### MATERIA PRIMA

$0.70.88 / u \times 7 u / h = 0.496.16$

#### MANO DE OBRA

JORNADA DIURNA  $2 \times 0.1,012.56 / 30 \times 8 = 0.4.22$  POR HORA NORMAL

#### COSTO DE ALMACENAJE

$0.7.5 u/mes * 1 mes / 720 hrs. = 0.010416667 u/hr.$

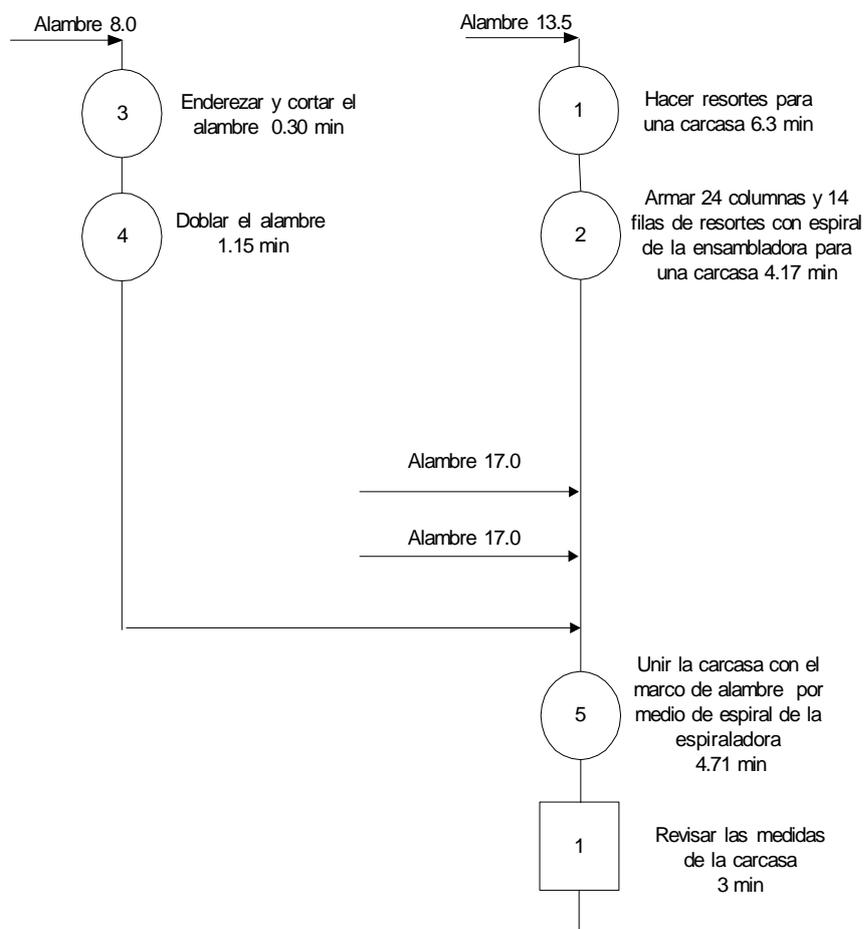
#### SUMATORIA DE COSTOS

J.D.	
T.N.	
M.P.	496,16
M.O.	8,44
ALMAC.	0,0104
<b>Costo / hr.</b>	<b>504,6104</b>

Figura 68. Diagrama de operación propuesto

**Tamaño:** matrimonial  
**Departamento:** resortes  
**Tipo de resorte:** Bonell

**Método:** propuesto  
**Fecha:** 30 de marzo del 2004  
**Finaliza:** inspección  
**Diámetro:** 7.5 cms



RESUMEN

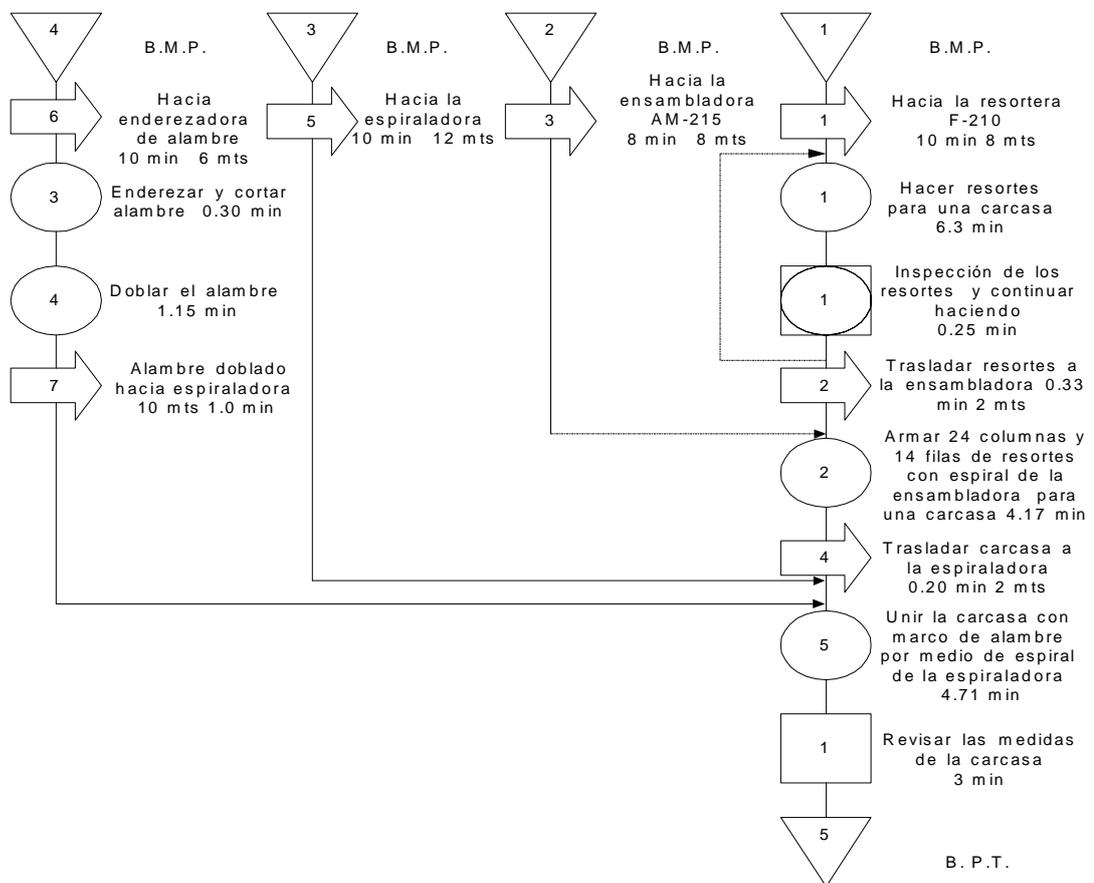
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	NÚM.	TIEMPO (min)
○	Operación	5	16.63
□	Inspección	1	3
<b>TOTAL</b>		<b>6</b>	<b>19.63</b>



Figura 70. Diagrama de flujo del proceso de una carcasa propuesto

**Tamaño:** matrimonial  
**Analista:** C. Charchalac  
**Departamento:** resortes  
**Inicia:** bodega materia prima  
**Tipo de resorte:** Bonell

**Método:** propuesto  
**Fecha:** 30 de marzo del 2004  
**Finaliza:** bodega de materia prima  
**Diámetro:** 7.5 cms



RESUMEN

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	NÚM.	TIEMPO (min)	DISTANCIA (mts)
○	Operación	5	16.63	
□	Inspección	1	3	
◻	Combinada	1	0.25	
→	Transporte	7	39.53	48
▽	Almacenamiento	5		
	<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>59.41</b>	<b>48</b>

### 4.3 Establecimiento de programas de mantenimiento y lubricación

El programa de mantenimiento está incluido en la guía de control de lubricación. Este procedimiento es sencillo, se lleva una hoja de control en la que se indica el requerimiento de limpieza o de lubricación, luego de efectuar el procedimiento se marca como lo indica la hoja de control, si efectuado o no efectuado. Las partes a limpiar y lubricar se detallan en una guía visual de las piezas a limpiar y lubricar.

Figura 71. Hoja de mantenimiento preventivo

**CONTROL DE LUBRICACIÓN**  
**MÁQUINA ESPIRALADORA**

ANTES DE LUBRICAR ES NECESARIO LIMPIAR LA SUPERFICIE DE LA MÁQUINA, PARA QUE EL LUBRICANTE NO SE MEZCLE CON SUCIEDAD.  
SE RECOMIENDA LIMPIAR COMPLETAMENTE LA MÁQUINA CADA SEMANA

PUNTO DE LUBRICACIÓN     
  SÍ SE LUBRICÓ     
  LIMPIEZA DE TODA LA MÁQUINA  
 NO SE LUBRICÓ     
  LIMPIEZA NO EFECTUADA

**PUNTOS DE LUBRICACIÓN**

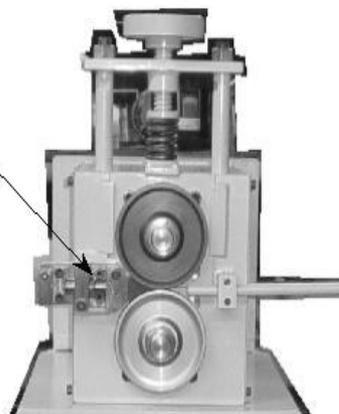
MES	1	2	3	4	5	6	7	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
L									
M									
M									
J									
V									
S									
L									
M									
M									
J									
V									
S									
L									
M									
M									
J									
V									
S									
L									
M									
M									
J									
V									
S									

Figura 72. Guía de los puntos de lubricación

**MÁQUINA  
ESPIRALADORA**

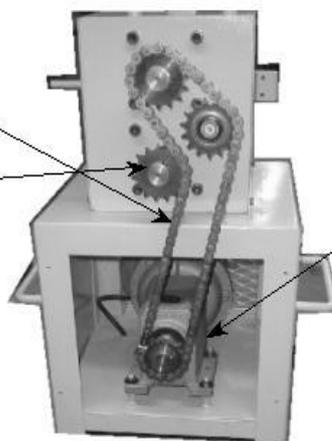
**VISTA FRONTAL**

**LUBRICAR EL EQUIPO APAGADO**  
**LIMPIAR ANTES DE LUBRICAR**  
**PARTES MÓVILES DEL FORMADOR**  
**USAR: ACEITE ISO-150**  
**LUBRICACIÓN DOS VECES AL DÍA**  
**PUNTO 1**



**VISTA POSTERIOR**

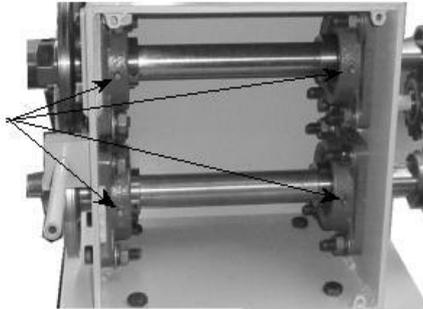
**LUBRICAR EL EQUIPO APAGADO**  
**LIMPIAR ANTES DE LUBRICAR**  
**CADENA DE TRANSMISIÓN**  
**USAR: ACEITE ISO-150 Y CUBRIR LA**  
**CADENA CON GRASA GRADO EP-2**  
**SPROCKETS**  
**LIMPIEZA GENERAL**  
**LUBRICAR CADA DOS SEMANAS**  
**PUNTO 2**



**LA INSPECCIÓN SE EFECTÚA CON**  
**EL EQUIPO APAGADO**  
**INSPECCIÓN DEL NIVEL DE ACEITE**  
**CAJA REDUCTORA**  
**VERIFICAR QUE EL ACEITE ESTÉ**  
**ENTRE EL NIVEL SUPERIOR E INFE-**  
**RIOR. SI ESTÁ DEBAJO DEL INFE-**  
**RIOR AGREGAR ACEITE.**  
**USAR: ACEITE ISO-220**  
**INSPECCIÓN MENSUAL**  
**PUNTO 3**

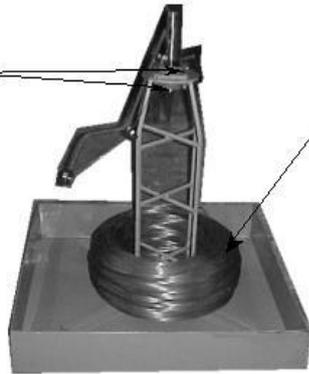
### RODAMIENTOS DE LOS EJES DE TRANSMISIÓN

LUBRICAR CON EL EQUIPO APAGADO  
LIMPIAR ANTES DE LUBRICAR  
RODAMIENTOS DE CHUMACERAS  
USAR: ENGRASADORA MANUAL  
CON GRASA DE LITIO EP-2  
LUBRICAR CADA DOS SEMANAS  
PUNTO 4



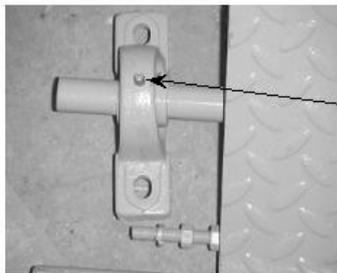
### BANDEJA Y DEVANADERA

LUBRICACIÓN CON EL EQUIPO APAGADO  
LIMPIAR ANTES DE LUBRICAR  
RODAMIENTOS DE CHUMACERAS  
USAR: ENGRASADORA MANUAL Y  
GRASA DE LITIO EP-2  
LUBRICAR CADA DOS SEMANAS  
PUNTOS 5

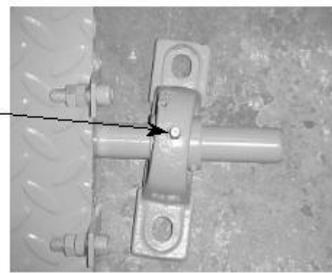


LIMPIAR ANTES DE LUBRICAR  
LUBRICACIÓN ALAMBRE DE ALIMEN-  
TACIÓN  
LUBRICAR CADA CAMBIO DE ROLLO  
USAR: ACEITE GRADO 40 S/ADITIVOS  
PUNTO 6

### PEDAL DE ACCIONAMIENTO DEL MOTOR



LIMPIAR ANTES DE LUBRICAR  
RODAMIENTOS DE CHUMACERAS  
USAR: ENGRASADORA MANUAL CON  
GRASA DE LITIO EP-2  
LUBRICACIÓN CADA DOS SEMANAS  
PUNTO 7

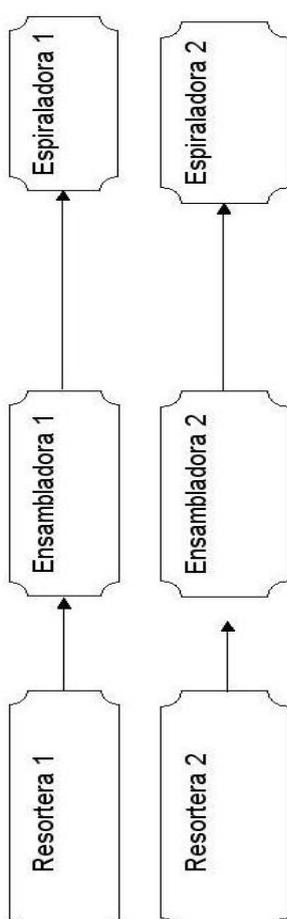


### 5. SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA

Tabla XVIII. Verificación de la economía y rentabilidad de la máquina determinando los nuevos costos de fabricación

MÁQUINA	HORAS DE TRABAJO DIURNA	HORAS SEMANALES	JORNADA	PRODUCCIÓN POR HORA	PRODUCCIÓN DIARIA	PRODUCCIÓN SEMANAL	CAPACIDAD INSTALADA		COSTO POR OPERADOR POR HORA	COSTO POR AYUDANTES POR HORA	COSTO POR AYUDANTE POR HORA
							META SEMANAL	META MENSUAL			
RESORTERA 1	8	44	6:00-15:00	13,392,867.14	107,142,857.1	595,2381	2380,9524	1	6,911.25		
RESORTERA 2	8	44	6:00-15:00	13,392,867.14	107,142,857.1	595,2381	2380,9524	1	6,911.25		
ENSAMBLADORA 1	8	44	6:00-15:00	13	104	572	2400	1	5,886.25		3,75
ENSAMBLADORA 2	8	44	6:00-15:00	13	104	572	2400	1	5,886.25		3,75
ESPIRALADORA 1	8	44	6:00-15:00	7	56	308	1300	1	4,218.75		
ESPIRALADORA 2	8	44	6:00-15:00	11	88	484	1300	1	4,218.75		



PRONOSTICO DE RIESGO

MES	DISPONIBILIDAD		REQUERIMIENTO		TOTAL (hrs)
	L-V	S	POR HORA		
FEBRERO	3000	20	4	166,6666667	166,6666667
MARZO	2900	23	4	161,1111111	161,1111111
ABRIL	2500	20	3	138,8888889	138,8888889

REQUERIMIENTO

Tabla XIX. Cálculo de jornadas propuesto

**CÁLCULO DE JORNADAS**

**JORNADA DIURNA**

		FEBRERO	
TIEMPO NORMAL (hrs)	$20 \times 8 + 4 \times 4 =$	176	TIEMPO EXTRA (hrs) NO NECESARIO
<b>MARZO</b>			
TIEMPO NORMAL (hrs)	$23 \times 8 + 4 \times 4 =$	200	TIEMPO EXTRA (hrs) NO NECESARIO
<b>ABRIL</b>			
TIEMPO NORMAL (hrs)	$20 \times 8 + 3 \times 4 =$	172	TIEMPO EXTRA (hrs) NO NECESARIO

		JORNADA DIURNA	
	T.N.	T.E.	TOTAL
FEBRERO	176	0	176
MARZO	200	0	200
ABRIL	172	0	172



CUMPLE CON EL REQUERIMIENTO

**ANÁLISIS DE COSTOS**

**MATERIA PRIMA**

$Q. 70.88 / u \times 7 u / h = Q.496,16$

**MANO DE OBRA**

**JORNADA DIURNA**  $2 \times Q. 1.012.56 / 30 \times 8 = Q8,44 \text{ POR HORA NORMAL}$

**COSTO DE ALMACENAJE**

$Q. 7.5 \text{ u/mes} \times 1 \text{ mes} / 720 \text{ hrs.} = 0,010416667 \text{ u/hr.}$

**SUMATORIA DE COSTOS**

	J.D.
	T.N.
M.P.	496,16
M.O.	8,44
ALMAC.	0,0104
<b>Costo / hr.</b>	<b>504,6104</b>

**MATRIZ DE LA CARCASA**

DISPONIBILIDAD		FEBRERO	MARZO	ABRIL
		J.D.	J.D.	J.D.
REQUERIMIENTO		T.N.	T.N.	T.N.
	D	167		
FEBRERO	C	504,6104		
167	As	167		
	D	9	161	
MARZO	C	8,44	504,6104	
161	As		161	
	D		39	139
ABRIL	C		8,44	504,6104
139	As			139

**COSTO TOTAL**

Tiempo de ocio= es el tiempo que sobra en tiempo normal.  
Tocio= Q683,64

Tiempo normal= es la asignación, por la sumatoria de los tiempos normales.  
Tn= Q235.653,06

Tiempo extra = es la asignación por la sumatoria de los tiempos extraordinarios.  
Te= Q0,00

<b>SUMA</b>	<b>Q236.336,70</b>
-------------	--------------------

## 5.1 Inspección de los datos técnicos del espiral fabricado

Los parámetros que se consideran para ser evaluados son los siguientes

- a. Diámetro del alambre
- b. Diámetro interno del espiral
- c. Diámetro externo del espiral
- d. Paso

El diámetro del alambre debe ser el indicado en la especificación. Un alambre de mayor diámetro destruirá el mecanismo de formación del espiral, tanto el mecanismo de formado como el de arrastre, y un alambre de menor diámetro no traccionará correctamente, se deslizará dentro de los mecanismos, provocando desgaste y calentamiento por exceso de fricción.

La variación del diámetro interno del espiral, significa que el formador está gastado, por lo tanto es necesario repararlo o cambiar el mismo.

La variación del diámetro externo, indica que la camisa guía del formador tiene desgaste, por lo tanto es necesario cambiar la misma, ya que de lo contrario el espiral, no va a pasar en la camisa de graduación.

El paso debe ser ajustado, ya que si está mal graduado, el avance del espiral dará problemas de atrancamiento o estará forzado a perder alineación para continuar su avance. Si el paso es muy grande, la resistencia del marco se verá afectada y éste puede fallar antes de cumplir su vida útil. Si es muy pequeña, provocará demasiado calentamiento en las piezas y se utilizará mayor cantidad de material para poder cubrir el perímetro de la carcasa, lo cual se vuelve improductivo para el fabricante.

### 5.1.1 Tolerancias permitidas en cada parámetro

Tabla XX. Diámetro del alambre



LIMITES	DIÁMETRO	CALIBRE
INFERIOR	0,058	16,8
CENTRAL	0,054	17
SUPERIOR	0,0527	17,2

La evaluación del diámetro del alambre se realiza mediante una evaluación de 20 muestras. La evaluación es efectuada con un micrómetro cuya precisión es de +/- 0.01

Figura 73. Diámetro del alambre

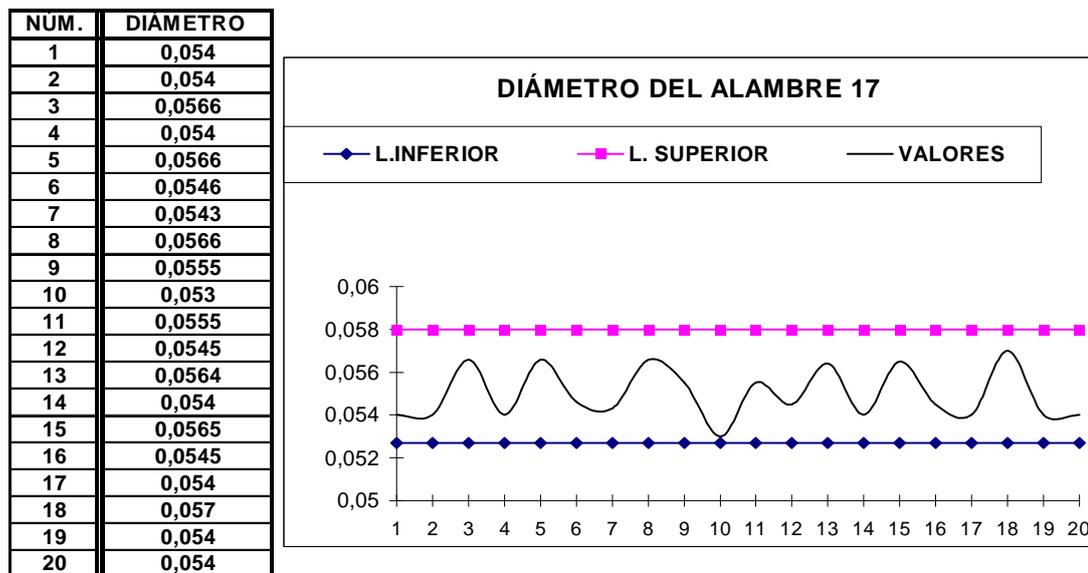


Tabla XXI. Diámetro interior del espiral



LIMITES	DIAMETRO
INFERIOR	11,9
CENTRAL	12
SUPERIOR	12,1

Figura 74. Diámetro interior del espiral

NÚM.	DIÁMETRO
1	11,95
2	12
3	11,95
4	12
5	12,05
6	11,95
7	11,95
8	12
9	12
10	12,05
11	11,95
12	11,95
13	11,95
14	12
15	12,05
16	12
17	12,05
18	12,05
19	12
20	12,05

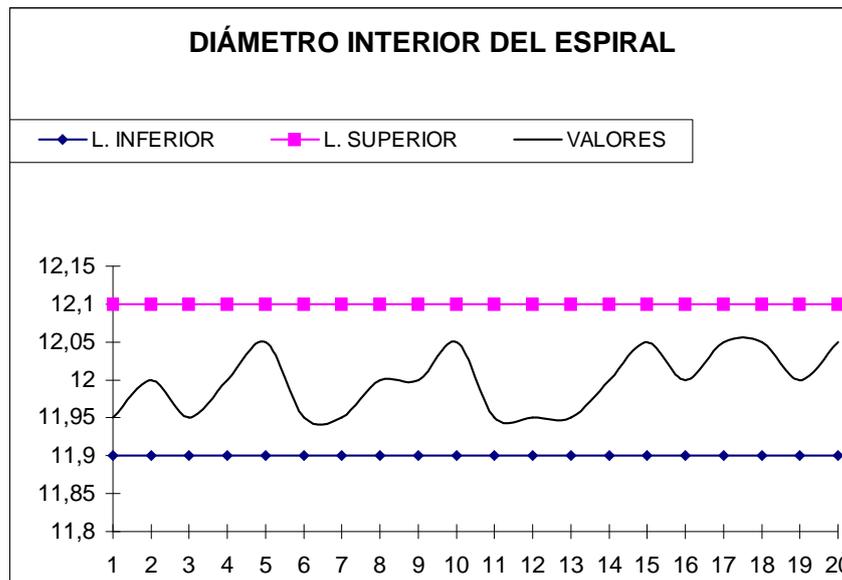


Tabla XXII. Diámetro exterior del espiral



LIMITES	DIAMETRO
INFERIOR	12,355
CENTRAL	12,395
SUPERIOR	12,45

Figura 75. Diámetro exterior del espiral

NUM.	DIAMETRO
1	12,4
2	12,4
3	12,395
4	12,395
5	12,395
6	12,395
7	12,4
8	12,395
9	12,395
10	12,4
11	12,4
12	12,4
13	12,4
14	12,395
15	12,395
16	12,395
17	12,4
18	12,395
19	12,4
20	12,395

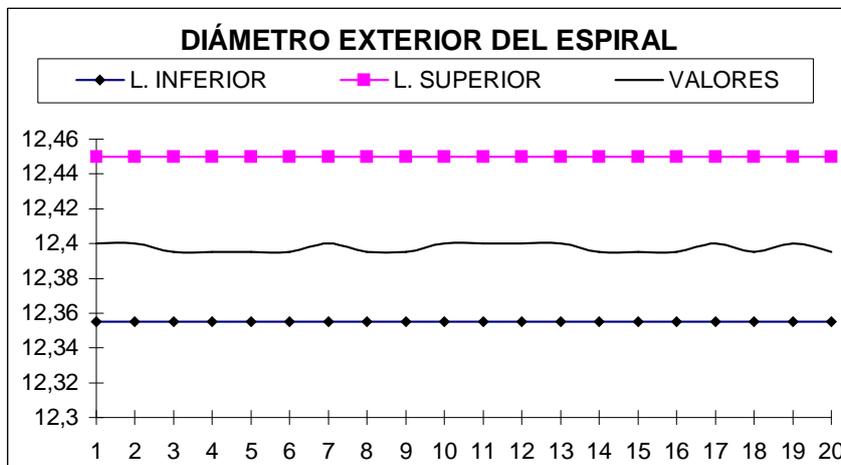
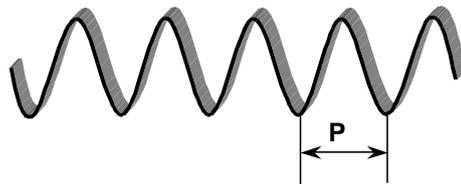


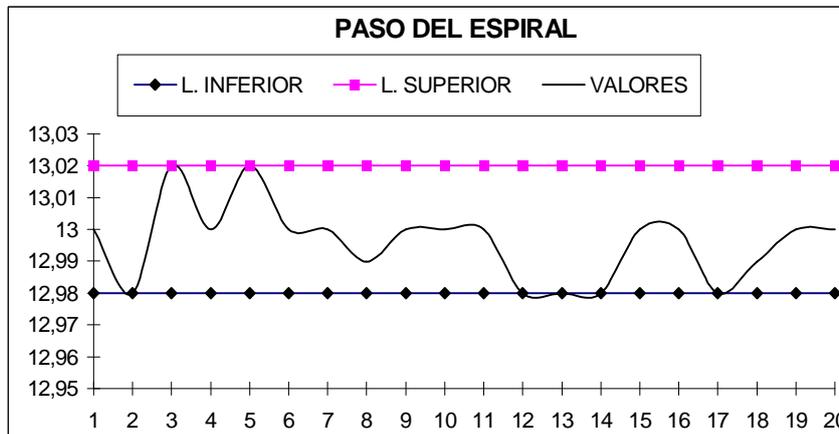
Tabla XXIII. Paso del espiral



LIMITES	PASO (mm)
INFERIOR	12,98
CENTRAL	13
SUPERIOR	13,02

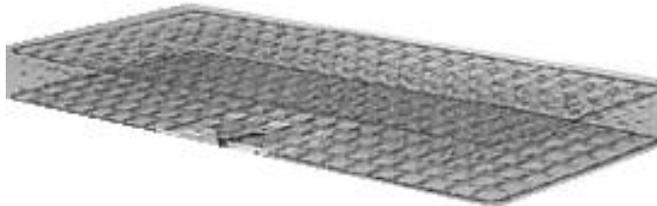
Figura 76. Paso del espiral

NÚM.	PASO
1	13
2	12,98
3	13,02
4	13
5	13,02
6	13
7	13
8	12,99
9	13
10	13
11	13
12	12,98
13	12,98
14	12,98
15	13
16	13
17	12,98
18	12,99
19	13
20	13



## 5.2 Evaluación de parámetros de calidad del producto terminado (carcasa)

Figura 77. Carcasa



Parámetros de calidad de una carcasa tamaño matrimonial, en resorte Bonell (todas las medidas en mm y compresión en lbs-f)

Tabla XXIV. Características de calidad del resorte de soporte tipo Bonell

DIÁMETRO DEL ALAMBRE	2,179
CALIBRE	13,5
DIÁMETRO MÁXIMO DEL RESORTE	75,1
DIÁMETRO MÍNIMO DEL RESORTE	74,9
ALTURA MÁXIMA DEL RESORTE	155
ALTURA MÍNIMA DEL RESORTE	145
COMPRESIÓN MÁXIMA	19
COMPRESIÓN MÍNIMA	15

Tabla XXV. Características de calidad del espiral de la ensambladora

DIÁMETRO DEL ALAMBRE	1,372
CALIBRE	17
DIÁMETRO INTERNO DEL ESPIRAL	5,256
DIÁMETRO EXTERNO DEL ESPIRAL	8
PASO DEL ESPIRAL	7
LONGITUD (* 48)	1333,5

Tabla XXVI. Características de calidad del espiral de la espiraladora

DIÁMETRO DEL ALAMBRE	1,372
DIÁMETRO INTERNO DEL ESPIRAL	9,651
DIÁMETRO EXTERNO DEL ESPIRAL	12,395
PASO DEL ESPIRAL	13
LONGITUD ( * 2)	6299,2

Tabla XXVII. Característica de calidad del alambre del marco

DIÁMETRO DEL ALAMBRE	4,115
LONGITUD ( * 2)	6502,4

Tabla XXVIII. Característica de la carcasa (producto terminado)

CANTIDAD DE RESORTES	336
LONGITUD DE LA CARCASA	1900
ANCHO DE LA CARCASA	1400
ALTURA DE LA CARCASA	155
PESO DE LA CARCASA	28
PESO MÁXIMO A SOPORTAR	390

Comprobación de que la instalación es correcta (mediciones mecánicas para comprobar el buen funcionamiento de la máquina).

También se hace un análisis eléctrico, para comprobar el consumo y la protección del sistema.

Tabla XXIX. Mediciones mecánicas

TORQUE (lbs-plg)	1368	1370	1365	1368
R.P.M.	92	92	92,1	91,8

Tabla XXX. Mediciones eléctricas

VOLTAGE	235	233	238	237
CORRIENTE	3,5	3	3,3	3,3
CORRIENTE DE DISPARO	7,5	8	7,5	7,5

Tabla XXXI. Cuadro de resultados

PARÁMETRO	MÉTODO ACTUAL	MÉTODO PROPUESTO
Productividad (unidades / hora)	7	18
Velocidad de la máquina (rpm)	82	92
Capacidad de producción por hora (unidades por hora)	7	18
Mano de obra directa (Q.)	8,082.33	4,625.12
Costo total (Q.)	601, 165.44	236,336.7
Costo de la máquina (\$)	4,500.00	2.538.11

## CONCLUSIONES

1. Al implementar el uso de la nueva máquina espiraladora se obtiene un aumento del 157 % en la productividad de la estación de espiralado, la nueva máquina tiene una velocidad 12.2% mayor que la velocidad de la máquina actual y tiene una capacidad de producción por hora de 57% más de producto terminado en relación a la actual.
2. Los costos de mano de obra directa se reducen en un 42.77 % al implementar el método propuesto. Se trabaja únicamente en turno normal, desapareciendo el turno extraordinario.
3. Las piezas utilizadas son de fácil acceso y de fabricación, ya que los trabajos de metalmecánica son sencillos y no requieren de tornos CNC o fresadoras universales. El circuito eléctrico es bastante sencillo y los componentes que requiere se pueden conseguir en un almacén de partes eléctricas, la construcción es herrería y disponibilidad de herramienta mecánica para ir armando las piezas, no se requiere equipo especial para construir la partes de la máquina.
4. Los productores de camas, tienen una opción más para incrementar la productividad y la capacidad instalada, sin sacrificar la mano de obra y cumpliendo con los requerimientos de producción.

Al incrementar las jornadas de trabajo, no necesariamente incrementan la producción ya que existen factores (fatiga, mala calidad del producto, etc) que a medida que se presentan tienden a hacer que estas jornadas sean un gasto adicional en el costo de fabricación de los productos minimizando el beneficio total.

5. Este diseño se puede utilizar de referencia para crear modelos similares o se puede utilizar como una base para diseñar y fabricar máquinas que tengan aplicaciones específicas, las cuales en el extranjero tienen un costo alto.
6. La aplicación de los conceptos y cálculos son de fácil comprensión, para los técnicos y para los estudiantes de Ingeniería, cuando se tienen manuales o guías de aplicación real de dichos conceptos.
7. El costo total del método propuesto es un 60.7% menor que el costo total del método actual.
8. Al diseñar y fabricar la máquina espiraladora en Guatemala se obtiene un ahorro del 43.60% vrs la compra de la máquina en el extranjero (sin incluir flete, impuestos e instalación).
9. La máquina espiraladora propuesta permite obtener espirales con las mismas características de calidad que la espiraladora comprada en el extranjero, el consumo de energía eléctrica y la facilidad de mantenimiento, incrementan la rentabilidad de la máquina.

## RECOMENDACIONES

1. Fomentar en los estudiantes de Ingeniería Mecánica Industrial o de otras carreras el interés por el diseño creativo de máquinas industriales utilizando piezas de fácil obtención en nuestro medio, apoyando el desarrollo del país, incrementando el valor de la mano de obra e incrementando la competitividad a un nivel superior.
2. Crear ferias y exposiciones que permitan un acercamiento entre industriales y estudiantes, para que los empresarios puedan conocer los proyectos que los estudiantes de Ingeniería Mecánica Industrial pueden fabricar.
3. Es indispensable fomentar el trabajo en equipo, tanto en los estudiantes, como en la industria, ya que los problemas en muchas ocasiones tienen la solución con un simple intercambio de ideas y no es necesario utilizar recursos costosos para poder solventarlo.
4. Es necesario ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, por simple que sea el equipo, ya que el descuido del mismo puede originar falla en una pieza que por sencilla que sea, pueda crear paro de maquinaria dejando de satisfacer la demanda.
5. Incluir en el programa del curso Diseño de Máquinas la elaboración de proyectos para la aplicación práctica de los conocimientos teóricos adquiridos en el curso.



*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

6. Hacer un análisis económico para determinar los costos ocultos por fatiga del empleado al trabajar turnos extraordinarios, los cuáles no fueron incluidos en el análisis del presente trabajo.
7. Hacer un estudio a largo plazo que permita evaluar la vida útil y la calidad de espiral producida por la máquina propuesta vrs la máquina actual comprada en el extranjero.
8. Orientar los cursos del pensum de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial hacia las necesidades del mercado actual, para que el estudiante al graduarse pueda dar aportes significativos al desarrollo del país y que los conocimientos no se queden en simple teoría sin aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Baumeister, Theodore y otros. **Marks, manual del ingeniero mecánico.** Octava edición (segunda en español). México: McGraw-Hill, 1982. 1200pp.
2. **Catálogo general de rodamientos.** Segunda edición. Italia: Grupo SKF, 1994. 110 pp.
3. Deutschman, D. Aarón y Walter J. Michels. **Diseño de máquinas, teoría y práctica.** Octava reimpression. México: Editorial CECSA, 1998. 973 pp.
4. Doble E., Lawrence y otros. **Materiales y procesos de manufactura para ingenieros** Tercera edición. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 1994. 1041 pp.
5. **Manual técnico de lubricantes y especialidades.** Quinta edición. Guatemala: Lubricantes Shell, s.a. 50 pp.
6. Niebel W. Benjamín **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos.** Novena edición. México: Grupo editorial ALFA OMEGA, 1996. 880 pp.
7. **Nueva biblioteca del instalador electricista. Interpretación de planos y esquemas eléctricos.** Tercera edición. España: Grupo editorial CEAC, 2000. 348 pp.
8. Torres, Sergio A. **Guía académica de ingeniería de plantas.** Tesis Ing. Industrial. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, s,a. 135 pp.
9. Torres, Sergio A. **Guía académica de Control de la Producción.** Ingeniería Industrial. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, s.a. 130 pp.
10. [www.spuhl.com](http://www.spuhl.com) Helical head.

## APÉNDICE

Elementos que pueden sustituir piezas de alto costo de fabricación con similares características y rendimiento.

Figura 78. Comparación de ejes de transmisión

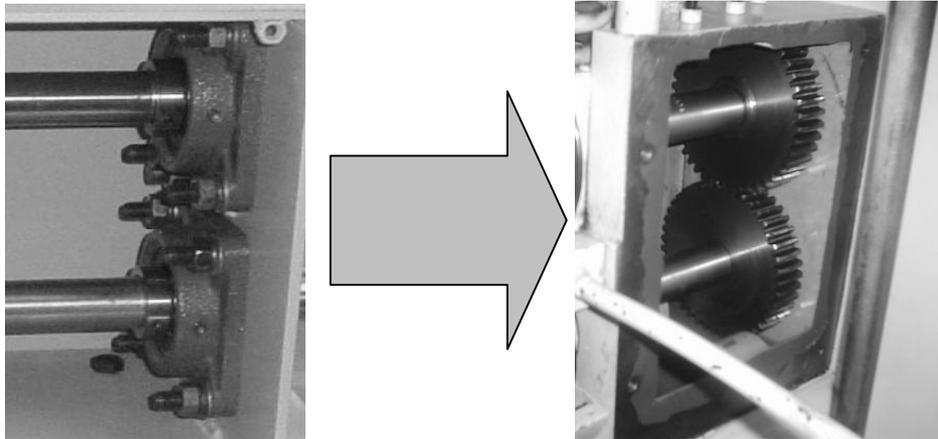


Figura 79. Comparación de mecanismos de transmisión

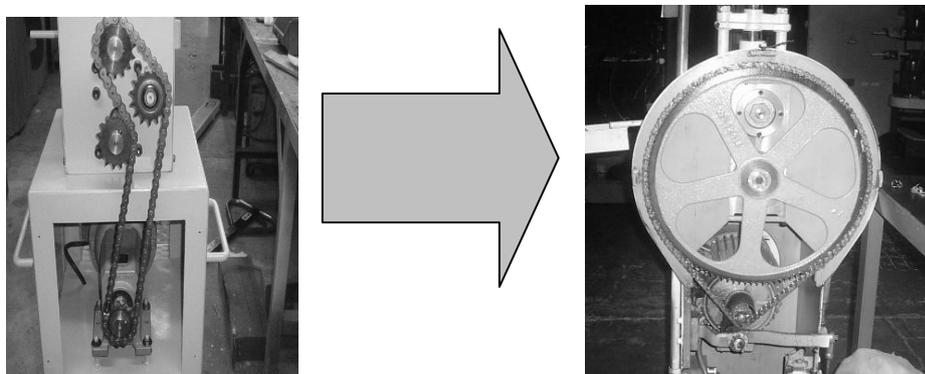
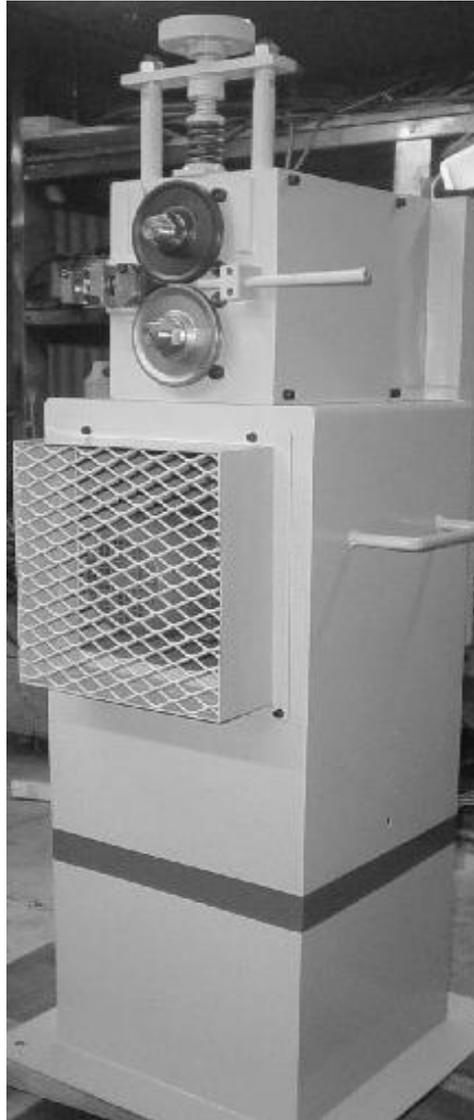
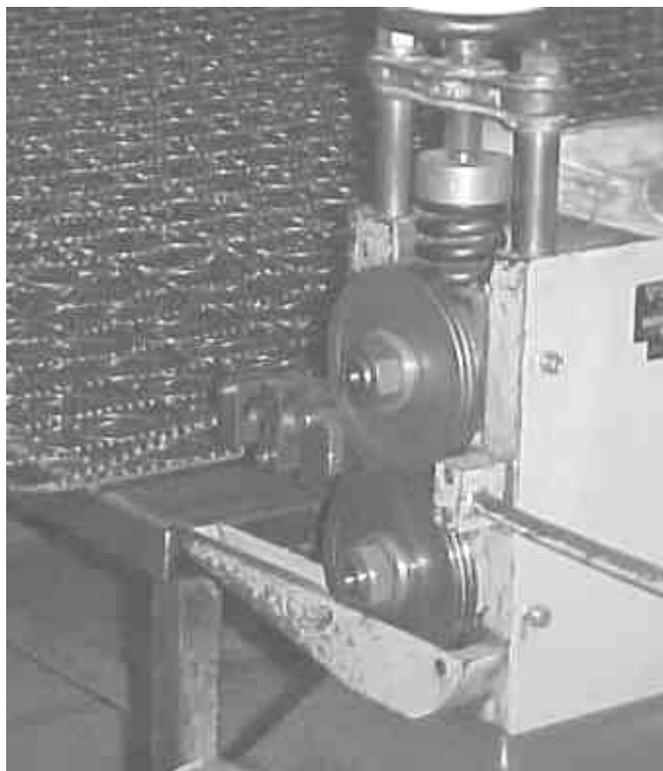


Figura 80. Máquina terminada



## ANEXO

Figura 81. Máquina espiraladora fabricada en Suiza



Fuente: [www.spuhl.com](http://www.spuhl.com)

*Helical head*