

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo Final de Graduación

**“Diseño de una máquina conformadora de núcleos  
para transformadores de distribución”**

Pedro Javier Obando Vega

Carné: A43812

Febrero, 2009


**Tarjeta de dirección (Estudiantes)**

**POR**

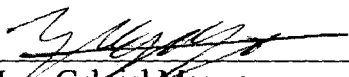
**PEDRO JAVIER OBANDO VEGA**

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

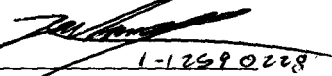
Sometido a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Luis Espeleta  
Profesor asociado  
Escuela de Ingeniería Mecánica, UCR

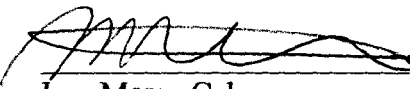
Director del Proyecto

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Gabriel Monge  
Profesor asociado  
Escuela de Ingeniería Mecánica, UCR


Miembro Lector

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Randall Durán  
ENERPOT

Miembro Lector

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Calvo  
Profesor asociado  
Escuela de Ingeniería Mecánica, UCR

Profesor Guía

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Henia Cavallini  
Profesor asociado  
Escuela de Ingeniería Mecánica, UCR

Directora Escuela Ingeniería Mecánica

21 de marzo del 2009

Señores

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Estimados señores:

Yo, Adriana Flores Estrada, cédula 1-1151-811, filóloga española, he leído y realizado las observaciones y sugerencias filológicas al Trabajo Final de Graduación: *“Diseño de una máquina conformadora de núcleos para transformadores de distribución”*, presentado por el estudiante Pedro Obando Vega, carné A43812.

Atentamente,

Adriana Flores Estrada

Filóloga Española

Cédula 1-1151-0811

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dejar patente mi agradecimiento primero que todo a Dios por permitirme terminar una etapa más en la vida, por ser mi guía y fortaleza. A mis padres, mis hermanos y amigos que me impulsaron y acompañaron en todo este proceso.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de mi TFG “Diseño de una máquina conformadora de núcleos de transformadores de distribución”. Mención especial merecen el Ing. Luis Espeleta, profesor director, y el Ing. Juan Gabriel Monge, profesor lector, por su orientación y consejos, pues sin su aporte este trabajo no habría sido posible.

A todos muchas gracias.

## DEDICATORIA

*A mis padres, Pedro y Lilliana, y a  
mis hermanos, Paulo y Leda, por todo  
el apoyo que me brindaron siempre.*

# ÍNDICE GENERAL

|  | Página    |
|--|-----------|
| Agradecimientos .....  | ii        |
| Dedicatoria.....   | iii       |
| Índice general.....  | iv        |
| Índice de tablas .....   | vii       |
| Índice de figuras.....   | viii      |
| Índice de gráficos .....   | ix        |
| Resumen .....  | x         |
| <b>I. Introducción .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>A. Identificación de la empresa o institución .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1. Visión, misión y valores de la empresa ENERPOT S.A. ....  | 1         |
| 2. Antecedentes y desarrollo.....  | 1         |
| 3. Servicios y sus características generales .....   | 2         |
| 3.1 Centro de Servicio Autorizado COOPER POWER SYSTEMS (CPS).....                                  | 2         |
| 3.2 Medición de mallas de puesta a tierra. ....  | 2         |
| 3.3 Diagnóstico y mantenimiento de protecciones, interruptores y reguladores de voltaje.....       | 2         |
| 3.4 Diagnóstico y mantenimiento de transformadores de distribución.....                            | 3         |
| 3.5 Servicios de consultoría en sistemas de potencia y diseño eléctrico comercial e industrial.... | 4         |
| 3.6 Gestión ambiental de proyectos.....  | 4         |
| <b>B. Justificación.....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>C. Descripción del problema.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>D. Objetivos .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>E. Alcance y Limitaciones .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>II. Marco Teórico.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>A. Transformadores.....</b>   | <b>11</b> |
| 1. Fundamentos Eléctricos .....  | 11        |
| 2. El Transformador .....  | 14        |
| 2.1 Transformador de Distribución.....   | 14        |
| 2.2 Funcionamiento del Transformador .....   | 14        |
| 3. Núcleo del Transformador.....   | 17        |
| 3.1 Fenómenos eléctricos.....  | 17        |
| 3.2 Material: Acero al Silicio .....   | 20        |
| 3.3 Configuración.....   | 21        |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| B.          | <i>Trabajado metálico de la lámina</i> .....                      | 25        |
| 1.          | Corte .....   | 25        |
| 2.          | Doblado .....   | 27        |
| <b>III.</b> | <b>Metodología</b> .....  | <b>31</b> |
| A.          | <i>Delimitación del tema y justificación del estudio</i> .....    | 31        |
| B.          | <i>Diagnóstico de la situación actual del problema</i> .....      | 31        |
| C.          | <i>Evaluación de las propuestas</i> .....                         | 32        |
| D.          | <i>Elaboración de la propuesta final</i> .....                    | 33        |
| E.          | <i>Selección de Elementos</i> .....                               | 34        |
| F.          | <i>Diseño de Elementos</i> .....                                  | 34        |
| 1.          | Diseño del brazo de doblado.....                                  | 34        |
| 2.          | Diseño del actuador de los rodillos .....                         | 37        |
| 3.          | Diseño de la transmisión .....                                    | 37        |
| 4.          | Diseño del eje .....  | 38        |
| 5.          | Diseño de la estructura .....                                     | 38        |
| <b>IV.</b>  | <b>Diseño de la Máquina</b> .....                                 | <b>39</b> |
| A.          | <i>Análisis de modelos preliminares basados en patentes</i> ..... | 39        |
| 1.          | Propuesta 1 (Richardson Jr, 1962).....                            | 39        |
| 2.          | Propuesta 2 (Wescott, Lemont, & Ryde, 1964) .....                 | 41        |
| B.          | <i>Etapas de transformación</i> .....                             | 43        |
| C.          | <i>Selección de Elementos</i> .....                               | 45        |
| 1.          | Desenrollado y Aplanado .....                                     | 45        |
| 2.          | Corte .....   | 55        |
| 3.          | <i>Diseño de Elementos</i> .....                                  | 56        |
| 1.          | Diseño del mecanismo de sujeción y los mandriles .....            | 56        |
| 2.          | Diseño del mecanismo de doblado .....                             | 60        |
| 3.          | Diseño del actuador de los rodillos .....                         | 65        |
| 4.          | Diseño de la transmisión .....                                    | 68        |
| 5.          | Diseño del eje .....  | 73        |
| 6.          | Diseño de la estructura .....                                     | 77        |
| 7.          | Costo aproximado de la máquina.....                               | 80        |
| <b>V.</b>   | <b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....                       | <b>82</b> |
|             | <b>Bibliografía</b> .....   | <b>87</b> |
|             | <b>Anexos</b> .....   | <b>89</b> |
| 1.          | <i>Propuesta 1</i> .....  | 90        |
| 2.          | <i>Propuesta 2</i> .....  | 98        |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 3.  | <i>Máquina Desenrollado y Aplanado</i> .....        | 116 |
| 4.  | <i>Cortadora</i> .....                              | 119 |
| 5.  | <i>Cilindro Hidráulico</i> .....                    | 120 |
| 6.  | <i>Bomba Manual</i> .....                           | 122 |
| 7.  | <i>Memoria Cálculo Diseño Brazos Doblado</i> .....  | 123 |
| 8.  | <i>Memoria Cálculo Diseño Resorte</i> .....         | 130 |
| 9.  | <i>Memoria Cálculo Diseño Eje Cadena</i> .....      | 131 |
| 10. | <i>Memoria Cálculo Diseño Eje Pistón</i> .....      | 133 |
| 11. | <i>Memoria Cálculo Velocidad Alimentación</i> ..... | 135 |
| 12. | <i>Especificaciones Reductor</i> .....              | 136 |
| 13. | <i>Especificaciones Motor</i> .....                 | 137 |
| 14. | <i>Interruptor de Pedal</i> .....                   | 138 |
| 15. | <i>Planos</i> .....                                 | 139 |



## ÍNDICE DE TABLAS

| Descripción  | Página |
|--|--------|
| Tabla 3. 1: Calificación de las propuestas .....               | 33     |
| Tabla 4.1: Evaluación de las Propuestas.....                   | 43     |
| Tabla 4.2: Especificaciones del Desenrollador.....             | 46     |
| Tabla 4.3: Peso y dimensiones de los rollos de material .....  | 48     |
| Tabla 4.4 Dimensiones de la reserva horizontal .....           | 50     |
| Tabla 4.5: Selección Aplanadora.....                           | 55     |
| Tabla 4.6: Características de la Cortadora.....                | 56     |
| Tabla 4.7: Dimensiones del Mecanismo de Sujeción.....          | 57     |
| Tabla 4.8: Datos del Cilindro .....                            | 58     |
| Tabla 4.9: Bomba Manual .....                                  | 58     |
| Tabla 4.10: Dimensiones de núcleo.....                         | 60     |
| Tabla 4.11: Coordenadas del arco mayor y arcos menores .....   | 61     |
| Tabla 4.12: Longitud del brazo de doblado.....                 | 64     |
| Tabla 4.13: Longitud del brazo de soporte.....                 | 64     |
| Tabla 4.14: Condiciones diseño resorte.....                    | 65     |
| Tabla 4.15: Resultados de modelado de resortes.....            | 66     |
| Tabla 4.16: Velocidades de giro para un núcleo de 50 KVA ..... | 68     |
| Tabla 4.17: Resultados diseño cadena.....                      | 70     |
| Tabla 4.18: Especificaciones .....                             | 71     |
| Tabla 4.19: Especificaciones del Motor .....                   | 71     |
| Tabla 4.20: Especificaciones del Reductor.....                 | 72     |
| Tabla 4.21: Especificaciones del Pedal .....                   | 72     |
| Tabla 4.22: Propiedades del Material .....                     | 75     |
| Tabla 4.23: Diseño del eje .....                               | 75     |
| Tabla 4.24: Pandeo en el elemento ABC.....                     | 78     |
| Tabla 4.25: Fluencia en el elemento BDEF.....                  | 79     |
| Tabla 4.26: Pandeo de Soportes.....                            | 79     |
| Tabla 4.27: Pandeo del brazo de doblado.....                   | 80     |
| Tabla 4. 28: Fluencia en el brazo de doblado .....             | 80     |
| Tabla 4.29: Desglose de Precios.....                           | 81     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Descripción  | Página |
|--|--------|
| Figura 2. 1: Transformador.....  | 16     |
| Figura 2. 2: Curva de Histéresis .....                                 | 18     |
| Figura 2. 3: Corrientes Parásitas.....                                 | 19     |
| Figura 2. 4: Núcleo con entrehierros escalonados y lámina corta .....  | 22     |
| Figura 2. 5: Núcleo con entrehierros escalonados sin lámina corta..... | 23     |
| Figura 2. 6: Tipo Núcleo.....  | 24     |
| Figura 2. 7: Tipo Acorazado.....                                       | 24     |
| Figura 2. 8: Tipo Lo-Hi-Lo.....  | 25     |
| Figura 2. 9: Distancia entre rodillos .....                            | 29     |
| Figura 2. 10: Longitud de la Lámina .....                              | 29     |
| Figura 4. 1: Propuesta 1 .....   | 39     |
| Figura 4. 2: Rodillos .....  | 40     |
| Figura 4. 3: Propuesta 2.....  | 41     |
| Figura 4. 4: Soporte del mandril, propuesta 2 .....                    | 42     |
| Figura 4. 5: Soporte de Rollo.....                                     | 45     |
| Figura 4. 6: Carrete centrador sencillo .....                          | 45     |
| Figura 4. 7: Reserva Superior .....                                    | 48     |
| Figura 4. 8: Reserva Holgada .....                                     | 49     |
| Figura 4. 9: Reserva Horizontal.....                                   | 49     |
| Figura 4. 10: Defectos por diferencia de superficies .....             | 51     |
| Figura 4. 11: Defectos por diferencia de bordes.....                   | 52     |
| Figura 4. 12: Rodillos de Aplanado.....                                | 52     |
| Figura 4. 13: Niveladores de Precisión.....                            | 53     |
| Figura 4. 14: Ejemplo de porcentajes penetración.....                  | 54     |
| Figura 4. 15: Mecanismo de Sujeción .....                              | 57     |
| Figura 4. 16: Explosión del acople con el eje.....                     | 59     |
| Figura 4. 17: Acople del mandril.....                                  | 60     |
| Figura 4. 18: Dimensiones del núcleo .....                             | 60     |
| Figura 4. 19: Modelado de Potencia.....                                | 69     |
| Figura 4. 20: Elementos críticos.....                                  | 77     |

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

| Descripción  | Página |
|--|--------|
| Gráfico 4. 1: Trayectoria del núcleo 5 KVA .....               | 62     |
| Gráfico 4. 2: Trayectoria del núcleo 10 KVA .....              | 62     |
| Gráfico 4. 3: Trayectoria del núcleo 15 KVA .....              | 63     |
| Gráfico 4. 4: Trayectoria del núcleo 25 KVA .....              | 63     |
| Gráfico 4. 5: Trayectoria del núcleo 37,5 KVA .....            | 63     |
| Gráfico 4. 6: Trayectoria del núcleo 50 KVA .....              | 63     |
| Gráfico 4. 7: Torque del motor.....                            | 70     |
| Gráfico 4. 8: Cortante en el eje X y Momento en el eje Y ..... | 73     |
| Gráfico 4. 9: Cortante en el eje Y y Momento en el eje X ..... | 73     |
| Gráfico 4. 10: Momento Total y Torque .....                    | 74     |
| Gráfico 4. 11: Cortante en el eje Y y Momento Total .....      | 76     |

## RESUMEN

Con el presente trabajo se busca una solución al problema de la empresa ENERPOT, en el sentido de disponer de una máquina que conforme los perfiles de lámina, la cual se encarga de componer los núcleos ferromagnéticos para los transformadores de distribución.

Para la empresa es importante contar con dicha máquina, ya que se podría dar mantenimiento a cualquier transformador, y no se dependería del buen estado del núcleo. Lo anterior, ampliaría el mercado al que ENERPOT le proporciona servicios.

El alcance de este proyecto abarcó desde el marco teórico hasta la solución al problema. Este último se subdividió en dos partes: selección y diseño. Por ello, cabe explicar la diferencia semántica que se le dará a estos términos.

Así, selección se refiere a la escogencia de una máquina o elemento que está disponible en el mercado y que cumple las especificaciones. Diseño, por otro lado, se entiende como la elaboración y cálculo de elementos o mecanismos hechos, específicamente, para satisfacer los requerimientos de esta aplicación, y que como tales no están disponibles comercialmente.

Bajo la premisa anterior, la máquina diseñada es para realizar el doblado de las láminas, por lo que se presenta el detalle de cada una de las partes, que son: la estructura base, el mecanismo de doblado, el mecanismo de sujeción y la transmisión.

# I. INTRODUCCIÓN

## A. Identificación de la empresa o institución

### 1. *Visión, misión y valores de la empresa ENERPOT S.A.*

**VISIÓN:** ser una empresa competitiva, ágil y eficiente, la cual cuente con el mejor recurso humano para satisfacer las necesidades del cliente.

**MISIÓN:** entregar a los clientes un servicio completo en el campo de la ingeniería eléctrica, según estándares internacionales. Lo anterior, se logra a través de asesorías, mantenimiento y suministros para sistemas de media y baja tensión.

**VALORES:** en Energía y Potencia, Enerpot, S. A. se compromete formalmente con los clientes, al asegurarles que se trabaja con integridad y honestidad, con el fin de lograr que la inversión en mantenimiento alargue la vida útil del equipo.

### 2. *Antecedentes y desarrollo*

La empresa Energía y Potencia ENERPOT, S.A. fue fundada en 1998 por un grupo de ingenieros con considerable experiencia en sistemas eléctricos de potencia. Esta compañía surgió por la demanda de servicios técnicos por parte de la industria, especialmente, de generadores, distribuidores y grandes consumidores de energía eléctrica en el área de servicios de mantenimiento. Además, se originó por la necesidad de transformadores de distribución y potencia, así como del mantenimiento de interruptores.

Actualmente, ENERPOT se dedica al diagnóstico y mantenimiento de equipos eléctricos de media tensión, igualmente, ofrece toda una variedad de servicios profesionales en diseño y consultoría en ingeniería eléctrica.

La empresa se ubica en San José, Calle 23 Avenida 10, contiguo a la Cámara Nacional de Radio.

### 3. *Servicios y sus características generales*

#### 3.1 Centro de Servicio Autorizado COOPER POWER SYSTEMS (CPS)

ENERPOT es actualmente el centro de servicio autorizado en la región para dar mantenimiento y reparar equipos de la marca Cooper Power Systems. Esto permite ofrecer a los clientes asistencia técnica inmediata, respaldo oportuno y confiable sobre las garantías de los equipos y un ágil servicio de campo para la reparación y el mantenimiento de toda su línea de productos.

Además, se distribuye toda la gama de equipos y productos de la marca a través de la empresa hermana y representante exclusivo: D.L. Maduro & Co, Sucs. Ltda.

Entre los principales equipos que fabrica Cooper Power Systems se encuentran:

- Transformadores de distribución
- Transformadores de potencia
- Reguladores de voltaje
- Capacitores de potencia
- Fusibles
- Interruptores
- Reconectores

#### 3.2 Medición de mallas de puesta a tierra.

Dada la importancia de la puesta a tierra de los equipos eléctricos de sistemas de potencia para su buen desempeño, se dispone del equipo necesario para efectuar las mediciones de las puestas a tierra de subestaciones y redes eléctricas. También se cuentan con los equipos para medir la resistividad del terreno, lo que es vital para el diseño de mallas de puesta a tierra.

#### 3.3 Diagnóstico y mantenimiento de protecciones, interruptores y reguladores de voltaje.

Es fundamental para una industria de generación o distribución de energía eléctrica el funcionamiento adecuado de sus equipos de protección en el momento preciso. Para esto

ENERPOT lleva un control detallado del funcionamiento de esos elementos, a través de la inspección mensual de los equipos de protección. Así, cada seis meses se propone efectuarle pruebas a todas las protecciones, con el fin de comprobar su desempeño.

Durante el tiempo que tarden los trabajos de mantenimiento, ENERPOT pone a disposición de la empresa el alquiler de protecciones similares o superiores, así como de interruptores para que la confiabilidad del servicio se mantenga inalterada.

### 3.4 Diagnóstico y mantenimiento de transformadores de distribución

Hay una necesidad imperante de llevar un control anual del estado de dichas unidades, que permitirá decidir el momento apropiado para efectuar labores de mantenimiento preventivo. Por ello, mediante la utilización de estos servicios se brinda un seguimiento especializado del funcionamiento de los transformadores de potencia y distribución. Lo anterior, a través de la aplicación de las pruebas necesarias para diagnosticar su estado.

ENERPOT tiene un contrato con la empresa División de Transformadores y Equipos de Media Tensión (DITEM), parte de Coopesantos, y es una de las mejores empresas nacionales en el área de reparación de transformadores.

DITEM posee un taller industrial con capacidad para el mantenimiento de transformadores de hasta 20 MVA, y cuenta con:

- Desensamble y lavado
- Taller de bobinado: en este hay modelos de los distintos tamaños de ventanas del núcleo, donde se coloca el papel aislante y con carruchas de cobre de diversos calibres se hacen los nuevos bobinados del transformador.
- Máquina de soldar.
- Cuarto a alta temperatura: donde se guardan los núcleos ya limpios, armados y listos para ensamblarlos con el bobinado para que no se vean afectados por la humedad.
- Cuarto de vacío: en él se extrae humedad del papel aislante
- Grúa con rieles que se desplaza a lo largo de todo el taller, lo cual permite movilizar transformadores de gran tamaño y peso.

- Área de pruebas: en esta se cuenta con los equipos necesarios para determinar el correcto funcionamiento del transformador, por ejemplo, fuentes variables.
- Área de oficinas.
- Bodega de suministros y almacenamiento.

### 3.5 Servicios de consultoría en sistemas de potencia y diseño eléctrico comercial e industrial

Se cuenta con la experiencia y los programas de computadora necesarios para realizar cálculos de corrientes de cortocircuito, flujos de potencia y coordinación de protecciones en redes eléctricas.

Además, se efectúan evaluaciones técnicas y económicas de redes eléctricas monofásicas y trifásicas, aéreas o subterráneas. Algunas áreas en las que se presta el servicio son:

- Diseño de subestaciones.
- Plantas Hidroeléctricas.
- Mallas de puesta a tierra.
- Estudios de calidad de la energía eléctrica.
- Diagnóstico y mantenimiento de transformadores de potencia y transformadores de distribución.
- Diseño eléctrico de instalaciones industriales (talleres, centros de producción y distribución, etc.)
- Diseño eléctrico de instalaciones comerciales (centros de oficinas, hoteles, áreas de ventas, etc.).

En esta área cabe mencionar que desde 1998 la empresa brinda servicios de asesoría técnica a la Cooperativa de Electrificación Rural Los Santos, R. L. (Coopesantos, R. L.), ubicada en el cantón de San Marcos de Tarrazú. Dicha cooperativa distribuye energía eléctrica en un área de 1500 Km<sup>2</sup> de extensión territorial, conformada por 120 pequeñas comunidades rurales distribuidas en nueve cantones.

### 3.6 Gestión ambiental de proyectos



Es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades originadas o realizadas por el hombre que afectan al ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, prevenir o mitigar los problemas ambientales.

La División de Gestión Ambiental de Proyectos de ENERPOT S. A. brinda asesoría a sus clientes, mediante la identificación de la situación ambiental de las actividades que la empresa realiza. Al mismo tiempo se brindan opciones de manejo y medidas de mitigación acordes con la conservación del medio ambiente.

Las áreas involucradas en la División de Gestión Ambiental de Proyectos son:

- Política Ambiental
- Evaluación del Impacto Ambiental
- Contaminación
- Educación y Extensión Ambiental
- Diseño de sistemas de gestión ambiental

## B. Justificación

Actualmente, ENERPOT se dedica al diagnóstico y mantenimiento de equipos eléctricos de media tensión, además, de ofrece toda una variedad de servicios profesionales en diseño y consultoría en ingeniería eléctrica. Así, existen dos servicios que son de particular interés para el tema en curso:

- Centro de Servicio Autorizado COOPER POWER SYSTEMS (CPS): dentro de los principales equipos que fabrica Cooper Power Systems se encuentran los transformadores de distribución y los transformadores de potencia. Al ser la empresa el centro de servicio autorizado, se compromete a dar mantenimiento y reparar lo requerido a estos equipos.
- Diagnóstico y mantenimiento de transformadores de potencia y transformadores de distribución: esto contempla el mantenimiento de transformadores de cualquier marca.

Ambos servicios están muy relacionados, así que si se agrupan como la subdivisión de mantenimiento de transformadores, esta resultaría ser una de las áreas de servicio medulares de la empresa.

Inicialmente, la empresa ENERPOT compró al ICE transformadores dañados, cuyo núcleo estaba en buen estado para usarlos de repuesto. Sin embargo, cuando el ICE dejó de vender transformadores dañados, se agotó la reserva de núcleos, por lo que ahora la empresa se limita a reparar transformadores cuyo núcleo no se encuentre dañado.

Lo expuesto ha limitado el crecimiento de la empresa, por lo que es importante contar con una máquina que permita generar los perfiles de las láminas que conforman los núcleos. Con esa máquina, entonces, se podría dar mantenimiento a cualquier transformador, y no se dependerá del núcleo de su buen estado, lo cual ampliaría el mercado de ENERPOT.

### C. Descripción del problema

Los núcleos de los transformadores pueden dañarse por corrosión, en cuyo caso es necesario retirar las partes corroídas en vista de que afectan mucho la eficiencia del transformador. Estos núcleos están compuestos por láminas de acero al silicio de grano orientado, las cuales se encuentran dobladas y superpuestas una sobre otra, de manera que la dimensión de cada lámina es distinta.

Es primordial mencionar que si al revisar un núcleo se encuentran láminas corroídas en el centro o en el exterior, es posible retirar las láminas con mucho daño, por lo que se limpia el resto y el núcleo termina con un área menor. Si se desea conservar las condiciones de operación originales, es necesario un bobinado distinto al original. Por el contrario, si las láminas dañadas están en el medio del núcleo, no se pueden retirar puesto que el resto de láminas ya no calzarían. En este caso el núcleo se desecha.

Es por esto que resulta muy relevante para la empresa ENERPOT poseer una máquina que permita conformar los perfiles de las láminas que componen los núcleos ferromagnéticos para transformadores de distribución.

Para reducir pérdidas, es fundamental que en los núcleos cada lámina calce perfectamente con la anterior, lo que implica que:

- Las tolerancias de corte deben ser sumamente bajas, ya que los espesores de estas láminas varían entre 0,3 y 0,5 mm, y el aumento en las dimensiones de una lámina respecto de la anterior será cuatro veces su espesor.
- En lo que corresponde al doblado de las láminas, el radio de curvatura de cada es distinto, pues la idea es que cada lámina calce de la manera más precisa posible con la anterior.
- Una vez doblada la lámina ya no es un perfil cerrado; los extremos no empatan entre sí, sino que el extremo interior calza con la lámina anterior y el extremo exterior queda libre para calzar con la lámina siguiente. En suma, se requiere suficiente precisión para posicionar la lámina en el momento de su doblado.

Estos aspectos fundamentales deben dirigir el diseño que se propone en este documento para que el perfil de cada lámina que compone el núcleo ferromagnético se encuentre dentro de la especificación y cumpla con su propósito.

## D. Objetivos

### Objetivo General

- Diseñar una máquina que conforme los perfiles de lámina que componen los núcleos ferromagnéticos para transformadores de distribución.

### Objetivos específicos

- Determinar las etapas de transformación que deben recibir las láminas de acero al silicio, con el fin de que puedan componer los perfiles de un núcleo de un transformador eléctrico de distribución.
- Seleccionar los elementos para el desenrollo del material.
- Elegir los elementos de aplanado y transporte del material, desde el desenrollo hasta la operación de corte.
- Diseñar la geometría del dado y el punzón para una operación de cizallado satisfactoria de la lámina aplanada.
- Escoger el actuador del punzón para dicha etapa de manufactura.
- Seleccionar los elementos de transporte de la lámina, desde el corte hasta la operación de doblado.
- Diseñar el conjunto de rodillos para las operaciones de doblado de dicha lámina.
- Seleccionar los elementos que conformen el actuador de los rodillos.
- Dimensionar los mandriles necesarios para los distintos tamaños de núcleos.

## E. Alcance y Limitaciones

Este estudio es importante porque plantea una solución a la necesidad de la empresa ENERPOT de producir sus propios núcleos de transformadores.

Es así como el trabajo consiste en diseñar una máquina que conforme los perfiles de lámina que componen los núcleos ferromagnéticos para transformadores de distribución.

El informe final proveerá al lector información de:

- Las etapas de transformación que deberán recibir las láminas de acero al silicio para que puedan componer los perfiles del núcleo.
- Especificaciones generales para la selección de los elementos para el desenrollo del material.
- Descripciones generales para la selección de los elementos de aplanado y transporte del material.
- La geometría del dado y el punzón para la operación de cizallado de dicha lámina.
- La dimensión y detalles generales del actuador del punzón
- Las dimensiones de los rodillos de transporte de la lámina, desde el corte hasta la operación de doblado
- Especificaciones generales para la selección del elemento que moverá el mandril durante la operación de doblado.
- Las dimensiones del conjunto de rodillos para las operaciones de doblado de dicha lámina.
- La dimensión y especificaciones generales del actuador de los rodillos.
- La geometría de los mandriles para los distintos tamaños de núcleos.
- Planos de construcción básicos de la máquina.

Es primordial resaltar que la construcción y detalles de la máquina se encuentran fuera de los objetivos y propósitos de este trabajo.

## II. MARCO TEÓRICO

La utilidad e importancia de los transformadores radica en que permiten elevar la tensión en las líneas de transmisión, con el propósito de disminuir la potencia disipada, así como la tensión en el receptor por razones de seguridad. En este capítulo se explican las principales leyes eléctricas que rigen el comportamiento de un transformador. Posteriormente, se expone la conformación de los núcleos de transformadores, las propiedades del material utilizado y la configuración de las láminas.

### A. Transformadores

#### 1. *Fundamentos Eléctricos*

Una forma de expresar la fuerza electromotriz que produce el generador, la cual varía de forma sinusoidal es la expresión

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_m \sin \omega t \quad (2.1)$$

Donde:  $\varepsilon$  es la fuerza electromotriz

$\varepsilon_m$ : es la amplitud de la fuerza electromotriz variable

$\omega$ : es frecuencia angular en rad/s.

La frecuencia angular  $\omega$  se puede relacionar con la frecuencia  $f$  en Hz, mediante la expresión

$$\omega = 2\pi f \quad (2.2)$$

Esta fuerza electromotriz variante en el tiempo es el comportamiento típico relacionado con la corriente alterna: “A medida que la fuerza electromotriz varía entre los valores positivo y negativo en cada ciclo, la corriente también cambia de dirección” (Resnick, Halliday, & Krane, 2004). A partir de lo anterior, se puede afirmar que la corriente varía sinusoidalmente con la misma frecuencia angular que la fuente de fuerza electromotriz, y se puede expresar de la siguiente forma

$$i = i_m \sin(\omega t - \varphi) \quad (2.3)$$

Donde:  $i_m$  es la amplitud de corriente

$\varphi$ : ángulo de fase que indica la relación de fase entre  $\varepsilon$  e  $i$ .

En un circuito eléctrico la energía es suministrada por la fuente, se almacena en los elementos capacitivos e inductivos y se disipa en los elementos resistivos. Es por ello que para cumplir la ley de conservación de energía se necesita que la rapidez de la fuente que suministra energía sea la misma del almacenamiento en los condensadores e inductores, además, de la rapidez con que es disipada en los resistores. Entonces, en los circuitos de CA la rapidez con que se disipa la energía en un elemento resistivo se describe por

$$P = i^2 R = i_m^2 R \sin^2(\omega t - \varphi) \quad (2.4)$$

Donde: P es la potencia disipada en el resistor

R: resistencia del elemento

Ahora, a partir de la expresión se puede notar que esta energía disipada varía con el tiempo, más concretamente en función de la frecuencia. En vista de que las frecuencias a las que se genera energía son de 50-60Hz (ciclos por segundo), por lo general, no interesa la disipación instantánea, sino la promedio calculada en un intervalo mucho mayor que la duración de un ciclo.

Al graficar la función  $\sin^2(\omega t)$  se encuentra que en cada ciclo completo el valor promedio es  $\frac{1}{2}$ , de manera que se puede reescribir la ecuación (2.4) como

$$P_{pro} = \frac{1}{2} i_m^2 R \quad (2.5)$$

Por comodidad se utiliza otro valor, denominado raíz cuadrada media (rcm), que es

$$i_{rcm} = \frac{i_m}{\sqrt{2}} \quad (2.6)$$

Lo cual permite escribir finalmente la ecuación de disipación de potencia como

$$P_{pro} = i_{rcm}^2 R \quad (2.7)$$



Esta ecuación es el análogo de la expresión de potencia disipada en un circuito de corriente directa.

Por ende, al analizar la potencia suministrada a un circuito CA, es posible describirla como

$$P = \mathcal{E}i = \mathcal{E}_m i_m \sin \omega t \sin(\omega t - \varphi) \quad (2.8)$$

Se evidencia que, al igual que en el caso anterior, es más útil la potencia promedio que la potencia instantánea. Al aplicar identidades trigonométricas, calcular valores promedio y usar valores rcm, la expresión es

$$P_{pro} = \frac{1}{2} \mathcal{E}_m i_m \cos \varphi = \mathcal{E}_{rcm} i_{rcm} \cos \varphi \quad (2.9)$$

Donde:  $\cos \varphi$  es el factor de potencia, que se expresa como

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L^2 - X_C^2)}} = \frac{R}{Z} \quad (2.10)$$

$X_L$ : reactancia inductiva

$X_C$ : reactancia capacitiva

$Z$ : impedancia

Así, finalmente la potencia resulta estar en función de los valores rcm de fuerza electromotriz y corriente, y del factor de potencia, el cual tiene que ser lo más cercano a 1 para aprovechar toda la potencia efectiva.

Es necesario mencionar que para un circuito con una potencia dada, se pueden variar los valores de  $\mathcal{E}_{rcm}$  e  $i_{rcm}$ , de manera que su producto permanezca constante. En la ecuación (2.7) se observa que será ideal tener valores bajos de  $i_{rcm}$  para disminuir la potencia disipada. Por ello, se usan transformadores, ya que elevan la tensión en las líneas de transmisión, con el propósito de disminuir la potencia disipada, así como la tensión en el receptor por razones de seguridad.

La Ley de Faraday establece que “en un circuito la magnitud de la fuerza electromotriz inducida es igual a la rapidez con que el flujo magnético a través de este circuito cambia con el tiempo” (Resnick, Halliday, & Krane, 2004). Esto se expresa como

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (2.11)$$

Donde:

$\mathcal{E}$ : es la fuerza electromotriz inducida

$\Phi_B$ : flujo magnético, medida del número de líneas de campo que cruzan una superficie, lo que se expresa como

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (2.12)$$

Donde:

B es el campo magnético

dA: elemento de área de la superficie

La Ley de Lenz establece que “el flujo del campo magnético debido a la corriente inducida se opone al cambio de flujo que produce a dicha corriente inducida” (Resnick, Halliday, & Krane, 2004). Esto quiere decir que cuando cambia el flujo magnético que atraviesa un conductor, se induce en el mismo una corriente, que a su vez genera un campo y un flujo magnético que busca oponerse al flujo inicial. Así, si el cambio de flujo es una disminución, la dirección de la corriente inducida es tal que se opone a dicha disminución.

## 2. El Transformador

### 2.1 Transformador de Distribución

“Cualquier transformador que toma la tensión de un circuito de distribución primaria y la reduce a un circuito de distribución secundaria o circuito de servicio al consumidor, es un transformador de distribución.” (Harlow, 2004).

Mediante esa definición no se limitan los transformadores de distribución por su potencia en kVA, ya que esta puede ser baja o alta, y aún así cumplir con la definición de transformador de distribución.

### 2.2 Funcionamiento del Transformador

El transformador es un elemento que permite elevar o reducir la tensión que se maneja en un circuito CA por medio de la inducción entre dos devanados, según la ley de Faraday.

Puesto que se trata de corriente alterna, los cambios en el flujo magnético se dan por la variación de las corrientes en el tiempo, en vez de ser causadas por movimiento; de ahí que se induzca siempre una tensión.

Asimismo, se tiene un devanado (solenoides) llamado el primario o uno, por el cual circula corriente, llamada corriente de magnetización  $i_m$ , por lo que se genera un campo magnético casi constante dentro del devanado. Dentro de este devanado se coloca un núcleo de un material ferromagnético, que hace que el campo magnético sea hasta  $10^3$  o  $10^4$  veces mayor que lo que sería con núcleo vacío (aire), de esta forma el transformador es eficiente y pequeño. La mayoría de transformadores con núcleo de acero se pueden considerar ideales, pues las pérdidas son muy bajas.

Por otra parte, el campo es conducido por el material y se induce una fuerza electromotriz en el otro devanado (secundario) o dos. Por la ley de Lenz se induce también una corriente en dirección opuesta para compensar este campo. El transformador es un elemento en el que dos circuitos eléctricamente aislados están conectados por un campo magnético que los une a ambos; los cambios en un circuito afectan al otro.

La fuerza electromotriz por vuelta, (2.11), es la misma en los devanados primarios y secundarios por ser igual el flujo. De manera que, en cada devanado, la fuerza electromotriz por vuelta será la diferencia de potencial dividida entre el número de vueltas del mismo

$$\frac{\Delta V_1}{N_1} = \frac{\Delta V_2}{N_2} \quad (2.13)$$

Donde:  $\Delta V_1$  y  $\Delta V_2$  son los valores de tensión rcm

De lo anterior se puede concluir que si  $N_2 > N_1$  entonces es un transformador elevador, y si  $N_2 < N_1$  entonces es un transformador reductor.

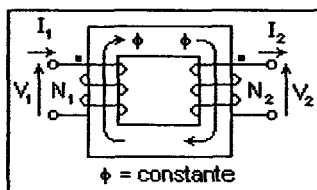
Es fundamental destacar que cuando se aplica la conservación de la energía y se modela como un transformador ideal, sin pérdidas, toda la potencia que entra por el devanado uno debe salir por el devanado dos, así que

$$i_1 V_1 = i_2 V_2 \quad (2.14)$$

Al combinar (2.14) con (2.13) se originan las siguientes relaciones:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.15)$$

La relación entre corriente y voltaje es la misma que entre los números de vueltas entre ambos devanados. Así, el factor de potencia y la potencia rem son las mismas, tanto en la entrada (primario) como en la salida (secundario).



Fuente: Inside Transformers

Figura 2. 1: Transformador

La figura 2.1. muestra el concepto de operación del transformador: a través del núcleo circula el flujo magnético  $\Phi$ , el devanado primario con  $N_1$  vueltas y el secundario con  $N_2$  vueltas.

Además, se presentan las direcciones de las corrientes: la  $i_m$  produce un campo en la dirección del flujo, mientras que la corriente  $i_2$  origina un campo en la dirección opuesta, según la ley de Lenz, ya que se opone al cambio del flujo magnético en el tiempo. Como la  $i_2$  induce su propio flujo magnético, promueve una fuerza electromotriz en el devanado primario, pero este no puede cambiar su tensión porque es la que le suministra el generador: “para garantizar esto, una nueva corriente  $i_p$  debe aparecer en el circuito primario, siendo magnitud y su constante de fase exactamente la que se requiere para cancelar la fuerza electromotriz contrario que  $i_2$  genera en los devanados primarios” (Resnick, Halliday, & Krane, 2004). Así la corriente final  $i_1$  es

$$i_1 = i_m + i_p \quad (2.16)$$

Al caso que concierne, que es para los transformadores de distribución, el valor de corriente final  $i_2$  es siempre mayor que el valor  $i_1$ . De esta forma, se obtiene un mejor aprovechamiento de la energía en la transmisión, así como una mayor seguridad del usuario en las terminales.

### 3. Núcleo del Transformador

#### 3.1 Fenómenos eléctricos

##### Ferromagnetismo e Histéresis

El ferromagnetismo describe el fenómeno por el cual los átomos de un material tienen momentos dipolares magnéticos permanentes. Esto se debe a una fuerte interacción entre los átomos cercanos que hace que se conserven alineados sus momentos dipolares, aún cuando se elimine el campo magnético externo. Además, el ferromagnetismo depende de la intensidad de los dipolos, y cómo el campo dipolar cambia con la distancia también depende de la separación entre los átomos del material. Si se eleva la temperatura de la sustancia, se disminuye la efectividad del acople electromagnético entre átomos cercanos.

El campo magnético aplicado aumenta considerablemente en los materiales ferromagnéticos, en vista de que su magnitud puede ser hasta  $10^3$  o  $10^4$  veces mayor que el campo aplicado. La relación entre el campo magnético total y el campo magnético aplicado se describe como

$$B = \kappa_m H \quad (2.17)$$

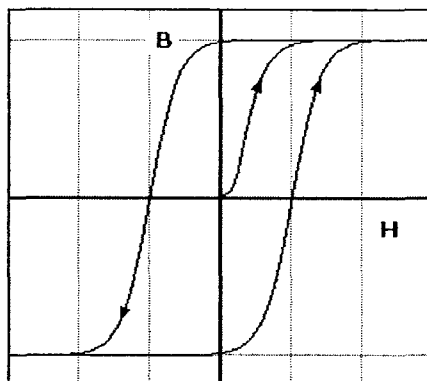
Donde H es el campo aplicado o excitación magnética.

$\kappa_m$  es la permeabilidad del material, que para un material ferromagnético no es constante, por lo que tampoco el campo ni la magnetización crecen linealmente con el campo aplicado. Esto significa que las relaciones entre B y H no corresponden a líneas rectas.

La relación entre B y H presenta el fenómeno de histéresis. Esto significa que, cuando se somete el material a un ciclo de operación, la magnetización (relación B-H) sigue una curva complicada llamada curva de histéresis del material, la cual depende del material y del valor máximo de H, al que se encuentra sometido el material.

Considérese una muestra de material ferromagnético, inicialmente desmagnetizada, donde el parámetro de control experimental es el campo H, ubicado directamente en relacionado con la corriente eléctrica. Si el campo H se incrementa, desde cero, la magnetización del

material crecerá. El valor de  $\kappa_m$  es una función de H con un rango de variación de diferentes órdenes de magnitud.



Fuente: Histéresis, Wikipedia

Figura 2. 2: Curva de Histéresis

Se observa, en primer lugar la existencia de una saturación, esto es que “si el campo H alcanza un valor suficientemente elevado, la magnetización M alcanza un valor máximo, que depende del material” (Utreras, 1999), entonces se puede afirmar que el campo B no crece más. Esto significa que en una muestra saturada todos los dipolos magnéticos elementales se han alineado con el campo H.

Una vez que la muestra está magnetizada, si se disminuye H, la relación B-H no describe la curva inicial de la figura, sino que regresa por una nueva curva, donde interseca el eje de las ordenadas con un valor de B diferente a cero, lo que implica que aún eliminado el campo de excitación H, el material sigue magnetizado. Al aumentar H en sentido contrario al inicial, la muestra adquiere una magnetización invertida, pero para lograr que B sea cero, es necesario aplicar un campo H diferente de cero, al cual se le llama fuerza coerciva.

Es por ello que si se sigue incrementando H, se llega a la saturación nuevamente y si otra vez se cambia el sentido de H, entonces B regresará por la parte inferior de la curva B-H. Igualmente, se evidencia que la curva para H es distinta, pues depende de la dirección de H, y la distancia entre ambas curvas es el doble de la fuerza coerciva.

Algunas aplicaciones frecuentes de los materiales ferromagnéticos son:

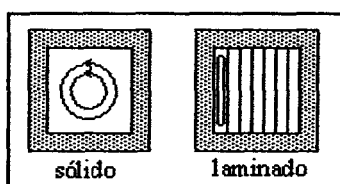
- para aumentar el flujo magnético en circuitos de corriente (motores, generadores),
- como fuentes de campo magnético (imanes),

- en almacenamiento magnético de información.

El campo  $B$  varía más lentamente que  $H$  y se pierde energía en una especie de fricción interna. La energía perdida en cada ciclo es proporcional al área dentro de la curva de histéresis. La corriente de magnetización va a estar desfasada casi  $90^\circ$  con respecto al voltaje, pero debido a que el flujo  $B$  retrasa a la corriente, aparece un pequeño componente de la corriente en fase con el voltaje, lo que se conoce como las pérdidas por histéresis. Por ello, los transformadores se diseñan de manera que la corriente de magnetización sea sólo una pequeña fracción de la corriente normal de carga.

### Corrientes Parásitas

Se conoce que “conforme el flujo magnético  $\Phi_B$  varía en el tiempo, se induce un campo eléctrico en el núcleo, y si este está conduciendo, entonces van a fluir corrientes. Las cuales se denominan corrientes parásitas, y son equivalentes a que el devanado secundario esté en corto circuito” (Calvert, 2001). Las corrientes parásitas, al igual que la histéresis, producen un componente de la corriente en fase con el voltaje aplicado. Esto se refleja en un calentamiento del núcleo, es decir, en una pérdida de energía.



Fuente: Inside Transformers

Figura 2. 3: Corrientes Parásitas

En vista de que la permeabilidad del acero es mucho mayor que la del aire, la función del núcleo es confinar el flujo magnético a un trayecto que coincida con los devanados. Sin embargo, un núcleo de una sola pieza tiene una resistencia eléctrica tan baja que las pérdidas por corrientes parásitas son muy altas, por lo que se utilizan núcleos laminados.

El efecto de las láminas es limitar las corrientes parásitas a trayectorias elípticas, con poco flujo, lo que reduce su magnitud. Así, entre más delgadas las láminas, menores las pérdidas. Naturalmente, para que esto sea efectivo, se necesita un recubrimiento para que las láminas

estén aisladas entre sí. Las pérdidas por estas corrientes son proporcionales al cuadrado del espesor de las láminas, a la frecuencia y a la máxima densidad de flujo.

### 3.2 Material: Acero al Silicio

“La aleación ferromagnética más utilizada para el diseño de núcleos de transformadores es la aleación hierro-silicio, llamada comúnmente acero al silicio o chapa magnética” (Industrias Sica, 2004). Mientras el acero ordinario contiene menos del 0,03% de silicio, un acero al silicio es esencialmente hierro puro con un 0,6-6% de silicio.

Al aumentar el porcentaje de silicio, las propiedades magnéticas se alteran de la siguiente forma:

- Se aumenta significativamente la resistencia eléctrica, por lo que se disminuyen las pérdidas por corrientes parásitas, y por ende las pérdidas del núcleo.
- Disminuye el área de histéresis, es decir, baja la disipación de energía por ciclo.
- El fenómeno de envejecimiento hace que las pérdidas por histéresis aumenten hasta 100% en el tiempo, cuando el acero opera sobre los 150°F, sin embargo, al alear el acero con más de 1% se elimina este problema.
- Se aumenta la permeabilidad.
- La estructura de grano se altera y hace al acero frágil (quebradizo), por lo que se dificulta el perforado y otras operaciones mecánicas, por lo que su porcentaje se elige según su aplicación.

Las propiedades magnéticas del acero al silicio también dependen del tratamiento térmico, puesto que al incrementar el tamaño de grano, se disminuye la pérdida por histéresis. Los aceros semi-procesados vienen de tal forma que luego de troquelarlos se hace un tratamiento que lleva al tamaño de grano deseado, de unos 150 micrómetros. Los aceros procesados vienen ya con aislamiento, tratamiento térmico, y propiedades magnéticas definidas, para procesos donde el troquelado no afecta significativamente las propiedades del material.

El acero al silicio debe usarse en láminas delgadas para minimizar las pérdidas debido a corrientes parásitas, por esto se usa en núcleos laminados y enrollados. Las corrientes



parásitas se vuelven excesivas conforme se incrementa la frecuencia. Para 60 Hz, las láminas varían desde 0.18 hasta 0.35mm de espesor, en diferentes grados.

Además, el acero al silicio debe recubrirse con aislamiento para aumentar la resistencia entre láminas, proveer resistencia a la corrosión y actuar como lubricante durante el troquelado. Entre más delgada y efectiva sea la capa aislante, más eficiente será el núcleo.

De acuerdo con la orientación del grano, hay dos tipos básicos del acero al silicio:

- Grano orientado: usualmente posee porcentaje de silicio cercano a 3%. Se maquina de tal forma que las propiedades óptimas se desarrollan en la dirección de laminación, gracias a la orientación cristalográfica en la lámina. “Debido a esta orientación, la densidad de flujo magnético se aumenta 30% en la dirección de laminación, aunque la saturación magnética disminuye en 5%” (Wikimedia Foundation, Inc, 2008). Asimismo, la orientación de grano disminuye las pérdidas y extiende los límites de operación.
- Grano no orientado: tiene un porcentaje de silicio de 2-3,5% y propiedades magnéticas similares en todas las direcciones. También es más barato y sirve para aplicaciones donde la dirección del flujo magnético es alternante, como motores y generadores.

### 3.3 Configuración

#### Núcleos Enrollados con Entrehierros Escalonados (*Step-Lap*)

Un núcleo enrollado es la configuración típica utilizada en transformadores de gran volumen de producción como los transformadores de distribución. El procedimiento de manufactura más utilizado para hacer estos núcleos es doblar las láminas y luego aplicar un recocido para liberar esfuerzos mecánicos y restablecer las propiedades electromagnéticas.

Así, el núcleo se arrolla de manera independiente de los devanados, que se agregarán posteriormente. Esto implica que el núcleo debe ser formado con uniones que permitan que la lámina se separe para abrirlo y acomodarlo en las ventanas del devanado. Desde el punto

de vista de la eficiencia, se desea que la reluctancia magnética del núcleo sea lo más baja posible y que sus uniones no afecten la distribución del flujo.

Una configuración de unión comúnmente utilizada es la junta con entrehierros escalonados, donde los extremos de cada lámina se conectan con la siguiente. Por eso, las posiciones de estas uniones se van desplazando y muestran un patrón escalonado. Esta configuración tiene como consecuencia que en el costado de las uniones se puede originar un abultamiento; para evitarlo, los constructores añaden una lámina corta a la construcción del núcleo, cada vez que el patrón de uniones de láminas se repite.

Dicha lámina corta es de una longitud parcial, por lo que tiene uno de sus extremos que coincide con el extremo de la última lámina de un patrón, mientras que el otro extremo coincide con el extremo de la lámina que comienza el próximo patrón. Con estas láminas el patrón del núcleo se ve como una espiral continua desde el interior hasta el exterior, pero las láminas cortas significan material adicional y modificación del proceso de ensamble.

La presencia de estas láminas cortas hace que la sección transversal del resto del núcleo iguale a la sección trasversal de la parte de las uniones, como se observa en la figura 2.4, donde las láminas con relleno sólido representan las láminas cortas.

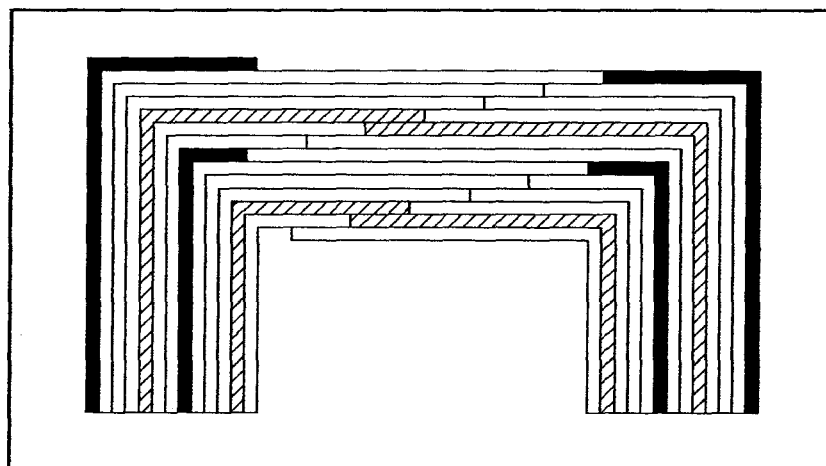
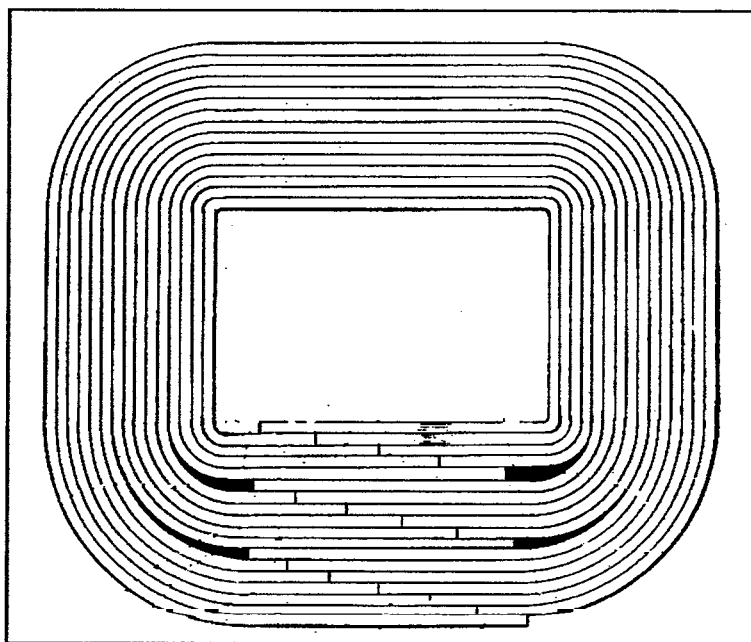


Figura 2. 4: Núcleo con entrehierros escalonados y lámina corta

Por otro lado, por más que se trate de compactar la unión entre dos láminas, siempre queda entre ellas un espacio de aire cuya reluctancia magnética es mayor que la de la lámina. Por ello, cuando el flujo llega al extremo de la lámina, tenderá a pasar a la lámina adyacente en

lugar de cruzar el espacio de aire. El núcleo con uniones de entrehierros escalonados tiene la ventaja que los extremos de las láminas no cierran entre sí, sino que calzan con la lámina anterior y posterior, de manera que cuando el flujo llega a la unión entonces cruza al inicio de la misma lámina nuevamente, lo cual cierra su recorrido.

La limitación a la saturación del flujo la forman las láminas cortas, ya que estas no cierran sus patrones, lo que hace que “el flujo deba cruzar a las láminas adyacentes para completar sus patrones cerrados. Este flujo que ha cruzado se suma al flujo que ya traía la lámina adyacente, y puede hacer que el material en el extremo de la junta se sature” (Lee & Ballard, 1988).



Fuente: Figura 3, Patente (Lee & Ballard, 1988)

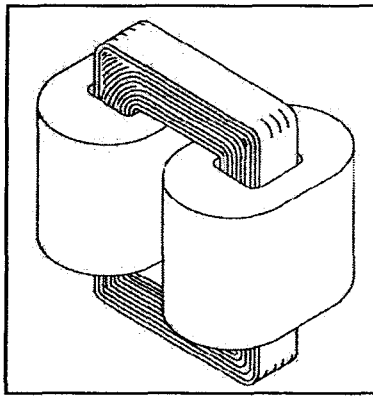
Figura 2. 5: Núcleo con entrehierros escalonados sin lámina corta

Existe otra configuración, que es sin láminas cortas, como se muestra en la figura 2.4. Esta tiene la ventaja que todas las láminas tienen su longitud completa, lo que implica que cuando el flujo llega a la unión puede cruzar al inicio de la misma lámina nuevamente, con lo cual cierra su recorrido. Esto favorece porque ya no se va a dar el problema de saturación debido a las láminas cortas.

## Disposición Núcleo-Devanados

Estas configuraciones corresponden a la forma de estructurar el núcleo y el devanado para un transformador de distribución monofásico.

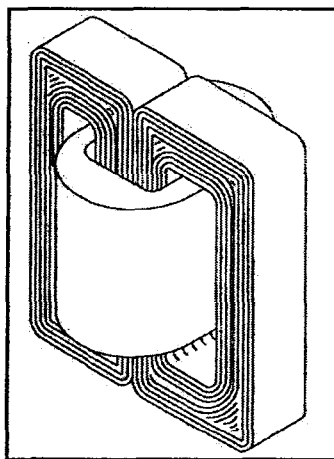
- Tipo Núcleo: este es un sólo núcleo enrollado que conecta dos devanados idénticos. Estos transformadores siempre utilizan la configuración LO-HI porque los dos devanados deben tener corrientes iguales. “La configuración LO-HI se usa cuando se requiere alta impedancia, esto se da especialmente para potencias altas, donde se buscan altas impedancias para limitar la corriente de corto circuito” (Harlow, 2003).



Fuente: Figura 2.2.6 (Harlow, 2004)

Figura 2. 6: Tipo Núcleo

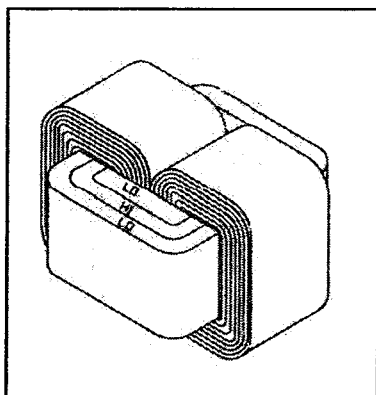
- Tipo Acorazado: un devanado es el que conecta dos núcleos enrollados



Fuente: Figura 2.2.7 (Harlow, 2004)

Figura 2. 7: Tipo Acorazado

Esta configuración tiene una variación de tipo Lo-Hi-Lo, donde devanado secundario se divide en dos secciones con el devanado primario de por medio. Lo mencionado, resulta “una menor impedancia que si el devanado secundario fuera continuo” (Harlow, 2003).



Fuente: Figura 2.2.8 (Harlow, 2004)

Figura 2. 8: Tipo Lo-Hi-Lo

Para los transformadores que se piensa construir, la configuración más comúnmente utilizada es la tipo núcleo. Sin embargo, en cuanto al proceso de conformación de los núcleos, este es el mismo para las distintas opciones, pues todos presentan la configuración de entrehierros escalonados, lo que varía es la disposición de los devanados.

## B. Trabajado metálico de la lámina

### 1. Corte

“El corte se realiza por la acción de cizalla entre dos bordes afilados de corte” (Groover, 1997). El borde superior de corte o punzón se mueve hacia abajo hasta que pasa el borde inferior de corte o dado. Conforme el punzón se desplaza, empuja el material, lo que ocasiona, primero, una deformación plástica en la lámina, luego se da la penetración en la cual se comprime la lámina y se corta el metal. Finalmente, se da la fractura en el material entre los dos bordes de corte.

Al diseñar el corte de una lámina metálica, los parámetros importantes por tomar en cuenta son el claro entre el punzón y el dado, el espesor del material, el tipo de metal y resistencia, y la longitud del corte.

El claro corresponde a la distancia entre el punzón y el dado, el valor del mismo usualmente varía entre el 4-8% del espesor de la lámina. La importancia de este parámetro es que si se tiene un valor muy pequeño, entonces se requerirá una fuerza muy grande para poder cortar el material, mientras que un claro muy grande ocasiona una rebaba excesiva. El claro recomendado, según Groover se calcula por la fórmula

$$c = at \quad (2.18)$$

Donde c: claro (mm)

t: espesor del material (mm)

a: tolerancia, la cual se determina de acuerdo con el tipo de metal.

Al diseñar una cizalla, se necesita saber el tonelaje que requerirá la prensa, para esto hay que calcular la fuerza F, pues se requiere cortar la lámina. Esta se determina por la fórmula

$$F = StL \quad (2.19)$$

Donde S: resistencia la corte de la lámina (MPa)

t: espesor del material (mm)

L: longitud del borde de corte (mm)

Si se desconoce el valor S, se puede estimar la fuerza F según Groover con la fórmula

$$F = 0.7TStL \quad (2.20)$$

Donde TS: es resistencia última a la tensión (MPa)

## 2. Doblado

El doblado se define como “la deformación del metal alrededor de un eje recto. En este proceso se crea en el material un plano neutral, hacia afuera del mismo el material se estira y hacia adentro se comprime” (Groover, 1997); de manera que se crea una deformación permanente.

\*\*La fuerza máxima necesaria para el doblado se puede estimar basado en el doblado de una viga simple, como sigue:

$$F = \frac{K_{bf}TSwt^2}{D} \quad (2.21)$$

Donde F: fuerza de doblado (N)

$K_{bf}$ : factor que considera las diferencias con un proceso real de doblado

TS: resistencia a la tensión del material (MPa)

w: ancho de la pieza (mm), sobre el cual se hace el doblado.

t: espesor de la lámina (mm)

D: dimensión de la abertura del dado (mm)

### Doblado con rodillos

#### Definición:

“Formar una lámina metálica a través de ejes de doblado rectos, longitudinales y paralelos con uno o más pares de rodillos sin cambiar el espesor del material a temperatura ambiente”. (Halmos, 2006)

#### Radio de Doblado

En el doblado con rodillos el material que queda hacia la parte exterior de la línea de doblado está en tensión y el que está en la parte interior en compresión, se encuentra en una dirección transversal al doblado con rodillos.

La magnitud tanto de la tensión como de la compresión es función de la relación entre el radio de doblado y el espesor, y de las propiedades mecánicas del material. Al realizar el

doblado, debe conocerse tanto el esfuerzo de fluencia, como el esfuerzo último y la elongación del material, para que no falle en el proceso.

La mayoría de metales cuando se someten a doblado con un radio pequeño (radio interno de uno a dos veces el espesor del material) se deforman de manera permanente y con poca recuperación elástica. Sin embargo, si el radio de doblado es demasiado pequeño, las fibras externas del material pueden fallar.

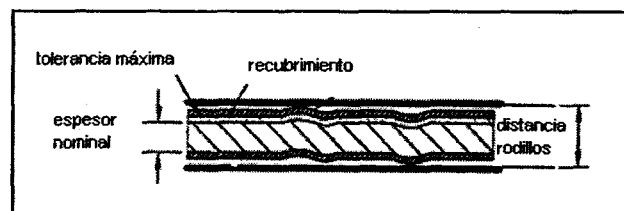
Los valores de radios mínimos de doblado se dan por el suplidor o se encuentran especificados en normas, sin embargo, para el doblado con rodillos una relación de  $r:t$  se puede alcanzar casi siempre.

Por otro lado, los esfuerzos en las fibras externas del material son función de la relación entre el radio de doblado y el espesor. No obstante, cuando por el contrario el radio de doblado es grande, los esfuerzos pueden ser tan bajos que la recuperación elástica sea aún más significativa que la deformación permanente. Para relaciones de 10-100 o más, será muy complicado formar el material con tolerancias aceptables.

Cuando el material posee recubrimientos, también es importante analizar el comportamiento durante el doblado, lo cual está especificado en normas. Algunas pinturas y recubrimientos se fracturan en las líneas de doblado, lo cual puede llevar a una posterior corrosión prematura, esto se puede eliminar precalentando las tiras (50-75°C), según el recubrimiento. Además, es recomendable utilizar velocidades y presiones bajas para que el recubrimiento no se vea afectado por rayones.

#### Diseño de los rodillos

El material debe ser capaz de pasar por el espacio entre ambos rodillos sin reducción de espesor. De ahí que la distancia entre rodillos se calcula como la suma de: espesor máximo de la lámina, ya que se toma en cuenta la tolerancia, más el espesor máximo del recubrimiento.



Fuente: Figura 5.35 Roll Forming Handbook



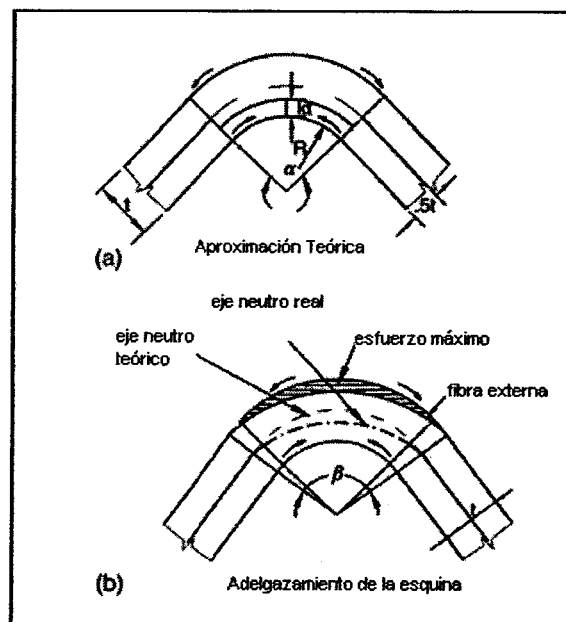
Figura 2. 9: Distancia entre rodillos

Es importante decir que si se intenta trabajar material de espesor mayor, se pueden quebrar los rodillos, dañar el equipo, reducir la calidad del producto; y crear ondulaciones, rayones u otros problemas.

El espesor también afecta la longitud final de la lámina después del doblado, ya que esta longitud se calcula para el espesor nominal. Si el espesor es mayor, las dimensiones finales serán menores, y viceversa. Sin embargo, lo usual es diseñar los rodillos para un solo espesor y asumir que la variación de la longitud, en función del espesor, será despreciable. Por tanto, entre menores sean las tolerancias de formado de una pieza, menores deben ser las tolerancias de la lámina.

### Longitud de la lámina

Para calcular la longitud final de la lámina, la sección se subdivide en partes rectas, que se modela como si no cambiara su longitud, ni las partes curvas. La longitud de un elemento curvo se calcula al asumir que el eje neutro teórico del elemento doblado se desplaza de la mitad del espesor de material hacia el interior.



Fuente: Figura 5.84 Roll Forming Handbook

Figura 2. 10: Longitud de la Lámina

La nueva ubicación del eje neutro es representada por la tolerancia de doblado  $k$ . Donde valor de  $k$  indica la distancia del eje neutro respecto del borde interno. Realmente, el

material cambia su longitud de manera gradual en la unión entre los segmentos rectos y los curvos. Sin embargo, mediante la aproximación que los segmentos rectos no cambian, y el uso del factor  $k$  para los segmentos curvos, se obtienen resultados bastante cercanos a los reales. Aún así, el valor exacto de la longitud real, debe obtenerse de manera experimental.

Una ecuación para determinar el valor de la tolerancia de doblado  $k$  es:

$$k = 0.567 \frac{R_i + 0.25}{1.2 \frac{R_i}{t} + 1} \left( 1 + \frac{Y^{2.5}}{250U^{1.41}} \right) \quad (2.22)$$

Donde  $R_i$ : radio interno de doblado (in.)

$t$ : espesor (in.)

$Y$ : esfuerzo de fluencia (ksi)

$U$ : esfuerzo último (ksi)

Entre más grande sea la relación entre  $R_i$  y  $t$ , o más grandes los valores de  $Y$  y  $U$ , más cercano es el valor  $k$  a 0.5.

Conocido el valor  $k$ , se puede calcular la longitud final del elemento  $L$ , el cual se expresa como

$$L = 2R_n \frac{\alpha}{360} \pi \quad (2.23)$$

$$L = 2(R_i + kt) \frac{\alpha}{360} \pi \quad (2.24)$$

Donde  $R_n$ : radio del eje neutro teórico

$\alpha$ : ángulo en grados

Por ende, cuando el material se dobla, tiende a estirarse. Este efecto se incrementa cuanto más pequeño sea el radio de doblado en relación al espesor del material.

### III. METODOLOGÍA

#### A. Delimitación del tema y justificación del estudio.

Se analizó la necesidad de la empresa de disponer de una máquina conformadora de núcleos para transformadores de distribución. Para ello, se investigó sobre los servicios que brinda la empresa, luego se determinó cuáles de ellos se podían ver afectados o relacionados con dicha máquina.

En resumen, este proyecto se basa en el diagnóstico y mantenimiento de transformadores de distribución, lo que contempla transformadores marca COOPER POWER SYSTEMS (CPS), de los cuales ENERPOT es Centro de Servicio Autorizado. Asimismo, se toman en cuenta transformadores de cualquier otra marca.

Es importante recalcar que ENERPOT tiene un contrato con la empresa DITEM, la cual posee un taller industrial con capacidad para el mantenimiento de transformadores de hasta 20 MVA, pero no se cuenta con una máquina para hacer núcleos. A partir de ello, se investigó la forma en que la empresa trabaja actualmente la reparación de núcleos y la conveniencia disponer de una máquina para fabricarlos.

#### B. Diagnóstico de la situación actual del problema

En la empresa no existe ninguna máquina que lleve a cabo el proceso de conformación de núcleos, por lo que no se trata de buscar una alternativa que supere lo existente, sino de encontrar una solución a las necesidades de la empresa.

Primero, se investigó acerca de los núcleos de transformadores de distribución, las distintas configuraciones que se utilizan para ubicar los devanados, los materiales y espesores así como los tipos de uniones entre láminas y sus disposiciones, cuáles se recomiendan y por qué –entrehierros escalonados y sin lámina corta–.

Con base en esta información, se determinó las siguientes etapas de transformación que debería tener la máquina: desenrollado y aplanado, corte y doblado. También se estudian las

diferentes maneras de realizar el doblado de las láminas, entre las que se contempló el doblado con dados en V, el troquelado, y el proceso de enrollado.

Posteriormente, se buscó bibliografía referente a la conformación de núcleos. Con esto se pretendía encontrar métodos ya recomendados por expertos que se funcionaran para la aplicación. Es importante mencionar que se indagó en libros de diseño y de mantenimiento de transformadores de distribución, sin embargo, la información concerniente a la formación de los núcleos fue difícil de obtener, pues ninguno especificaba los métodos y procedimientos que se utilizaban para conformarlos.

Por esto se procedió a buscar en patentes, en especial, en las de la oficina de patentes de los Estados Unidos de América, que se refirieran a máquinas o métodos de enrollado de núcleos de transformadores.

### C. Evaluación de las propuestas

El proceso de evaluación de las propuestas se realizó basado en:

- El material utilizado para la aplicación: algunas propuestas usaron como material láminas de acero al silicio, mientras que otras utilizaron metal amorfo. La principal diferencia en lo que interesa en este estudio entre ambos materiales es su espesor, donde las láminas de metal amorfo son cerca de diez veces más delgadas que las de acero al silicio, por lo que la disposición de las láminas y, por consiguiente, el corte así como el enrollado se hace de manera distinta.
- La integridad de la propuesta: algunos métodos contemplaban todos los procesos, desde que el material se compraba en sus rollos, es decir, explicaban el aplanado, corte y doblado. Mientras que otras máquinas asumían que la lámina venía cortada a una dimensión específica, o que ciertos procedimientos se realizaban por medios convenientes no especificados.
- La versatilidad de la máquina: es importante que esta pudiera adaptarse a distintas configuraciones de núcleos, donde los parámetros variados fueran el tamaño y la

forma (rectangulares, redondos). Esto porque aunque inicialmente la máquina se diseña para unos ciertos núcleos en particular, se quiere que sea posible adaptarla a otras configuraciones dentro de un margen.

- La simplicidad y eficiencia de la misma: esto se refiere a que se logrará hacer todo el proceso de la más manera efectiva y simple a la vez. También se buscó que la propuesta tuviera el menor número de estaciones, con las cuales se logrará que el núcleo quede enrollado, es decir, que no surjan complicaciones innecesarias.
- La forma en que se presentaba el producto al final, esto es, si después de hacer el recocado el producto queda finalmente listo, o si es necesario hacer todavía otra etapa más al proceso.

Así, para el ordenamiento y calificación de las propuestas se tiene que 1 será la primera o mejor opción. En el caso del material y de la presentación final sólo hay 1 ó 2, en el resto se ordenan desde la propuesta que mejor satisface los requerimientos (1) hasta la que más se aleje.

A continuación se presenta el modelo del cuadro con valores arbitrarios con fines ilustrativos.

Tabla 3. 1: Calificación de las propuestas

| Propuesta | Material | Integridad | Versatilidad | Simplicidad y eficiencia | Presentación final | Total |
|-----------|----------|------------|--------------|--------------------------|--------------------|-------|
| A         | 1        | 2          | 3            | 1                        | 1                  | 8     |
| B         | 2        | 4          | 2            | 4                        | 1                  | 13    |
| C         | 2        | 3          | 4            | 3                        | 2                  | 14    |
| D         | 1        | 1          | 1            | 2                        | 1                  | 6     |

#### D. Elaboración de la propuesta final

A partir del cuadro anterior, se elaboró un boceto grueso de la propuesta. Por ello, es necesario explicar que el diseño se basó en la propuesta con el puntaje total menor y se complementó con las demás propuestas, con base en las mejores opciones para cada

criterio. De esta forma, se pretendía combinar las mejores cualidades de las diferentes proposiciones para crear una preliminar.

Una vez elegida la propuesta, se procedió a investigar los parámetros necesarios y variables presentes en el diseño de cada uno de los elementos. Esta investigación llevó a determinar que para los componentes correspondientes a las etapas de desenrollado y aplanado era mejor su selección que su diseño.

Por tanto, se realizaron dos procedimientos por separado: uno correspondiente a los parámetros para la selección de una máquina existente y otro referente al diseño del componente.

#### E. Selección de Elementos

Con base en la investigación desarrollada, se procedió a determinar los valores de los parámetros para seleccionar los elementos que mejor llevarían a cabo los diversos procesos. Las principales variables que se tomaron en cuenta fueron el espesor del material, la precisión del proceso y la velocidad de producción.

#### F. Diseño de Elementos

Se procede, entonces, a describir la metodología seguida en el diseño de los diversos elementos.

##### *1. Diseño del brazo de doblado*

Se asignó un valor para el diámetro de los rodillos para iniciar el procedimiento, luego se determinó el radio máximo del arco menor. Con los valores de arco menor y diámetro de los rodillos se calculó el valor máximo del arco mayor, el cual debía satisfacer el hecho de que los arcos menores estuvieran paralelos y los rodillos en contacto con la cara más larga, lo que se definió como posición horizontal.

Además, se calculó el radio mínimo del arco mayor, el cual debía cumplir con la idea de que los arcos menores estuvieran perpendiculares entre sí y con ambos rodillos en contacto, sin que estos chocaran. Se determinó el ángulo que dicho arco mayor formaría con la horizontal en esa posición, definida como posición vertical.

Entonces, se seleccionó un valor en el intervalo definido y en función del nuevo se revisó si la configuración era posible, ya que dependía del valor de arco mayor para variar el desplazamiento posible de los arcos menores sobre las caras del núcleo.

Por otro lado, se buscó el valor de radio del arco menor lo más grande posible, con el fin de abarcar más a la hora del doblado. También se consideró una proporción entre el arco menor y los rodillos para que el arco no fuera espacio desperdiciado. Por ende, en cuanto al valor del radio del arco mayor, se buscó el más pequeño para que hiciera la configuración posible. Esto porque un valor de arco mayor de lo requerido sería una pérdida de espacio y recurso innecesario.

Se procedió a calcular las coordenadas de los puntos de pivote, tanto de los arcos menores como del arco mayor, por lo que se tomó como origen el centro del mandril. Esto se hizo para seis dimensiones desde el doblado de la primera lámina, donde se incrementó hasta completar el núcleo, tanto en posición vertical como horizontal.

En la posición vertical, la coordenada en x del arco menor superior era variable, por eso se determinó el intervalo de valores en los cuales podía oscilar. El valor máximo dependía de dos condiciones, que los dos rodillos estuvieran en contacto, y que el arco mayor permitiera esa disposición. Así que se comparó y se escogió el menor de ambos. Se determinó entonces las coordenadas de los dos arcos menores, y con ello se pudo calcular el ángulo y coordenadas del arco mayor.

En la posición horizontal del núcleo se buscó, inicialmente, que ambos arcos estuvieran colineales y paralelos a la cara más larga. Se determinó los valores máximo y mínimo de las coordenadas de los arcos menores en esta posición y se escogió puntos en ese intervalo. Con estos valores, se graficó las coordenadas del punto pivote del arco mayor para la posición horizontal a lo largo del doblado de láminas para un núcleo.

Por consiguiente, se procedió a realizar los ajustes para que la trayectoria fuese una línea recta, de manera que pudiera ser descrita por un brazo, para esto se varió tanto el ángulo del arco menor como la ubicación del mismo. Asimismo, se calculó el ángulo alfa mínimo y máximo que debía formar el arco menor, con el fin de que los dos rodillos estuvieran en contacto con el mandril en caras distintas y con el punto de tangencia paralelo a la cara del mandril.

Además, con base en los intervalos de valores sobre los cuales podían desplazarse los arcos menores en posición paralela a la cara, se varió el movimiento para aproximar la gráfica de trayectorias a una recta. Posteriormente, se procedió a variar no sólo el movimiento de los arcos, sino incluso las dimensiones de los mismos.

Es necesario señalar que para calcular la longitud del brazo de doblado se midió la distancia entre el punto mayor y el punto menor de la gráfica de trayectorias. Luego se dio un valor inicial para el brazo, el cual se trazó perpendicular al punto medio de dicha recta y, con esto, se pudo determinar las coordenadas iniciales del punto de pivote del brazo.

A partir de ello, se calculó la distancia entre el punto pivote del brazo y el arco mayor, la cual corresponde a la distancia real del brazo. Esto se hizo para todos los puntos de la gráfica de trayectorias del arco mayor, posteriormente, se calculó el valor promedio y se comparó con cada uno de los valores individuales. De esta manera, se iteró hasta que los valores individuales y el promedio calculado fueran cercanos.

Este mismo método se siguió para las seis potencias distintas de núcleos, de tal forma que se obtuvieron las seis curvas que describían la trayectoria del pivote del arco mayor. Conocidas las coordenadas del pivote del brazo para los seis tamaños de núcleos, se efectuó de nuevo el mismo procedimiento para el cálculo del brazo de soporte, con lo que se ubicó el segundo punto pivote (fijo). Se buscó, en este caso, variar las longitudes del brazo de doblado para hacer que la longitud del brazo de soporte fuera la misma para todos los tamaños.

Por último, se calculó las coordenadas de los puntos de apoyo para el punto de pivote del brazo de doblado. Para esto se escogió una disposición horizontal, así que todos los puntos conservaron la misma coordenada en  $y$ , pero variaron su coordenada  $x$ .



## 2. *Diseño del actuador de los rodillos*

Para diseñar el elemento actuador, primero se calculó la fuerza máxima que debía ejercer, con el propósito de escoger el dispositivo por usar. Así, la fuerza se estimó basada en el doblado de una viga simple. Al obtenerse un valor bajo, se decidió utilizar un resorte de extensión, el cual se escogió para el punto donde el resorte estaba en su posición más abierta. Esto es, al final del doblado.

Igualmente, se calculó la longitud del resorte para seis posiciones, desde el inicio hasta el final del doblado para todos los tamaños de núcleos, para esto se varió los puntos pivote del resorte en la estructura de la máquina, mientras que se mantuvo constante el punto pivote en el brazo de doblado, y se buscó que la longitud promedio del resorte permaneciera constante. Con lo anterior, se pudo determinar el valor mínimo y máximo de longitud del resorte.

Se escogió un diámetro del alambre de prueba y con el mismo se determinó las propiedades mecánicas del material, los valores alternantes y medio de la fuerza. A partir de la teoría se sabe que el punto más débil en un resorte de extensión helicoidal es el "A", donde el gancho del extremo sufre el esfuerzo axial y flexionante máximo. Por eso, para este punto se determinaron los esfuerzos  $S_a$ ,  $S_{se}$  e iterando se despejó el valor de  $C$ .

Por tanto, se determinó el rango en el cual podían estar los valores de fuerza inicial, y se escogió el valor que satisficiera las condiciones de longitud máxima y mínima. A partir de lo citado, se calculó la constante de elasticidad del resorte  $k$ , el número de espiras en el cuerpo  $N_b$  y la longitud libre  $L_0$ . Se procedió a calcular los factores de seguridad a fatiga y fluencia para flexión y torsión en los ganchos de los extremos, así como para el cuerpo del resorte. Por último, se calculó la cifra de mérito y se repitió el procedimiento con distintos diámetros de alambre, con el objetivo de comparar y seleccionar el más adecuado.

## 3. *Diseño de la transmisión*

Inicialmente, se calculó la velocidad de giro del mandril para las diferentes potencias de núcleos. Asimismo, se determinó una relación de velocidades y se estableció el número de dientes de ambas catarinas.

Fundamental es que se conocía la distancia entre centros y este parámetro, por lo que se utilizó para determinar los posibles pasos. La elección del paso adecuado se hizo con base en los requerimientos de potencia.

Según lo descrito, se realizó un modelo donde un controlador PID tomaba como parámetro la velocidad nominal de giro y se ajustaba para que esta se estabilizara en un tiempo inferior a medio segundo. Para efectuar eso, se tomó el momento de inercia del núcleo mayor, y despreció la fricción rotacional y la elasticidad del eje. Con lo anterior, se calculó la potencia necesaria del motor, gracias a las condiciones más críticas de las constantes proporcional, integral y derivativa.

Con el valor de potencia requerida, entonces, se calculó el valor de potencia corregida de la cadena, el cual debía ser mayor a la potencia requerida. Finalmente, se calculó el número de eslabones y la longitud total de la cadena.

#### *4. Diseño del eje*

Para esto se calculó todas las fuerzas involucradas y se realizó los diagramas correspondientes. En este punto, se definió utilizar el enfoque de Von Mises en fatiga para dimensionar el eje, ya que este material es dúctil acero 1040 CD. Como criterio de falla se escogió Gerber.

Por tanto, se ubicó los puntos críticos del eje, y se determinó los valores de los diámetros requeridos en esos puntos para que el factor de seguridad estuviera en el rango de 1.2-1.8. También se diseñó el eje que está en el lado opuesto de la máquina.

#### *5. Diseño de la estructura*

Para verificar que la estructura soporte los esfuerzos, se procedió a calcular los mismos en ciertos elementos principales, los cuales correspondían a los elementos sometidos a las mayores cargas. Así, se analizaron los elementos más críticos sometidos a pandeo y a falla por fluencia. De manera que, al verificar que los elementos más críticos soportaban, se aseguró la aplicación de perfiles del mismo tamaño a todo el resto de la estructura, con el fin de que no fallare. Posteriormente, se decidió colocar unos elementos de soporte, los cuales también se diseñaron para soportar pandeo.

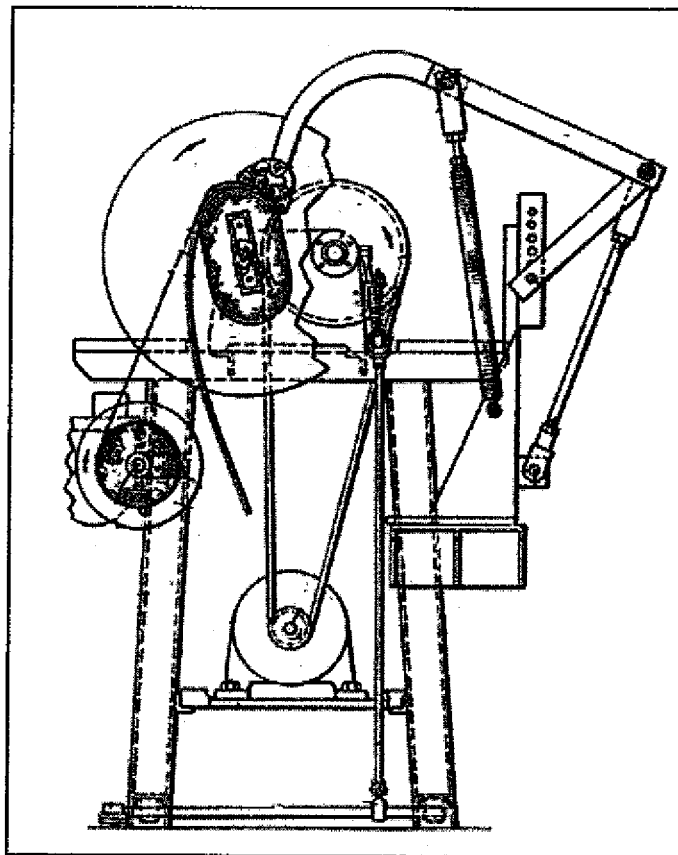
## IV. DISEÑO DE LA MÁQUINA

### A. Análisis de modelos preliminares basados en patentes

#### 1. Propuesta 1 (Richardson Jr, 1962)

Descripción del funcionamiento. En este método las láminas de acero al silicio, ya cortadas a sus longitudes finales por un método no mostrado en la patente, se enrollan alrededor de un mandril giratorio. Para este proceso, un rollo reutilizable de cinta de acero (acero laminado en frío de 2 mils) inicialmente se asegura al mandril, que al girar hace que el rollo abastezca el material.

La primera lámina de acero al silicio se introduce entre el mandril y la cinta de acero, y las demás láminas entre la lámina anterior y la cinta de acero, con lo que se logra el perfil de entrehierros escalonados. La cinta de acero sirve tanto para sujetar, como para dar el espesor extra requerido para el proceso de recocido.

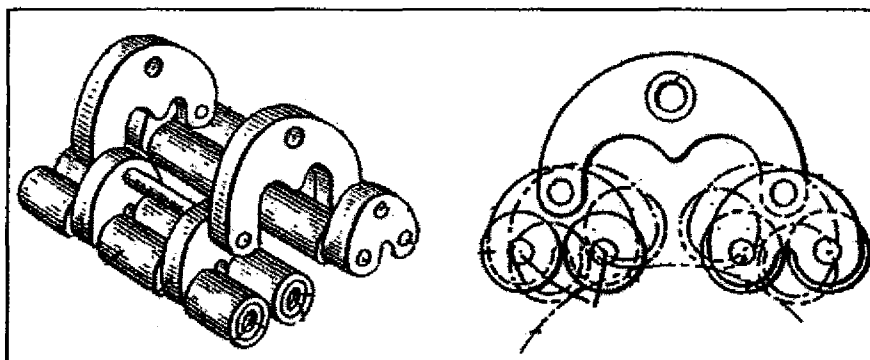


Fuente: Figura 7, Patente (Richardson Jr, 1962)

Figura 4. 1: Propuesta 1

Para ejercer presión de la lámina contra el mandril, hay dos juegos dobles de rodillos, los cuales giran libremente soportados por unos rodamientos de bolas. Estos rodillos se encargan de transmitir carga a las láminas y deformarlas, por lo que no se necesita que la cinta de acero esté muy tensa.

Así, los dos rodillos de cada juego se conectan por una pieza con forma de arco y para lograr que ambos estén en contacto con el núcleo tanto en los segmentos rectos, como en los curvos deben estar conectados a otra pieza con forma de arco. Se usan resortes para controlar la presión ejercida por el brazo al que se conecta la pieza principal en forma de arco. Además, la posición de este brazo se puede variar para trabajar núcleos más grandes.



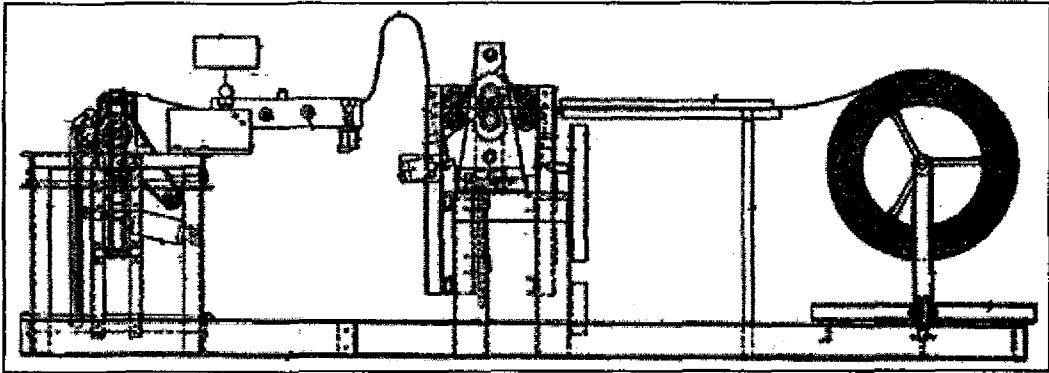
Fuente: Figura 2, Patente (Richardson Jr, 1962)

Figura 4. 2: Rodillos

Cuando se llega a las dimensiones necesarias del núcleo, se asegura la cinta de acero para que no se desenrolle. Luego, se usa una prensa para sujetar todo el núcleo, el que se puede remover junto con el mandril de la máquina. Entonces, se hace el recocido y el conjunto se vuelve a colocar en la máquina, excepto que ya no sean necesarios los rodillos, pues el material después del recocido no lo requiere. Se gira el motor en dirección contraria para desenrollar la cinta de acero, mientras se reciben las piezas deformadas y recocidas que quedan listas para el ensamble.

## 2. Propuesta 2 (Wescott, Lemont, & Ryde, 1964)

El material inicialmente se encuentra en rollo, así, en la máquina se corta y se enrolla a la forma requerida para conformar el núcleo. La velocidad lineal de la lámina al enrollarla alrededor de un perfil no circular no es constante, por lo que hay que usar rodillos para lograr un avance extra, de manera que quede una holgura que conforme una reserva de material para cuando la demande el mandril.

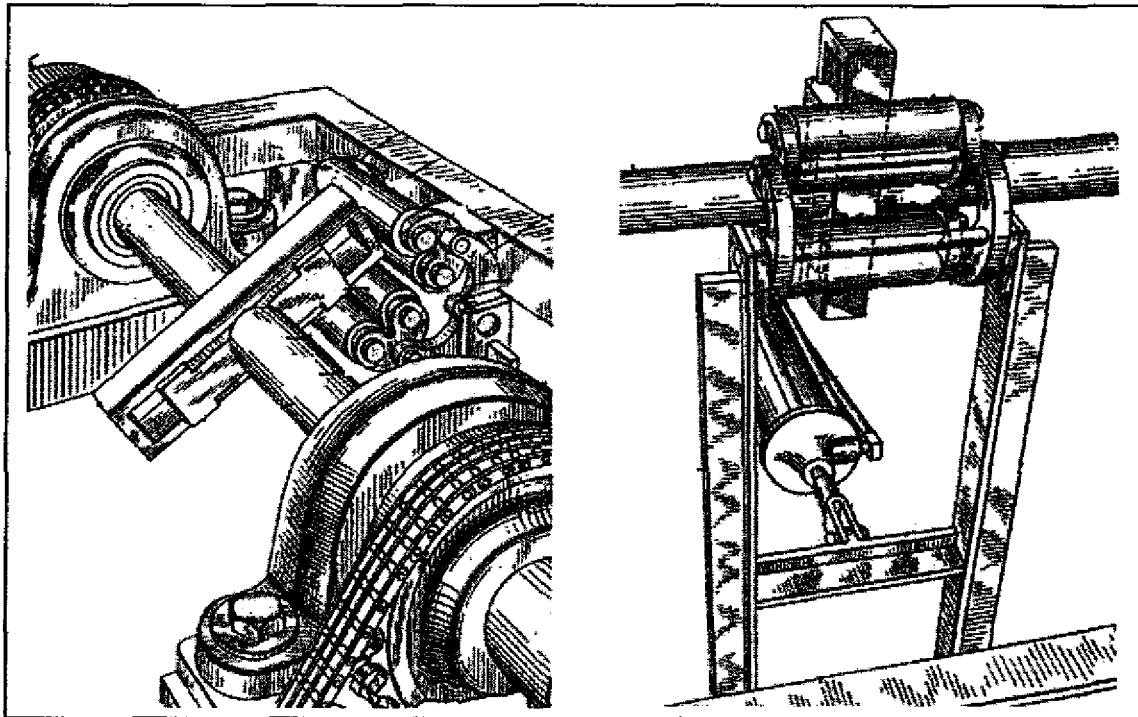


Fuente: Figura 2, Patente (Wescott, Lemont, & Ryde, 1964)

Figura 4. 3: Propuesta 2

El mandril se calza a dos ejes, que se pueden acercar o alejar entre sí gracias a un par de pistones, lo que permite el uso de distintos mandriles. La potencia se transmite por medio de transmisiones de cadena que mueven unas muñoneras que permiten que los ejes se desplacen a través de ellas, pero aseguran un movimiento sincronizado. Esto se logra por medio de ejes con ranura simple (similar a chaveteros).

El mecanismo de doblado con rodillos es similar al método anterior, donde un arco principal deriva en dos, cada uno con dos rodillos. Para tener los rodillos presionados al núcleo se usa otro pistón.



Fuente: Figuras 5 y 6, Patente (Wescott, Lemont, & Ryde, 1964)

Figura 4. 4: Soporte del mandril, propuesta 2

Los criterios usados para evaluar las opciones de configuración están se basados en:

- El material utilizado para el enrollado: algunas propuestas se diseñaron para doblar láminas de acero al silicio, mientras que otras para doblar metal amorfo.
- La integridad de la propuesta: contemplaba todos los procesos desde que el material se compraba en sus rollos, o asumía que se realizaban algunos procesos por medios convenientes no especificados.
- La versatilidad de la máquina: que pudiera adaptarse para distintas configuraciones de núcleos, donde los parámetros por variar fueran el tamaño y la forma (rectangulares, redondos).
- La simplicidad y eficiencia de la misma: se pretende efectuar todo el proceso de la manera más efectiva y simple.
- La forma en que se presentaba el producto al final, esto es, si después de hacer el recocido el producto queda finalmente listo, o si es necesario hacer todavía otra etapa más al proceso.

Una vez que se califiquen las propuestas, se ordenan desde la que mejor satisface los requerimientos (1), hasta la que más se aleje. Se procedió entonces a realizar la evaluación de las dos propuestas, cuyo resultado se resume en la siguiente tabla.

Tabla 4.1: Evaluación de las Propuestas

| Propuesta | Material | Integridad | Versatilidad | Simplicidad y eficiencia | Presentación final | Total |
|-----------|----------|------------|--------------|--------------------------|--------------------|-------|
| 1         | 1        | 2          | 2            | 1                        | 2                  | 8     |
| 2         | 1        | 1          | 1            | 2                        | 1                  | 6     |

Cuando se analizan los resultados, se obtiene que los principales aportes de la propuesta 1 son que al utilizar la cinta de acero se asegura que las láminas no se desenrollen y permite sujetarlas sin tener que utilizar demasiada presión por parte de los rodillos. También presenta el uso de resortes para controlar la presión del brazo, lo cual simplifica no solo el diseño, sino que también disminuye los costos si fuera necesario el uso de pistones.

Del segundo método se destaca la configuración en general de la máquina. Es la propuesta más integral, ya que incluye el desenrollado, un mecanismo para cortar las láminas, el posicionamiento y el doblado. Es por esto que se tomó como punto de partida para el diseño de la máquina.

Cabe mencionar que ninguna propuesta contempla la forma en que se cortan las láminas a los anchos, sino que se asume que el material en rollos se pide en el ancho necesario para cada tamaño de núcleo.

#### B. Etapas de transformación

Con base en las propuestas analizadas y la investigación se determinó que las etapas serán las siguientes:

- desenrollado
- aplanado
- corte
- doblado
- recocido.

Una vez conocidas las etapas, se procedió a investigar los parámetros necesarios y variables presentes en el diseño de los elementos de cada una de las anteriores.

Es importante indicar que esta investigación conllevó a determinar que para los componentes correspondientes a las etapas de desenrollado y aplanado era mejor su selección que su diseño, si se partía de cero, lo cual se justifica de la siguiente manera:

- El objetivo general no cambia: el diseño íntegro de una máquina para conformar núcleos de transformadores de distribución. Igualmente, no se establece que todos los componentes de la máquina deban ser diseñados sin precedente, sino que se desea conformar la máquina como un conjunto que cumpla con las expectativas del fabricante de núcleos. El grueso del trabajo es la integración sólida de componentes existentes, no la composición de planos mecánicos y especificaciones detalladas para cada pieza.
- Falta de información: para el diseño de diversos elementos se encontró cuáles eran las variables necesarias que se deben tomar en cuenta, sin embargo, no se halló información suficientemente detallada. Esto por diversos factores, por un lado el espesor tan bajo del material por utilizar que lo hace poco usual, por otro lado, los fabricantes presentan sus máquinas, pero naturalmente no detallan los criterios de diseño.
- Complejidad para el correcto desarrollo del proceso: para el aplanado y alimentación del material previo al corte se requiere mucha precisión en el proceso, la calibración de la presión de los rodillos, el control de los motores del desenrollado y el alimentador para que el material no tenga golpes abruptos y siempre funcione la reserva, además, es necesario que se controle el avance del material para que se incremente un milímetro cada corte. Son ejemplos concretos los casos en que se requería una precisión difícil de alcanzar para un tiempo de desarrollo tan corto, sin posibilidad de financiar la construcción de prototipos.

Esto llevó a dos procedimientos por aparte: uno correspondiente a los parámetros para la selección de una máquina existente y otro correspondiente al diseño del componente.



## C. Selección de Elementos

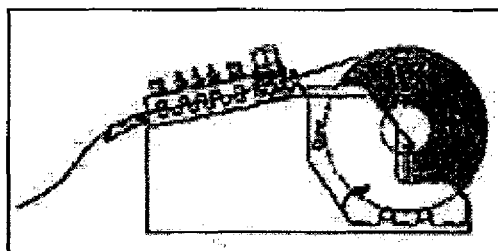
### 1. Desenrollado y Aplanado

#### Parámetros necesarios y variables presentes

##### 1.1 Selección del Desenrollador

Los tres métodos más utilizados para desenrollar son:

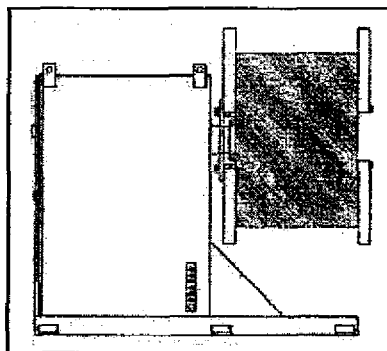
- Soporte de Rollo (Coil cradle): este el bobinado se sostiene por su diámetro externo, al apoyarlo sobre rodillos giratorios, por lo que tiene el inconveniente que el material se marca. Por lo anterior, este tipo es recomendado para aplicaciones donde se use un espesor mayor a 1,524mm (0.06 in). Otra desventaja es que es un sistema que no sirve para rebobinar rollos parcialmente usados.



Fuente: Figura 1 Unwinding the coil, Coe.

Figura 4. 5: Soporte de Rollo

- Carrete centrador (Centering reels): es el tipo más común y versátil, pues en este el rollo se sostiene por su diámetro interno por medio de un mandril expansible. Es óptimo para materiales con espesores bajos y medios y para aplicaciones en donde no se desee que el material se marque, ya que no hay contacto con el mismo conforme se desenrolla.



Fuente: Figura 2 Unwinding the coil, Coe.

Figura 4. 6: Carrete centrador sencillo

- Cama Desenrolladora (Pallet decoilers): el rollo se coloca sobre su lado en una mesa giratoria. Presenta la limitante que se utiliza sólo con material de espesores y anchos bajos, ya que la lámina debe hacer la transición de vertical a horizontal conforme se desenrolla.

Con base en los criterios anteriores se determinó que el mejor método es el de carrete centrador. Lo anterior, a partir de que el motor debe entregar potencia suficiente para vencer la fricción, la inercia del rollo, y obtener la velocidad de línea necesaria. Para esto es necesario usar los valores críticos de espesor del material, ancho, tamaño del rollo y velocidad de línea requeridos.

Al cambiar la velocidad de alimentación con el diámetro del rollo, la máxima velocidad angular del motor deberá determinarse para que se mantenga la velocidad de alimentación cuando el diámetro es mínimo.

En otras palabras, se requiere que el desenrollador tenga un variador de frecuencia o algún otro dispositivo que por medio de sensores ajuste la velocidad de alimentación para que coincida con la velocidad de consumo. Esto porque así se cuenta con un movimiento de la lámina más suave, con lo que se evitan las marcas en el material, las cuales ocurren cuando los rodillos varían su velocidad con mucha frecuencia; además, se extiende la vida de los componentes de la máquina y se ahorra energía.

Otro aspecto importante de contemplar es que para esta aplicación siempre se va a usar material del mismo espesor, lo que variará es sólo el ancho, en un ámbito máximo de  $\pm 100$  mm. El desenrollador de carrete elegido presenta las siguientes características:

Tabla 4.2: Especificaciones Desenrollador

|                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| Marca              | Coe Press                           |
| Modelo             | S1-12                               |
| Tipo:              | Carrete (reel)                      |
| D.I.               | 457mm (18 in)                       |
| D.E:               | 1524mm (60 in)                      |
| Peso Max           | 3 ton (6,600 lbs)                   |
| Ancho              | 25,4mm- 304,8mm<br>(1,0in-12,0in)   |
| Expansión Mandril  | Hidráulica                          |
| Rango Expansión    | 393,7mm- 520,7mm<br>(15,5in-20,5in) |
| Motor Desenrollado | 1,5 kW                              |

Fuente: Tabla 1 SpaceMaster, Coe

## 1.2 Determinación del peso del rollo

Los factores por tomar en cuenta para determinar el peso óptimo del rollo son:

- Velocidad de alimentación: con base en ella se determina la tasa de consumo y, por ende, el tiempo que durará en consumirse un rollo
- Tiempo entre cambios: incluye tanto el tiempo que tarda en cambiarse un rollo, como las paradas que haya que hacer durante el proceso para un mismo rollo. Entre más pesado el rollo, probablemente, será más lento cambiar el rollo, debido a la dificultad de manipulación del mismo.

Por otro lado entre más cortas sean las progresiones de material, más tiempo va a durar el rollo, lo cual hace atractivo usar el rollo más pequeño.

- Eficiencia del proceso: es la relación entre el tiempo que la máquina estará trabajando y el tiempo total. Lo que se busca es tener la más alta eficiencia.
- Costo del equipo: entre mayor el peso que deba soportar, más alto el precio del equipo.
- Relación costo-eficiencia: se pretende que la eficiencia del proceso sea la más alta al menor costo. Hay un punto donde el aumento en la eficiencia es pequeño y ya no justifica un incremento en el costo de los equipos.

Puesto que para los distintos núcleos se ocupan diferentes anchos de lámina, se requerían diferentes bobinas para cada potencia. Por ello, se procedió a calcular el peso óptimo para cada ancho de bobina.

El procedimiento seguido fue calcular la longitud total de cada núcleo y estimar el tiempo necesario para cambiar el rollo, con estos datos se determinó la longitud del rollo de manera que se obtuviera un número exacto de núcleos y que el tiempo de operación fuera cercano a dos horas.

Por tanto, resulta que para las distintas potencias el peso óptimo usa una velocidad de desenrollo de 0,3048m/s (1ft/s) y un tiempo de 15 minutos entre cambios de rollo, y 2 minutos entre cada núcleo. Se presenta entonces las dimensiones para cada potencia de núcleos, pues se usó material de 0,27mm (0,01063 in) de espesor y un diámetro interno de 457,2mm (18 in).

Tabla 4.3: Peso y dimensiones de los rollos de material

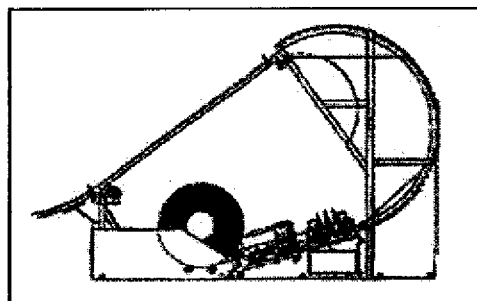
| Pot nom<br>en KVA | Ancho<br>(in)<br>aprox | #<br>lám | DE<br>(in) | vueltas<br>"n"<br>rollo | long tot/<br>núcleo | Long<br>rollo | tiempo/<br>núcleo | Núcl/<br>rollo | tiempo/<br>rollo | Peso<br>rollo |
|-------------------|------------------------|----------|------------|-------------------------|---------------------|---------------|-------------------|----------------|------------------|---------------|
|                   |                        |          |            |                         | ft                  |               | min               |                | min              | lb            |
| 5                 | 5 1/2                  | 200      | 31 1/2     | 634                     | 372,0               | 4104,5        | 6,20              | 11,03          | 114,2            | 2593          |
| 10                | 5 3/5                  | 238      | 33 3/4     | 741                     | 555,9               | 5017,9        | 9,27              | 9,03           | 123,3            | 3238          |
| 15                | 6                      | 289      | 34 1/2     | 776                     | 759,5               | 5330,5        | 12,66             | 7,02           | 120,2            | 3682          |
| 25                | 6 7/9                  | 319      | 34 1/4     | 766                     | 870,2               | 5240,4        | 14,50             | 6,02           | 117,3            | 4096          |
| 37,5              | 8 1/2                  | 349      | 34 1/2     | 775                     | 1062,4              | 5321,4        | 17,71             | 5,01           | 115,2            | 5223          |
| 50                | 8 4/7                  | 378      | 35 3/8     | 818                     | 1422,7              | 5714,6        | 23,71             | 4,02           | 119,4            | 5661          |

### 1.3 Determinación de la Reserva de Material

Por lo general, el alimentador responde más rápido de que lo que lo hace el desenrollador, es por esto que se utilizan reservas de material. Lo anterior, con el fin de que estas suministren el material faltante al acelerar a la velocidad de línea, absorban el material extra cuando este desacelera y permitan que el desenrollador vaya a una velocidad aproximadamente constante, mientras hay cambios intermitentes en la alimentación.

Las configuraciones para las reservas de material son:

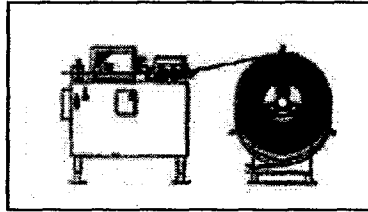
- Superior: esta se recomienda para ahorrar espacio a nivel de piso. Se usa con desenrolladores de tipo de soporte de rollo en línea o carrete centrador, en casos donde el material es de espesor elevado y requiere gran espacio horizontal.



Fuente: Figura 4 Slack Loops, Coe.

Figura 4. 7: Reserva Superior

- **Holgada:** el material se almacena en forma de tiras distensas alrededor del rollo. Puesto que la cantidad de material que se puede almacenar es reducida, este sistema se usa cuando las longitudes de alimentación son pequeñas.

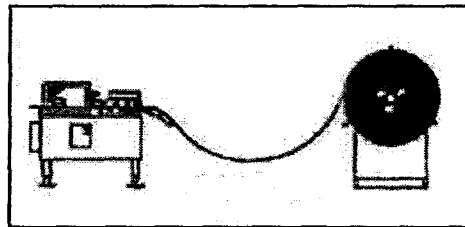


Fuente: Figura 4 Slack Loops, Coe.

Figura 4. 8: Reserva Holgada

- **Horizontal:** es el tipo más común y versátil, aunque consume mayor espacio de piso. Un detalle importante por tomar en cuenta es el radio de salida del material del rollo, y el de entrada a los rodillos de aplanado, para no inducir deformaciones plásticas no deseadas en el material.

Con el objetivo de lograr lo mencionado, se calcula el mínimo radio de doblado, que corresponde al radio del material de mayor espesor con deformaciones. Para aceros, se aproxima el radio de doblado mínimo como 360 veces el espesor del material (Coe Press Equipment Corporation, 2007).



Fuente: Figura 4 Slack Loops, Coe.

Figura 4. 9: Reserva Horizontal

Por las características del proceso, la reserva seleccionada es la horizontal. Para determinar la cantidad de material que debe almacenar esta reserva, se calcula el tiempo que tarda el desenrollador en acelerar desde cero hasta la velocidad de línea. Entonces, la diferencia entre el material que el alimentador consume en ese tiempo, menos la cantidad de material que se logra desenrollar será la suma de material que la reserva deba suministrar.

Un problema para el dimensionamiento de esta reserva es que las longitudes de láminas por cortar no son siempre iguales, por lo que el diámetro del rollo va disminuyendo, entonces, se conserva la misma velocidad angular y la aceleración lineal va a variar, lo cual va a

alterar las dimensiones necesarias de la reserva. Resulta necesario usar sensores que le indiquen al variador de frecuencia a qué velocidad llevar ambos motores.

La cantidad de material almacenado en una reserva horizontal se determina por la altura o deflexión de la misma, con respecto al punto de alimentación y no por la longitud. Es por esta razón que es cuenta con una altura dada, donde el material almacenado aumenta de manera directa y proporcional a la disminución de la longitud.

Por otro lado, si el aplanado se lleva a cabo después de la reserva, la longitud mínima de la misma será aquella para la que el material de mayor espesor forme por sí mismo una reserva sin ser forzado.

Una vez determinadas las dimensiones de la reserva para la mayor progresión, los golpes por minuto y el tiempo de respuesta del desenrollador, se busca en tablas las dimensiones correspondientes para una reserva horizontal.

Tabla 4.4 Dimensiones de la reserva horizontal

| MATERIAL THICKNESS | LOOP DEPTH FROM FEEDLINE |       |        |       |        |       |        |       |        |       |        |       |        |       |
|--------------------|--------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                    | 24"                      |       | 42"    |       | 48"    |       | 54"    |       | 60"    |       | 66"    |       | 72"    |       |
|                    | LENGTH                   | WIDTH | LENGTH | WIDTH | LENGTH | WIDTH | LENGTH | WIDTH | LENGTH | WIDTH | LENGTH | WIDTH | LENGTH | WIDTH |
| 0.032"             | 3.8'                     | 8.8'  | 3.8'   | 7.1'  | 2.5'   | 27'   | 3.2'   | 18.8' | 2.2'   | 12.8' | 2.8'   | 13.7' | 3.2'   | 15.8' |
| 0.063"             | 2.3'                     | 31"   | 2.8'   | 41"   | 1.8'   | 57"   | 1.8'   | 68"   | 2.8'   | 81"   | 2.8'   | 83"   | 2.8'   | 108"  |
| 0.089"             | 8.8'                     | 27"   | 16.1'  | 23"   | 18.4'  | 43"   | 18.8'  | 31"   | 18.7'  | 52"   | 18.8'  | 78"   | 18.8'  | 88"   |
| 0.125"             | 12'                      | 22"   | 12.8'  | 28"   | 13.2'  | 38"   | 12.7'  | 42"   | 14.1'  | 58"   | 14.4'  | 58"   | 14.8'  | 68"   |
| 0.165"             | 13.7'                    | 26"   | 14.8'  | 25"   | 15.3'  | 31"   | 13.8'  | 37"   | 15.5'  | 44"   | 17'    | 52"   | 17.4'  | 68"   |
| 0.187"             | 15.2'                    | 18"   | 16.2'  | 28"   | 13.1'  | 28"   | 17.8'  | 34"   | 18.8'  | 48"   | 18.3'  | 47"   | 18.8'  | 58"   |
| 0.212"             | 18.4'                    | 17"   | 12.8'  | 21"   | 18.5'  | 26"   | 18.4'  | 32"   | 20.2'  | 37"   | 20.3'  | 48"   | 21.8'  | 58"   |
| 0.250"             | 18'                      | 19"   | 18.2'  | 19"   | 26.3'  | 24"   | 21.4'  | 38"   | 22.3'  | 34"   | 23.2'  | 48"   | 24'    | 48"   |
| 0.312"             | 28.3'                    | 13"   | 21.2'  | 17"   | 23'    | 31"   | 24.3'  | 29"   | 23.4'  | 38"   | 25.5'  | 35"   | 22.4'  | 48"   |
| 0.375"             | 22.4'                    | 12"   | 24.1'  | 18"   | 28.8'  | 19"   | 27'    | 23"   | 28.2'  | 27"   | 28.4'  | 31"   | 30.3'  | 38"   |

Fuente: Figura 5 Slack Loops, Coe.

La máquina seleccionada tiene una reserva de material tal que puede suplir las demandas variables de los rodillos (Theis, 2002). Dicha reserva está en disposición horizontal,

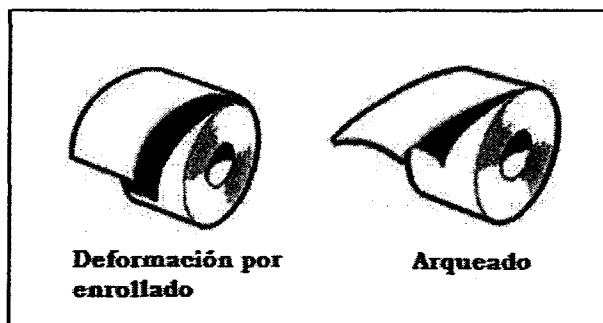
además, la cantidad de material almacenado en esta se regula por un circuito que controla la velocidad del motor del desenrollador y de los rodillos.

#### 1.4 Selección del sistema de aplanado

El objetivo del aplanado es preparar el material para que pueda pasar libremente por las partes posteriores del proceso. Por lo general, los rollos de material tienen diámetros internos entre 381 a 635 mm (15in-25in), por lo que si el material no es muy delgado o muy duro, sufrirá deformaciones durante el enrollado.

Es por ello que el material se pasa por una serie de rodillos que comprimen y estiran las superficies superior e inferior, hasta que ambas terminen a las mismas dimensiones, y se elimine así los posibles defectos presentes. Hay diversas categorías de defectos, por lo que a continuación se exponen aquellos que pueden ser corregidos por métodos de aplanado:

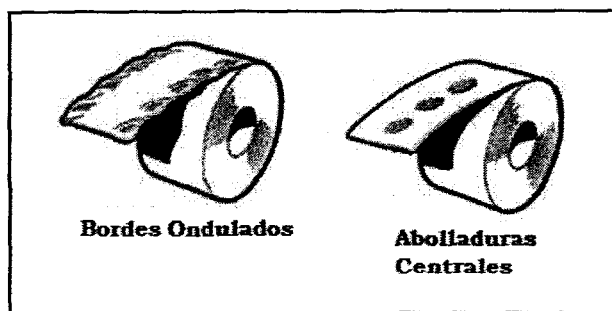
- Diferencia de longitud de superficie a superficie: incluye deformación por enrollado y arqueado



Fuente: Figura 1 y 2, Parte 1 (Theis, 2002).

Figura 4. 10: Defectos por diferencia de superficies

- Diferencia de longitud de borde a borde: esto sucede cuando la longitud de los bordes es distinta a la longitud del centro de la tira, algunos ejemplos son bordes ondulados y abolladuras centrales.

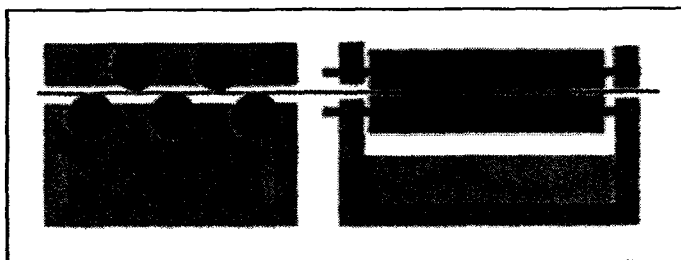


Fuente: Figura 3 y 4, Partel (Theis, 2002).

Figura 4. 11: Defectos por diferencia de bordes

El aplanado se puede clasificar según la configuración de rodillos que se use y el acabado que estos dan, lo que se relaciona con el tipo de defecto que corrigen:

- Rodillos aplanadores (“flatteners” o “straighteners”): se configuran en modelos entre 5 y 11 rodillos, con el diámetro individual y distancia entre centros, según el espesor del material y su ancho. En general son de diámetro grande, se colocan a distancias grandes entre ellos y no son soportados por otros rodillos. Los defectos que corrigen son los correspondientes a la diferencia de longitud de superficie a superficie. Los rodillos se configuran para doblar el material hasta producir el doble del esfuerzo de fluencia en las fibras superficiales del material.



Fuente: Figura 1, Parte 3 (Theis, 2002).

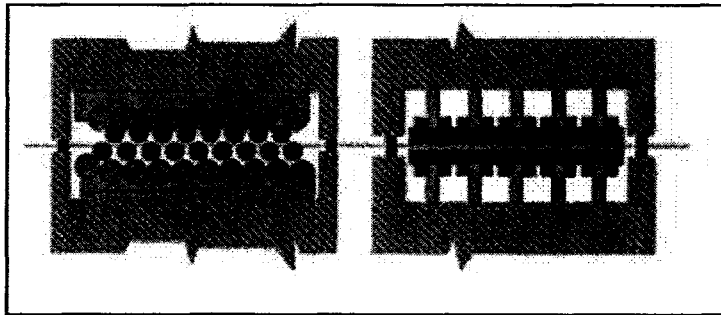
Figura 4. 12: Rodillos de Aplanado

Estos pueden o no ser movidos por motor. Los que no se mueven por motor dependen del alimentador para pasar el material por los rodillos. Su ventaja es el bajo costo, con el inconveniente de que como la potencia depende del alimentador, se pueden ocasionar disminuciones en la velocidad o verse incrementado el costo de instalación, dada la necesidad de un motor más grande.

Además, como los rodillos están deteniéndose y avanzando, el material queda con marcas y se pierde precisión debido al deslizamiento.



- Niveladores de precisión: son rodillos de diámetro pequeño, con distancias pequeñas entre ellos. Estos se encuentran soportados por otros rodillos o discos que permiten controlar la deflexión de los mismos. Por lo general, vienen en configuraciones con mayor número de rodillos que los de aplanado, es decir, entre 11 y 19 rodillos, y siempre necesitan impulsarse por un motor. Estos rodillos corrigen, además de los defectos de longitud de superficie a superficie, los de diferencia de longitud de lado a lado.



Fuente: Figura 3, Parte 3 (Theis, 2002).

Figura 4. 13: Niveladores de Precisión

Estos rodillos se diseñan para provocar esfuerzos de 4-5 veces la resistencia a la fluencia en las fibras externas del material, de manera que se produce más que un esfuerzo superficial. Asimismo, los soportes permiten ajustar la deflexión de cada rodillo individualmente para corregir defectos de diferencia de longitud de bordes.

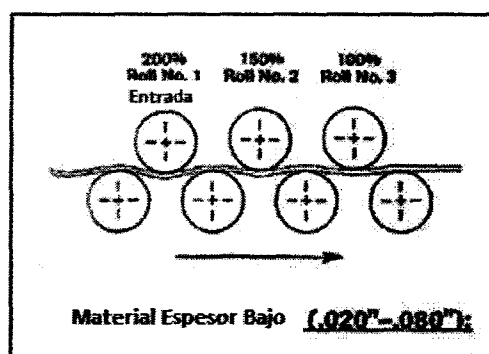
Se puede afirmar que para esta aplicación se contempla que el material se va a comprar con especificaciones tales que no tenga ningún otro tipo de defectos más que de superficie, así que se seleccionó rodillos de aplanado movidos por motor.

El número de rodillos en una máquina de aplanado depende del espesor, ancho y composición del material; sin embargo, al incrementar el número de rodillos se puede aumentar el ámbito de trabajo de la misma. Lo anterior, porque conforme se disminuye el diámetro del rollo, la curvatura se incrementa y puede necesitarse mejor aplanado, y por ende más rodillos. Cuando se tienen materiales de menor espesor, se requiere mayor cantidad de rodillos de menor diámetro, y a una distancia menor entre sí.

Por tanto, para determinar la cantidad de penetración que deberá tener cada rodillo hay que tomar en cuenta el espesor y composición del material, y el diámetro y distancia entre los rodillos.

Se recomienda que la mayor penetración la efectúe el primer rodillo, y vaya decreciendo conforme avanza el material, hasta que a la salida se esté próximo al espesor del material. Sin embargo, para evitar sobreesfuerzos innecesarios hay que usar la mínima penetración que produzca el efecto deseado. Si se sobrepasa la penetración, también puede haber deslizamiento del material sobre el rodillo y se disminuye la eficiencia del aplanado.

Como ejemplo, en la figura 4.15 se muestra la cantidad de penetración recomendada para láminas con espesor entre 0,02"-0,08".



Fuente: Figura 4 Straightening, Coe.

Figura 4. 14: Ejemplo porcentajes penetración

La potencia necesaria para unos rodillos de aplanado depende del máximo espesor y ancho del material; así como del máximo esfuerzo de fluencia, de la relación entre diámetros de los rodillos y de la distancia entre centros. Se puede afirmar que si la distancia es menor entre centros, se va a incrementar el consumo de potencia para un mismo espesor y ancho. Para el proceso de aplanado es necesario colocar unos rodillos de transporte a la entrada, para que estos presen y tiren del material; la magnitud de esta fuerza dependerá del ancho, espesor y condición de la superficie. Si esta fuerza fuera excesiva, ocasionará arrugas en el material y puede deformar los rodillos.

Se muestran entonces las características de la máquina seleccionada para el aplanado, tomando en cuenta unos rodillos de diámetro pequeño y un alto número de rodillos, ya que se va a trabajar con material de espesor bajo.

Tabla 4.5: Selección Aplanadora

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| Marca              | Coe Press                     |
| Modelo             | S1-12                         |
| Tipo               | Aplanadora                    |
| Espesor            | 0,254-3,175mm (0,010-0,125in) |
| Dia. Rod. Alim     | 88,9mm (3,5in)                |
| Dia. Rod. Transp   | 88,9mm (3,5in)                |
| Dia. Rod. Aplan    | 63,5mm (2,5in)                |
| Velocidad          | 0,3048m/s (60 ft/min)         |
| Núm Rodillos       | 9 (5 sobre 4)                 |
| Motor Alimentación | 3,0 KW                        |

Fuente: Tabla 1 SpaceMaster, Coe

## 2. Corte

Para la etapa de corte, los principales parámetros por contemplar son la fuerza de corte para seleccionar el actuador, y el claro entre el dado y el material para determinar la geometría de la cizalla.

Sin embargo, también se depende del sistema que se use para el movimiento de la cuchilla –hidráulico, mecánico, neumático – así, debe diseñarse el soporte de la cuchilla y el método de ajuste para un espesor de lámina determinado, así como la cantidad de golpes o cortes por minuto que tendrá capacidad de efectuar, sin dejar de lado la estructura o chasis de la cortadora.

Debido a la velocidad de alimentación de la máquina SpaceMaster Series S1-12 de Coe Equipment, seleccionada para las etapas de desenrollado y aplanado, era totalmente necesario utilizar un cortadora automatizada para poder tener un proceso eficiente.

Lo mencionado, añadía a la lista de diseño el sistema de control, lo cual comprende calcular la potencia del motor para el posicionamiento preciso de la lámina, así como seleccionar los controladores.

Dado que el volumen de transformadores que se procesan por mes es relativamente bajo, no se justifica económicamente toda la investigación, desarrollo, construcción, y por ende el alto costo que implica el diseño de la máquina cortadora.

Por ende, se definió que para ir acorde con el resto del diseño, la selección de la máquina era totalmente compatible, ya que lo que interesa a la empresa es el costo del proyecto al

seleccionar un equipo existente (aunque el costo es alto), se ahorran el riesgo de escoger un prototipo que parte de cero.

Con lo anterior, el proceso quedó dividido en dos bloques. El primero, se caracteriza por la selección de elementos y comprende las etapas de transformación: desenrollado, aplanado y corte; y el segundo, es el de doblado y corresponde al diseño de elementos mecánicos.

Se seleccionó, entonces, una cizalla mecánica, este tipo de cortadora presenta como principal ventaja su velocidad, que era uno de los principales requerimientos en esta aplicación.

El modelo es el M-1260 de Amada, el cual posee modo de corte automático, ajuste de la cuchilla inferior y panel de control centralizado, además, satisface los requerimientos en cuanto a espesor y ancho de la lámina. Se presenta en la tabla 4.5 las características:

Tabla 4.6: Características de la Cortadora

|                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| Longitud Cuchilla              | 1338mm (52,7in)   |
| Máxima Longitud de Corte       | 1239mm (48,8in)   |
| Máximo Espesor Lámina de Acero | 6,35mm (0,25in)   |
| Golpes por Minuto              | 60                |
| Motor Principal                | 7,3 hp            |
| Motor Secundario               | 0,5 hp            |
| Peso Máquina                   | 3,7 ton (8200lbs) |

Fuente: Tabla 1 Amada (Amada America Inc, 2007)

### 3. Diseño de Elementos

#### 1. *Diseño del mecanismo de sujeción y los mandriles*

El sistema de sujeción consta de un mecanismo cuya entrada es un pistón hidráulico, el cual recibe la presión de una bomba manual. Según información suministrada por la empresa ENERPOT, el proyecto se piensa construir para tener un máximo aproximado de 80 núcleos de transformadores moldeados por mes, por lo que este mecanismo se va a utilizar por lapsos cortos y separados por grandes intervalos, es decir, su uso será poco, por lo que no se justifica la inversión en un sistema hidráulico o neumático.

Se muestra en la figura 4.15 el mecanismo de sujeción con las principales dimensiones que se tomaron en cuenta para su diseño.

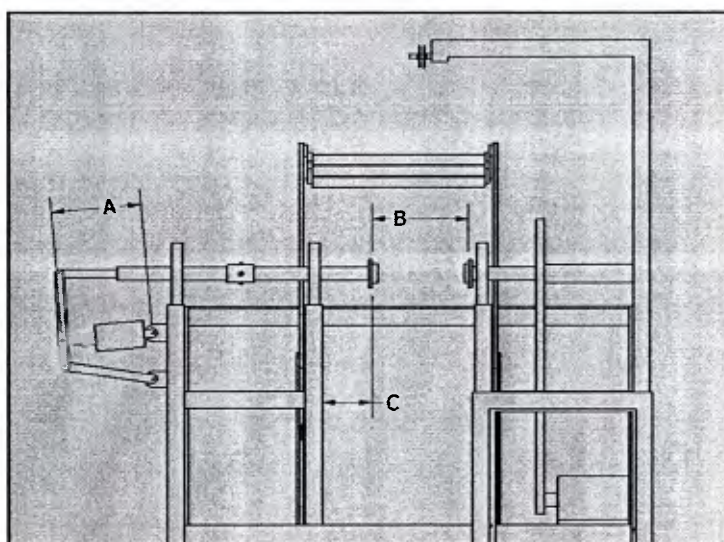


Figura 4. 15: Mecanismo de Sujeción

En la figura anterior, “A” corresponde a la longitud del pistón, y fue el parámetro que se usó para la selección de la carrera y altura del mismo. “B” es la distancia entre los extremos del eje que están en contacto con la cara del mandril, el cual se determinó con base en los tamaños de núcleos. Por último, “C” es la distancia del extremo del eje al borde de la estructura, por lo que se buscó que el valor fuera tal que permitiera retirar de la máquina el núcleo de mayor tamaño con facilidad. Se presenta entonces la tabla 4.7 con los valores obtenidos.

Tabla 4.7: Dimensiones Mecanismo Sujeción

| Descripción     | A (mm) | B (mm) | C (mm) |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Núcleo 5 kVA    | 178,62 | 139    | 191,9  |
| Núcleo 50 kVA   | 202    | 218    | 112,9  |
| Posición Máxima | 221,67 | 318    | 12,9   |

Es necesario mencionar que se diseñó el mecanismo para que pudiera manejar las dimensiones de los distintos tamaños de núcleos, además, se calculó un claro (C) de 100mm entre la posición máxima y la posición correspondiente al núcleo de 50KVA, que es el caso más crítico. Con este claro se puede montar, como retirarlo de manera cómoda.

También se seleccionaron los elementos que conforman el actuador de dicho mecanismo. La primera acción efectuada fue escoger el cilindro hidráulico, por lo que se revisó que sus dimensiones satisficieran el intervalo “A” de la tabla 4.7. Se escogió, entonces, el modelo cuyas características se muestran en la tabla 4.8.

Tabla 4.8: Datos del Cilindro

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Marca                               | Power Team |
| Modelo                              | C53C       |
| Capacidad (toneladas)               | 5          |
| Carrera (mm)                        | 82,55      |
| Capacidad aceite (cm <sup>3</sup> ) | 52,44      |
| Altura Retraído (cm)                | 165,1      |
| Altura Extendido (cm)               | 247,65     |

Fuente: Tabla Power Team (SPX Hydraulic Technologies, 2006)

Este cilindro es de acción simple, por lo que se seleccionó una bomba manual para esta condición. Así, se cuenta con el modelo P19 de Power Team. Esta bomba cuenta con un sistema de protección integrado por una válvula de alivio, montada en la válvula de retención, el cual está diseñado para impedir la sobrepresión del depósito a causa de contrapresiones repentinas, igualmente, actúa como junta para evitar fugas de aceite. Las características se muestran en la tabla 4.9

Tabla 4.9: Bomba Manual

|  |            |          |
|--|------------|----------|
| Marca                                    | Power Team |          |
| Modelo                                   | P19        |          |
| Volumen por carrera (cm <sup>3</sup> )   | 5 (BP)     | 1,2 (AP) |
| Presión Máxima (bar)                     | 22 (BP)    | 700 (AP) |
| Capacidad aceite (cm <sup>3</sup> )      | 400        |          |
| Capacidad útil aceite (cm <sup>3</sup> ) | 328        |          |
| Puerto aceite (in)                       | 3/8        |          |

Fuente: Tabla Power Team (SPX Hydraulic Technologies, 2006)

El mecanismo de sujeción tiene dos elementos fundamentales que son los acoples denotados por los números 1 y 2 en la figura 4.16. El primero permite que el eje rote

libremente sin transmitir torque al brazo móvil, sin embargo, al moverse el brazo para sujetar o liberar el mandril, el acople hace que el eje se desplace al unísono.

Con el fin de lograr lo anterior, el eje posee un canal, su contraparte, por lo que el brazo tiene en su extremo un tubo con tres perforaciones. Así, al insertar el eje dentro del tubo, el canal queda alineado con las perforaciones, en las cuales se colocan pernos; lo cual permite los movimientos descritos y rotación libre, pero movimiento lineal unísono.

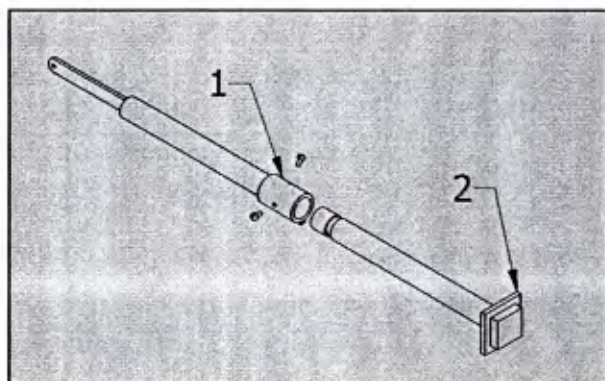


Figura 4. 16: Explosión del acople con el eje

En el extremo de cada eje se ubica el segundo acople, que es un elemento de forma cuadrada que se inserta en el orificio del mandril y se encarga de la sujeción con el mismo. El mandril es hueco y consta de cuatro láminas de acero A36 soldadas en los extremos, con lo que conforma un rectángulo, a esto se superponen dos tapas, cada una de las cuales posee dicho orificio en su centro.

Dado que las dimensiones de los núcleos y por ende de la ventana de los mismos varía de acuerdo a su potencia, se eligió el tamaño del orificio de entrada del acople, como el ancho de la ventana del núcleo menor. Con esto se logró un único acople, y lo que se varió fue el tamaño de la tapa del mandril.

El acople se hace de una lámina de acero de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de espesor, la cual se maquina para obtener un borde que limita su avance a lo interno del mandril, de manera que parte del mismo entra y logra la correcta tracción. Una vez que toca el borde, entonces, queda correctamente sujetado el mandril.

En la siguiente figura se muestra el funcionamiento

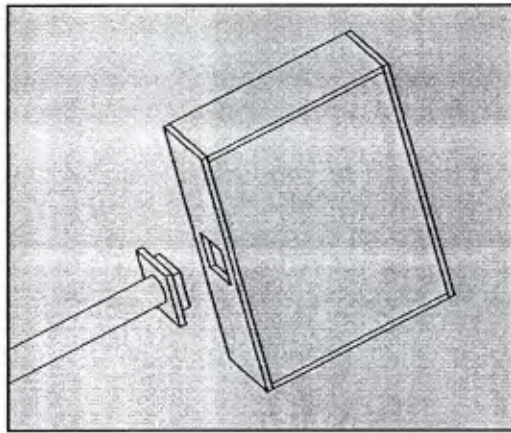


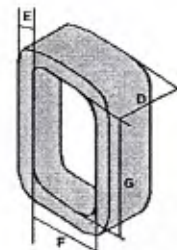
Figura 4.17: Acople del mandril

## 2. Diseño del mecanismo de doblado

Para diseñar este mecanismo primero fue necesario conocer los tamaños de los mandriles correspondientes a los núcleos para cada potencia, así como las dimensiones finales de cada núcleo. Se presenta la tabla 4.10 con las medidas de los núcleos, que corresponden a las dimensiones de la figura.

Tabla 4.10: Dimensiones de núcleo

| Potencia nominal<br>en KVA | Dimensiones |           |           |           |
|----------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
|                            | D<br>(mm)   | E<br>(mm) | F<br>(mm) | G<br>(mm) |
| 5                          | 139         | 54        | 56        | 120       |
| 10                         | 142         | 64        | 73        | 155       |
| 15                         | 152         | 78        | 70        | 175       |
| 25                         | 172         | 86        | 79        | 165       |
| 37.5                       | 216         | 94        | 86        | 190       |
| 50                         | 218         | 102       | 80        | 290       |

Figura 4.18:  
Dimensiones del núcleo

Además, se asignó un valor para el diámetro de los rodillos para iniciar el procedimiento, luego se determinó el radio máximo del arco menor; el cual satisficiera el hecho de que ambos rodillos pudieran estar en contacto con la cara más pequeña del mandril.

$$(4.1)$$

Donde:  $r$  es el radio del arco menor,  $R$  el radio del rodillo y  $L$  el largo de la cara más pequeña del mandril.



Posteriormente, se calcula el radio mínimo y máximo del arco mayor, y se determinó el ángulo que dicho arco mayor formaría con la horizontal en esa posición, la cual se definió como posición vertical.

Ahora, se busca el valor de radio del arco menor lo más grande posible, con el objetivo de abarcar lo más que se pueda a la hora del doblado. También se consideró una proporción entre el arco menor y los rodillos, para que el arco no fuera espacio desperdiciado.

Por otro lado, para el valor del radio del arco mayor se buscó el más pequeño que lograra la configuración posible. Esto, porque un valor de arco mayor de lo requerido sería una pérdida de espacio y recurso innecesario.

Entonces, se calculan las coordenadas de los puntos de pivote, tanto de los arcos menores como del arco mayor, y se toma como origen el centro del mandril. Lo expuesto se hizo para seis dimensiones desde el doblado de la primera lámina y se incrementó hasta completar el núcleo, tanto en posición vertical como horizontal.

En la posición vertical, la coordenada en  $x$  del arco menor superior era variable, por lo que se determinó el intervalo de valores en los cuales podía oscilar, como se muestra en la tabla 4.11.

A partir de ello se especificaron las coordenadas de los dos arcos menores, y con ello se pudo calcular el ángulo y coordenadas del arco mayor. En la tabla se presenta el caso de coordenadas en la posición vertical para un núcleo de 10 KVA, donde los subíndices 1 y 2 corresponden a los arcos menores superior e inferior, respectivamente, y el subíndice 3 atañe al arco mayor.

Tabla 4.11: Coordenadas del arco mayor y arcos menores

| N                          | 0    | 48    | 95     | 143    | 190   | 238    |
|----------------------------|------|-------|--------|--------|-------|--------|
| $l/2 + n \cdot \text{esp}$ | 36,5 | 49,46 | 62,15  | 75,11  | 87,8  | 100,76 |
| $h/2 + n \cdot \text{esp}$ | 77,5 | 90,46 | 103,15 | 116,11 | 128,8 | 141,76 |
| alfa1                      | 0    | 0     | 0      | 0      | 0     | 0      |
| alfa2                      | 0    | 0     | 0      | 0      | 0     | 0      |
| CA1X MAX1                  | 23,5 | 36,5  | 49,2   | 62,1   | 74,8  | 87,8   |
| CA1X MAX2                  | 8,4  | -4,5  | -17,2  | -30,2  | -42,9 | -55,8  |
| CA1X MAX                   | 8,4  | -4,5  | -17,2  | -30,2  | -42,9 | -55,8  |

|            |       |       |       |        |        |        |
|------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| CA1X       | -1,5  | -14,0 | -26,0 | -39,0  | -52,5  | -67,0  |
| CA1X G MIN | -12,5 | -25,5 | -38,2 | -51,1  | -63,8  | -76,8  |
| CA1Y       | 101,5 | 114,5 | 127,2 | 140,1  | 152,8  | 165,8  |
| CA2X       | -60,5 | -73,5 | -86,2 | -99,1  | -111,8 | -124,8 |
| CA2Y MAX   | 53,5  | 66,5  | 79,2  | 92,1   | 104,8  | 117,8  |
| CA2Y       | 41,7  | 55,1  | 68,5  | 81,4   | 93,3   | 104,8  |
| CA2Y MIN   | -64,5 | -77,5 | -90,2 | -103,1 | -115,8 | -128,8 |
| alfa3      | 45,4  | 44,9  | 44,3  | 44,3   | 45,1   | 46,6   |
| CA3X V     | -60,9 | -73,4 | -85,4 | -98,4  | -111,9 | -126,4 |
| CA3Y V     | 101,1 | 114,5 | 127,9 | 140,8  | 152,7  | 164,1  |

Igualmente, se graficaron las coordenadas del punto pivote del arco mayor para las posiciones horizontal y vertical a lo largo del doblado de láminas para un núcleo. Después se hicieron ajustes para que la trayectoria se aproxime a una línea recta, de manera que pudiera ser descrita por un brazo suficientemente largo. Para esto, se varió tanto el ángulo del arco menor como la ubicación del mismo.

Con base en los intervalos de valores sobre los cuales podían desplazarse los arcos menores en posición paralela a la cara, se varió el movimiento para aproximar la gráfica de trayectorias a una recta. Posteriormente, se procedió a variar no sólo el movimiento de los arcos, sino las dimensiones de los mismos.

Se muestran las gráficas para cada uno de los tamaños de núcleos

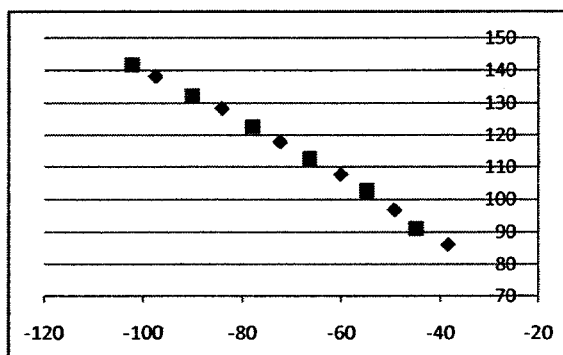


Gráfico 4. 1: Trayectoria núcleo 5 KVA

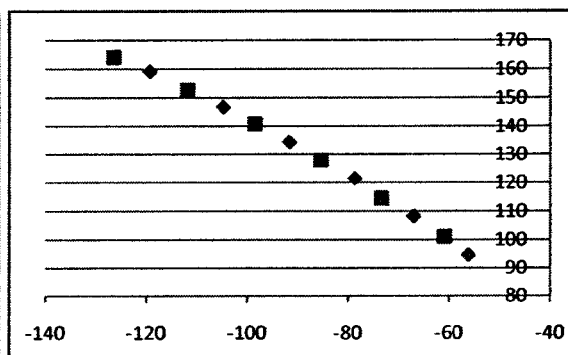


Gráfico 4. 2: Trayectoria núcleo 10 KVA

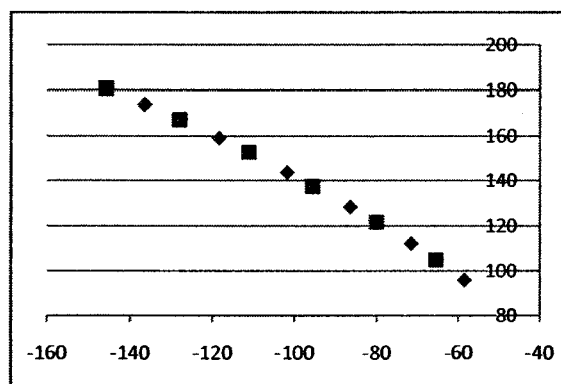


Gráfico 4. 3: Trayectoria núcleo 15 KVA

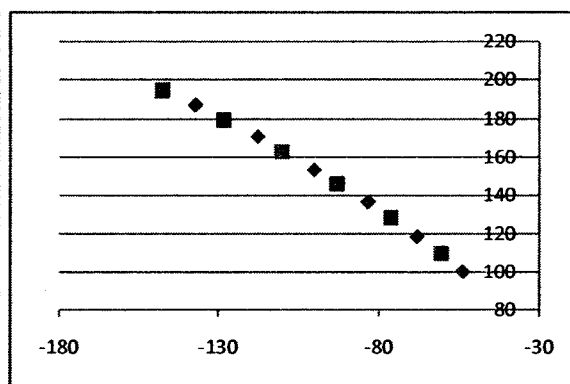


Gráfico 4. 4: Trayectoria núcleo 25 KVA

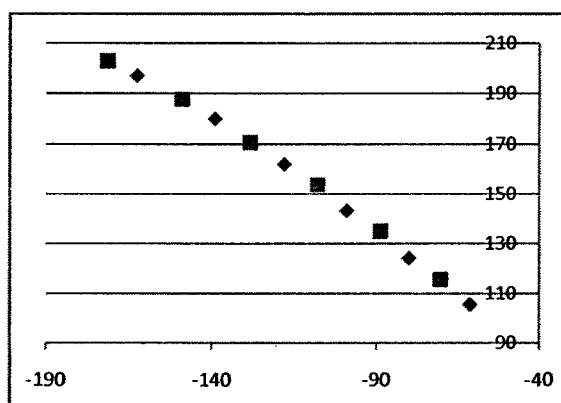


Gráfico 4. 5: Trayectoria núcleo 37,5 KVA

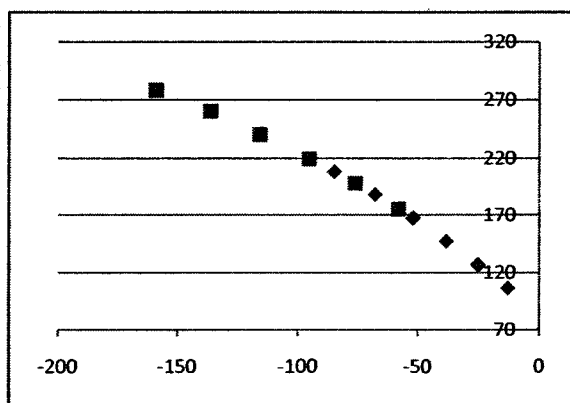


Gráfico 4. 6: Trayectoria núcleo 50 KVA

Es fundamental subrayar que para calcular la longitud del brazo de doblado mayor, se le asignó un valor inicial, con el que se pudieron determinar unas coordenadas iniciales de su punto pivote. Se calculó, entonces, la distancia entre el punto pivote del brazo mayor y el pivote del arco mayor para todos los puntos de la gráfica de trayectorias, la cual corresponde a la longitud real del brazo mayor.

Luego, se calculó el valor promedio y se comparó con cada uno de los valores individuales, y se iteró hasta que estos últimos y el promedio calculado fueran bastante cercanos. Se muestra en la tabla 4.12 el caso para un núcleo de 10 KVA, donde se observan los resultados finales de coordenadas del arco mayor en posición tanto horizontal como vertical, con el fin de obtener la misma longitud de brazo de doblado mayor para todos los puntos, en este caso el valor es de 448mm.

Tabla 4.12: Longitud del brazo de doblado

|              |         |       |       |       |        |        |
|--------------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|
| CBRX         | -404,19 |       |       |       |        |        |
| CBRY         | -186,98 |       |       |       |        |        |
| CA3X V       | -60,9   | -73,4 | -85,4 | -98,4 | -111,9 | -126,4 |
| CA3Y V       | 101,1   | 114,5 | 127,9 | 140,8 | 152,7  | 164,1  |
| Long brazo D | 448     | 448   | 448   | 448   | 448    | 448    |
| CA3X H       | -56,0   | -67,0 | -78,6 | -91,6 | -104,8 | -119,3 |
| CA3Y H       | 94,6    | 108,3 | 121,3 | 134,3 | 146,8  | 159,2  |
| Long brazo   | 448     | 448   | 448   | 448   | 448    | 448    |

Este mismo método se utilizó para las seis potencias distintas de núcleos, de manera que se obtuvieron las seis curvas que describían la trayectoria del pivote del arco mayor. Conocidas las coordenadas del pivote del brazo para los seis tamaños de núcleos, se efectuó de nuevo el mismo procedimiento para cálculo del brazo de soporte, por lo que se ubicó el segundo punto pivote (fijo) con base en las coordenadas mayor y menor de los puntos de pivote del brazo de doblado.

Asimismo, se buscó, en este caso, variar las longitudes de los brazos de doblado para hacer que la longitud del brazo de soporte fuera la misma para todos los tamaños.

Por último, se calcularon las coordenadas de los puntos de apoyo para el punto de pivote del brazo de doblado. Para esto, se escogió una disposición horizontal, así que todos los puntos conservaron la misma coordenada en  $y$ , pero variaron su coordenada  $x$ . Se presenta la tabla 4.13 con los resultados finales

Tabla 4.13: Longitud del brazo de soporte

|              |        |        |        |        |        |        |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CPIVX        | -448,9 |        |        |        |        |        |
| CPIVY        | -597,3 |        |        |        |        |        |
| CBRX         | -343,4 | -404,2 | -418,9 | -434,9 | -417,7 | -543,6 |
| CBRY         | -198,7 | -187,0 | -186,9 | -185,7 | -186,7 | -196,0 |
| Long Brazo S | 412    | 413    | 411    | 412    | 412    | 412    |
| Long Brazo D | 417    | 448    | 458    | 477    | 460    | 611    |
| CPMX         | -534,4 | -584,6 | -599,3 | -614,1 | -597,9 | -732,3 |
| CPMY         | -360   | -360   | -360   | -360   | -360   | -360   |

### 3. Diseño del actuador de los rodillos

Primero se calculó la fuerza para diseñar el actuador, la cual se estimó con base en el doblado de una viga simple, como sigue:

$$F = \frac{K_{bf}TSwt^2}{D} \quad (4.2)$$

Donde F: fuerza de doblado (N);  $K_{bf}$ : factor que considera las diferencias con un proceso real de doblado. TS: resistencia a la tensión del material (MPa); w: ancho de la pieza (mm), sobre el cual se hace el doblado; t: espesor de la lámina (mm); y D: dimensión de la abertura del dado (mm).

Por ende, se escogió el caso crítico que es donde el ancho y la constante k presentan sus valores mayores. Esta constante es de 0,33 para doblado de bordes, y de 1,33 para doblado en V. Aún cuando el caso aquí representado no es exactamente esta condición, se asumió que era una buena aproximación.

La abertura del dado se modeló como la distancia entre los rodillos opuestos en posición vertical, que es lo mismo que dos veces el radio del arco mayor. Se obtuvo que la máxima fuerza sería de 83,04 N.

Como el brazo se está en movimiento constantemente y la fuerza necesaria no es muy grande, un resorte resulta la opción más económica que a su vez satisface los requerimientos. Así, se seleccionó como alambre templado en aceite AISI 1065, el que se recomienda para resortes de uso general, ya que presenta un buen desempeño y su costo es inferior al de alambre de piano.

En la tabla 4.14 se presentan las condiciones iniciales para el diseño del resorte de extensión helicoidal:

Tabla 4.14: Condiciones diseño resorte

|   |       |
|---|-------|
| Vida infinita                             |       |
| Espiras completas en los extremos         |       |
| Radio generoso de doblez para las espiras |       |
| L <sub>máx</sub> (mm)                     | 256,2 |

|           |       |
|-----------|-------|
| Lmín (mm) | 220,1 |
| Fmáx (N)  | 83,04 |
| Fmín (N)  | 64    |
| nf        | 1,5   |

Se debe recordar que el valor de fuerza máxima ya se había calculado; para la fuerza mínima se escogió un valor que estuviera en el intervalo de 20,60N a 83,04N, lo que se obtuvo al variar la constante de doblado entre 0,33 para doblado de bordes, y 1,33 para doblado en V.

También se calcularon las propiedades mecánicas del material y los factores de seguridad a fluencia y fatiga en distintos puntos a saber: el cuerpo, el extremo del gancho donde se da el mayor esfuerzo axial y flexionante y donde se da la mayor torsión. Para calcular la resistencia a la fatiga se hizo a vida infinita, por lo que se tomó de tablas los máximos valores cíclicos, esto es a  $10^7$  ciclos. Se presentan en la tabla 4.15 los resultados obtenidos

Tabla 4.15: Resultados de modelado de resortes

| d (mm)    | 2,2     | 2,5     | 2,8     | 3       |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Fi (N)    | 19,90   | 11,30   | 12,50   | 10,66   |
| D (mm)    | 21,35   | 30,58   | 42,07   | 51,08   |
| DE (mm)   | 23,55   | 33,08   | 44,87   | 54,08   |
| C         | 9,70    | 12,23   | 15,02   | 17,03   |
| k (N/mm)  | 0,53    | 0,53    | 0,53    | 0,53    |
| Na        | 44,06   | 24,98   | 15,11   | 11,12   |
| Nb        | 43,67   | 24,59   | 14,71   | 10,73   |
| L0 (mm)   | 136,57  | 120,15  | 122,53  | 131,34  |
| Lmáx (mm) | 256,29  | 256,17  | 256,28  | 268,58  |
| Lmín (mm) | 220,19  | 220,07  | 220,19  | 232,48  |
| Ymax (mm) | 119,72  | 136,02  | 133,75  | 137,24  |
| Ymín (mm) | 83,62   | 99,93   | 97,65   | 101,14  |
| ny C      | 1,25    | 1,40    | 1,41    | 1,45    |
| nf C      | 1,74    | 1,86    | 1,89    | 1,92    |
| ny A      | 1,28    | 1,30    | 1,32    | 1,34    |
| nf A      | 1,47    | 1,50    | 1,52    | 1,54    |
| ny B      | 1,55    | 1,58    | 1,61    | 1,62    |
| nf B      | 2,17    | 2,22    | 2,25    | 2,27    |
| cdm       | -0,0151 | -0,0163 | -0,0177 | -0,0188 |

A partir de lo anterior, se nota que el resorte de diámetro 3 mm no se puede usar porque el valor máximo de fuerza inicial no satisface las dimensiones mínima y máxima establecidas al principio.

Es por ello que para resortes helicoidales se recomienda que el índice de resorte esté en el intervalo de 6-12, lo cual excluye al resorte de diámetro 2,8mm. Finalmente, al comparar los dos resortes restantes se selecciona el de diámetro 2,5mm, ya que posee menor longitud libre y menor número de espiras para satisfacer las mismas condiciones. Esto implica un ahorro en la manufactura y una decisión más eficiente, por ello es el seleccionado.

#### 4. Diseño de la transmisión

Para el diseño de la transmisión, inicialmente, se calculó la velocidad de giro del mandril para las diferentes potencias de núcleos. El criterio utilizado para seleccionar la velocidad fue el valor de velocidad lineal de la lámina que cuando el mandril se encontrara en posición vertical fuera cercano a 150mm/s.

Esto se decidió con base en que cuando se posicione la lámina y se empiece el enrollado es recomendable que la velocidad sea baja. Con esa condición se obtuvieron valores que oscilaban entre los 5 y 20rpm, con lo que se pudo aproximar el tiempo de enrollado para cada lámina y de todo un núcleo.

Asimismo, se tomó en cuenta la suma del tiempo para enrollar cada lámina y el tiempo para colocar y posicionar cada nueva lámina; este valor se multiplicó por el número total de láminas. Los resultados para un tamaño de núcleo se muestran en la tabla 4.16.

Tabla 4.16: Velocidades de giro para un núcleo de 50 KVA

| 50           | Dim Ventana |        | T cambio lám (s) |         |         |         |
|--------------|-------------|--------|------------------|---------|---------|---------|
|              | l           | 80     | total (min)      |         | 15      |         |
|              | h           | 290    |                  |         | 200     |         |
| n            | 0           | 76     | 151              | 227     | 302     | 378     |
| w (rpm)      | 8,5         | 7,5    | 6,5              | 6       | 5,5     | 5       |
| vel l (mm/s) | 129,1       | 130,0  | 126,4            | 129,6   | 130,5   | 129,4   |
| long lam     | 740         | 904,16 | 1066,16          | 1230,32 | 1392,32 | 1556,48 |
| t (s)        | 17,53       | 15,79  | 16,07            | 16,09   | 16,67   | 17,68   |

Para determinar el tipo de transmisión, el tipo por poleas se descartó porque las velocidades recomendadas oscilan entre 5 y 25 m/s, lo que está muy por encima de los que se van a utilizar en esta aplicación. Por tanto, se decidió utilizar cadenas.

Para la relación de velocidades se eligió  $m_w = 4$  y se tomó la velocidad menor como 5rpm, valor mínimo posible.

Al ser la aplicación lenta, se eligió la catarina menor de  $N_1 = 11$ ; y por ende, la de  $N_2 = 44$ . Con esto se satisface las ideas de que la suma de los dientes de ambas catarinas sea mayor que 50, que el número de dientes de la catarina menor sea impar y que el número de dientes de la mayor sea par.



Inicialmente, se conocía la distancia entre centros y este parámetro, por lo que se utilizó para determinar los posibles pasos, es decir, el tamaño ANSI de la cadena. Para ello, se tomó en cuenta que se debía satisfacer la relación

$$30p \leq C \leq 50p \quad (4.3)$$

Además, se obtuvo que los posibles pasos corresponden a cadenas ANSI número 50 y 60, por eso, la elección del tamaño adecuado se hizo con base en los requerimientos de potencia. Para esto, se elaboró un modelo matemático de referencia, donde un controlador PID tomaba como parámetro la velocidad nominal de giro y la potencia de entrada al sistema, con el fin de que se estabilizara en un tiempo inferior a medio segundo.

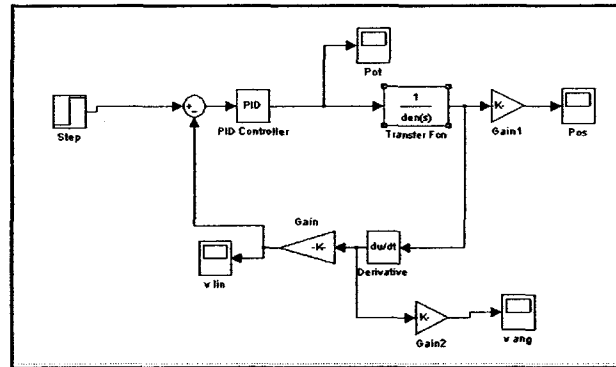


Figura 4. 19: Modelado de Potencia

Por otra parte, se consideró como función de transferencia el momento de inercia del núcleo mayor, y se despreció la fricción rotacional y la elasticidad del eje. Con lo anterior se calculó la potencia necesaria del motor, para lo cual se usaron las condiciones más críticas de las constantes proporcional, integral y derivativa. Así, se obtuvo que un motor de 1/4hp satisfacía, plenamente, las condiciones de trabajo.

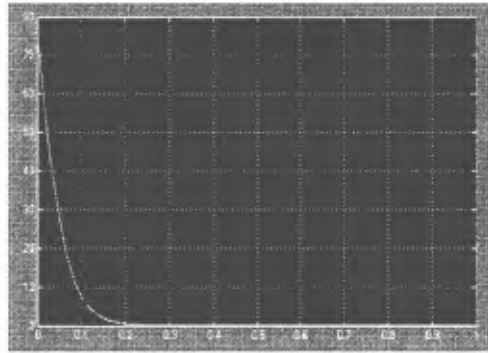


Gráfico 4. 7: Torque del motor

Del gráfico 4.7 se observa como al arranque tiene un pico y luego el torque necesario es mínimo; además, el valor asignado de  $\frac{1}{4}$  es conservador, ya que el valor real es menor.

Una vez que se conoce el valor de potencia requerida, se calcula el valor de potencia corregida de la cadena, el cual debe ser mayor a ella, como indica la fórmula

$$Pot_{req} \leq \frac{Pot_{nom} K_{dte} K_{cord}}{K_s} \quad (4.4)$$

El valor de potencia corregida es función del número ANSI de cadena, por lo que se busca que cumpla ciertas condiciones, es decir, debe ser un valor cercano al de  $Pot_{req}$  y tiene que contar con el tipo de lubricación más sencilla posible. La potencia nominal se corrige por el número de dientes y por el factor de servicio, el cual se toma como choque mediano, por las constantes aceleraciones. Se muestran los resultados con los que se determina que el número que sirve es cadena 50, con lubricación A.

Tabla 4.17: Resultados diseño cadena

|              |      |               |       |
|--------------|------|---------------|-------|
| Numero ANSI  | 50   | Paso (mm)     | 15,88 |
| Pot req (hp) | 0,25 | Pot nom (hp)  | 0,72  |
| Kdte         | 0,53 | Kcord         | 1     |
| Ks           | 1,4  | Pot corr (hp) | 0,27  |

Finalmente se calcula el número de eslabones de la cadena, descrito como

$$N_E = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 \frac{C}{p}} \quad (4.5)$$

Se busca un número par, así que para una cadena de 120 eslabones la distancia entre centros será de 730mm.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados:

Tabla 4.18: Especificaciones

| Cadena                                 | Número                        | ANSI 50 |
|--|-------------------------------|---------|
|  | Cordones                      | 1       |
|  | Eslabones                     | 120     |
|  | Longitud (m)                  | 1,91    |
| Catarina Menor                         | 11 Dientes, ANSI 50, 1 cordón |         |
| Catarina Mayor                         | 44 Dientes, ANSI 50, 1 cordón |         |
| Lubricación Tipo A: manual o por goteo |                               |         |

Por otra parte, para suministrar la potencia se seleccionó un motor monofásico marca Baldor, modelo YPC144A, cuyas especificaciones básicas se muestran a continuación

Tabla 4.19: Especificaciones Motor

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Número de Catálogo     | YPC144A    |
| Número Especificación  | 17E141W312 |
| Potencia               | 0,25 hp    |
| Voltaje                | 115        |
| Hertz                  | 60         |
| Fases                  | 1          |
| Corriente Plena Carga  | 3,5        |
| RPM                    | 1625       |
| Factor Servicio        | 1          |
| Código NEMA            | N          |
| Eficiencia Plena Carga | 57,9       |

Fuente: Tabla Baldor (Baldor Electric Company, 2001)

Luego, para satisfacer la velocidad de alimentación del núcleo es necesario que la velocidad a la entrada de la cadena oscile entre 20 y 80rpm, para lo cual se decide utilizar un reductor. Para ello, se eligió el modelo GSF2013AA de Baldor, cuyas especificaciones se presentan en la tabla 4.20.

Tabla 4.20: Especificaciones Reductor

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Número de Catálogo    | GSF2013AA  |
| Número Especificación | GR0006A007 |
| Reducción             | 20:01      |
| Máxima entrada (hp)   | 0,36       |
| Salida RPM @1750      | 88         |

Fuente: Tabla Baldor (Baldor Electric Company, 2001)

Se muestran también las especificaciones del interruptor de pedal, el cual es el variador de velocidad, por lo cual se escogió la marca LineMaster

Tabla 4.21: Especificaciones Pedal

|                    |         |
|--------------------|---------|
| Número de Catálogo | 980-SC3 |
| Amperaje           | 6       |
| Voltaje            | 125     |

### 5. Diseño del eje

Primeramente, se calcularon las fuerzas que la catarina y el núcleo causan en el eje y se despejaron los valores de las reacciones en los cojinetes. Además, se elaboraron los diagramas de cortante y de momentos flectores alrededor de los ejes X y Y, en los cuales se tomó el origen de coordenadas, punto donde están los cojinetes y se avanza hasta llegar a la carga del núcleo.

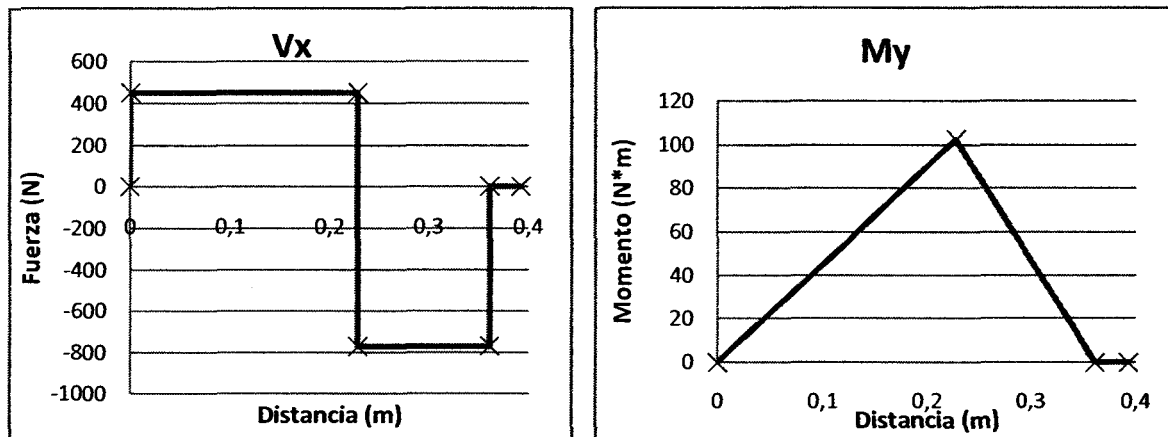


Gráfico 4. 8: Cortante en el eje X y Momento en el eje Y

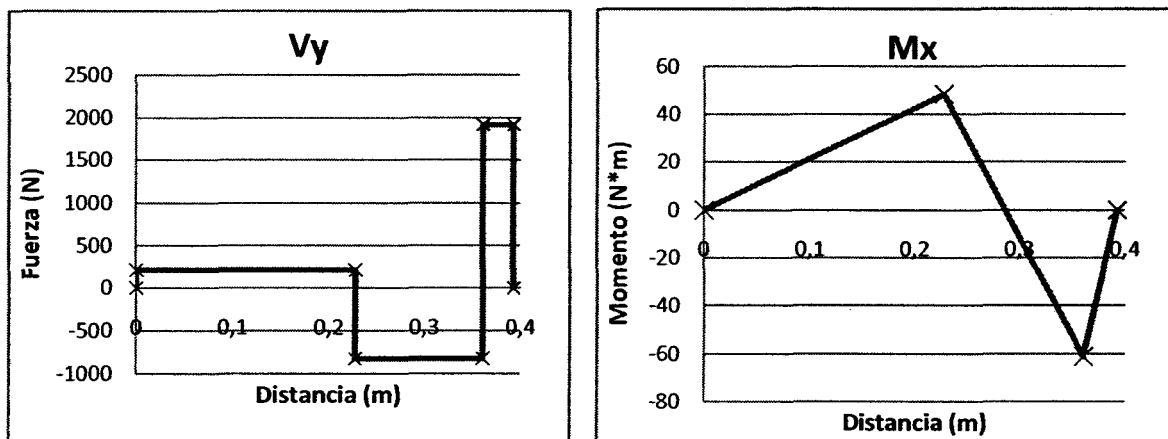


Gráfico 4. 9: Cortante en el eje Y y Momento en el eje X

Una vez con las gráficas del momento flector, se pudieron calcular las ecuaciones de cada uno de los segmentos de recta que componen el diagrama. Como resultado de la composición de dichas ecuaciones, se obtienen las siguientes curvas de momento flector total y el de torque.

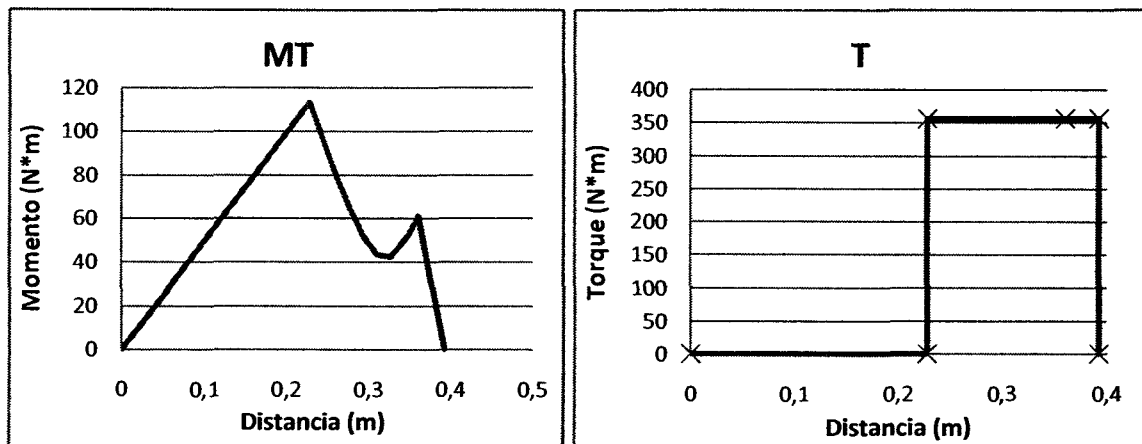


Gráfico 4.10: Momento Total y Torque

Para dimensionar el eje, primero se definió que se va a utilizar el enfoque de Von Mises en fatiga, así, se decidió que para material dúctil los concentradores de esfuerzos sólo se aplican a los esfuerzos alternantes.

Al observar los esfuerzos presentes, se establecen los siguientes esfuerzos:

$$\sigma'_m = \sqrt{\left(\frac{4V_x}{\pi d^2}\right)^2 + 3\left(\frac{16T}{\pi d^3}\right)^2} \quad \sigma'_a = \sqrt{\left(K_\sigma \frac{32M}{\pi d^3}\right)^2} \quad (4.6)$$

A partir de lo indicado, la entrada de potencia se modeló totalmente como un torque constante; y se asumió que no hay en el eje vibraciones torsionantes de importancia, ni ningún otro factor que ocasione un torque alternante.

Luego, dadas las bajas velocidades de rotación, se asumió que tampoco había fuerzas significativas de desbalance del eje, del rotor, ni de cualquier otro factor que ocasione un momento constante. De manera que el único elemento que ocasiona un esfuerzo alternante es el flexionante total.

Con base en eso, entonces, se ubicó los puntos críticos del eje para analizarlos y determinar los valores de los diámetros requeridos en esos puntos. Lo anterior, con el fin de que el factor de seguridad esté en el rango de 1.2-1.8. Estos puntos críticos corresponden al chavetero y la reducción después de la catarina, así como a la reducción y aplicación de la carga del segundo cojinete.

Para el criterio de falla se escogió la curva de Gerber, por ello, la ecuación de diseño se convierte en

$$\frac{\sigma'_a}{\frac{Se}{\eta_s}} + \left( \frac{\sigma'_m}{\frac{Sut}{\eta_s}} \right)^2 = 1 \quad (4.7)$$

Primero fue necesario escoger el material del eje, el cual es acero 1040 CD. Con esto se conoce el valor  $S_{ut}$  y se calcula el valor  $S_e$ , al tomar en cuenta que

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S_e' \quad (4.8)$$

$$K_a = 4.45 S_{ut}^{-0.265} \quad K_b = \left( \frac{d}{7.62} \right)^{-0.107} \quad (4.9)$$

Tabla 4.22: Propiedades del Material

|     |        |
|-----|--------|
| Sut | 590    |
| Sy  | 490    |
| Se' | 298,54 |
| Ka  | 0,82   |
| Kb  | 1,75   |
| Kc  | 1      |
| Kd  | 1      |
| Ke  | 1      |
| Se  | 429,57 |

Por ende, se evaluó para los distintos puntos y se determinó para las diferentes secciones cuál punto era el crítico, con base en lo que se determinó el diámetro mínimo del eje. Se presentan los principales datos en la tabla 4.23.

Tabla 4.23: Diseño del eje

| Distancia (m) | 0,2275              | 0,34958                 |
|---------------|---------------------|-------------------------|
| Descripción   | Chaveta en catarina | Reducción en cojinete 2 |
| K             | 1,8                 | 1,6                     |
| Sig M (Mpa)   | 201,1               | 295,1                   |
| Sig A (Mpa)   | 133,0               | 80,7                    |
| d (mm)        | 25                  | 25                      |
| FS            | 1,95                | 2,47                    |
| Gerber        | 1,00                | 1,00                    |

Finalmente, se sabe que las dimensiones necesarias del eje son 20 mm en la parte anterior al rodamiento, 25 mm después del mismo, 28 mm entre la catarina y la reducción para terminar con 25 mm en el segundo cojinete. Para la ubicación de este segundo cojinete con un diámetro interior de 22 mm se obtenía un factor de seguridad de 1,68; sin embargo, como el diámetro debe tener un valor estándar debido a los cojinetes, se eligió un diámetro de 25mm, lo que elevó aún más el factor de seguridad.

En el lado opuesto de la máquina se encuentra un pequeño eje que sólo tiene cargas en la dirección Y; esto porque el eje soporta la carga del núcleo en un extremo y, en el otro, está conectado al mecanismo de movimiento del pistón.

Así, las únicas fuerzas presentes en la estructura son el cortante en la dirección Y y el momento en X, el cual es el mismo que el momento total.

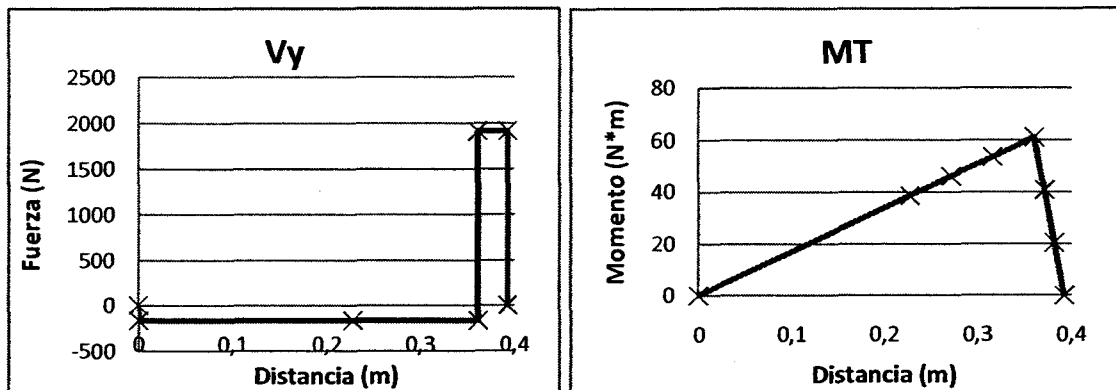


Gráfico 4. 11: Cortante en el eje Y y Momento Total

Este eje presenta cargas muy bajas, de manera que se obtuvo un diámetro en la sección del cojinete de 17mm, lo que se incrementa a 20mm para obedecer a dimensiones normalizadas.



### 6. Diseño de la estructura

Para verificar que la estructura soportara los esfuerzos, se procedió a calcularlos en ciertos elementos principales, los que correspondían a los sometidos a las mayores cargas. Puesto que la geometría de la base es complicada y altamente indeterminada, para la distribución de las cargas, se realizaron diversas suposiciones conservadoras que llevaron simplificar el cálculo, con lo que los resultados obtenidos quedaron siempre del lado seguro. Se muestra en la figura los elementos que se analizaron:

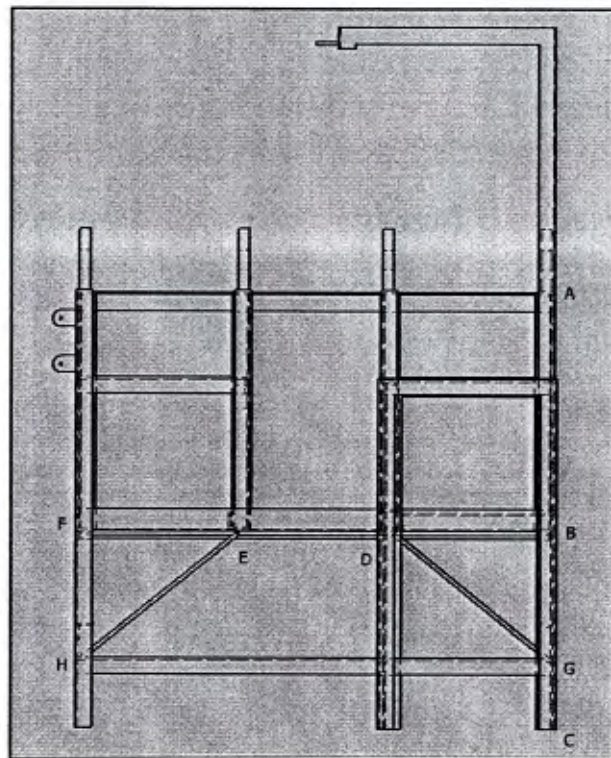


Figura 4. 20: Elementos críticos

Con el objetivo de corroborar que no se diera pandeo en la estructura, se seleccionó el elemento ABC, correspondiente al elemento de mayor longitud sometido a compresión. Igualmente, se verificó que soportara, para lo que se aplicó la fórmula 4.10.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2} \quad (4.10)$$

Para su cálculo se modeló como un elemento empotrado en su base y libre en la parte superior, ya que con esta condición tiene el valor más alto de  $L_e$ , y por ende el valor más pequeño de  $P_{cr}$ . En otras palabras, sería la condición más crítica.

Así, las cargas aplicadas son la fuerza ejercida por la cadena y el peso del núcleo de mayor tamaño, los cuales se asumen que se distribuyen por completo en el elemento ABC. Esto es algo conservador porque en el punto A la carga aplicada es la reacción del cojinete, y en el punto B es donde se destina la mayor carga sobre el elemento, no obstante, la longitud del segmento BC es menor.

La carga en B es la suma de la carga ocasionada por la estructura, más la carga de ambos cojinetes. Sin embargo, al suponer todas las cargas aplicadas en A, se compensa el omitir el peso de la estructura. Se muestran los resultados:

Tabla 4.24: Pandeo en el elemento ABC

|                        |            |                          |          |
|------------------------|------------|--------------------------|----------|
| b (in)                 | 1 1/2      | l (in)                   | 3/16     |
| b (mm)                 | 38,1       | l (mm)                   | 4,7625   |
| I (mm <sup>4</sup> E6) | 0,04578    | C (mm)                   | 11,27    |
| Material               | Acero A-36 | E (MPa)                  | 2,00E+05 |
| L (mm)                 | 1000       | Le                       | 2000     |
| F cad (N)              | 4387,37    | W (N)                    | 1912,95  |
| P <sub>cr</sub> (kN)   | 22,59      | P <sub>struct</sub> (kN) | 6,30     |
| n                      | 3,59       |                          |          |

En dicho cuadro se nota como aún en las condiciones planteadas el elemento soporta pandeo con un factor de seguridad de 3,59. La mayoría de elementos de la estructura están sometidos a carga de compresión, por lo que se puede concluir que con el elemento de perfil angular de dimensiones 1½x 3/16 toda la estructura resiste pandeo.

Ahora, para corroborar que no haya falla por fluencia en la estructura se analiza el elemento más crítico que sería el BDEF, es decir, el más largo y que soporta las mayores cargas. Para examinarlo se modela como una viga empotrada sobre la cual, en el punto D, se aplica la carga del cojinete correspondiente al eje uno, y en el punto E la carga del cojinete del eje dos. Lo expuesto se describe por la ecuación 4.11

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (4.11)$$

Se presentan los resultados en la tabla 4.25 para cálculos de esfuerzos por flexión pura elástica:

Tabla 4.25: Fluencia en el elemento BDEF

|                        |         |           |       |
|------------------------|---------|-----------|-------|
| b (in)                 | 2       | I (in)    | 3/8   |
| b (mm)                 | 50,8    | I (mm)    | 9,525 |
| I (mm <sup>4</sup> E6) | 0,19941 | C (mm)    | 16,15 |
| FD (N)                 | 2082,35 | D (mm)    | 400   |
| FE (N)                 | 4850    | E(mm)     | 400   |
| MD (N*m)               | 416     | ME (N*m)  | 970   |
| Sfz (Mpa)              | 72      | Sfz (Mpa) | 169   |
| Sy (Mpa)               | 250     |           |       |

Por tanto, con el perfil angular de 2x3/8 en el elemento más crítico la estructura no falla por fluencia. Para evitar deformaciones elásticas que pudieran afectar el buen funcionamiento de la máquina se agregaron los soportes en los puntos DG y EH, que se dimensionaron de manera que no sufrieran pandeo.

Además, se modelaron como si toda la carga de los cojinetes de los puntos D y E fuera soportada por ellos, lo cual dio como resultado que unos soportes de varilla de 3/8 satisfacen estas condiciones. Los resultados se muestran en la tabla 4.26

Tabla 4.26: Pandeo de Soportes

|                        |            |         |          |
|------------------------|------------|---------|----------|
| d (mm)                 | 9,525      | d (in)  | 3/8      |
| I (mm <sup>4</sup> E6) | 0,00646    | E (MPa) | 2,00E+05 |
| Material               | Acero A-36 | L (mm)  | 457      |
| Pstruct (kN)           | 6,33       | Le      | 914      |
| Pcr (kN)               | 15,28      | n       | 2,41     |

Por último, se procedió a realizar los cálculos de pandeo y de esfuerzo por flexión pura elástica para el brazo de doblado, con el propósito de verificar que soportara las cargas ocasionadas por el contacto de los rodillos con la lámina.

Así, se determinó que la fuerza de doblado es baja y se verificó que el elemento está correctamente diseñado. Se muestran los resultados en las tablas 4.27 y 4.28

Tabla 4.27: Pandeo brazo de doblado

|                        |            |             |          |
|------------------------|------------|-------------|----------|
| b (mm)                 | 35         | I (mm)      | 10       |
| I (mm <sup>4</sup> E6) | 0,00292    | C (mm)      | 5,00     |
| Material               | Acero A-36 | E (MPa)     | 2,00E+05 |
| L (mm)                 | 612,94     | Le          | 1225,88  |
| Pcr (kN)               | 3,83       | Pstruct (N) | 9,46     |

Tabla 4. 28: Fluencia en el brazo de doblado

|                        |            |              |        |
|------------------------|------------|--------------|--------|
| b (mm)                 | 10         | I (mm)       | 35     |
| I (mm <sup>4</sup> E6) | 0,03573    | C (mm)       | 17,50  |
| F Cont (N)             | 13,7624578 | I Cont (mm)  | 612,94 |
| F Res (N)              | -84        | I Res(mm)    | 0,1    |
| M Cont (N*m)           | 4,22       | M Res (N*mm) | -4,179 |
| Sfz (Mpa)              | 2          | Sfz (Kpa)    | -2     |
| Sy (Mpa)               | 250        |              |        |

### 7. Costo aproximado de la máquina

Se procedió a realizar una estimación gruesa del costo de la máquina, los precios son aproximados porque a nivel nacional sí hay proveedores de esas marcas, sin embargo no tenían en inventario los modelos seleccionados. Por ello, hubo que revisar los precios de páginas de EEUU en Internet.

Se utilizó el tipo de cambio del Banco Nacional a la fecha del 5 de marzo del 2009, el cual era el siguiente: compra del dólar a  $\square$ 570,9.

En la tabla 4.29 se muestra el desglose de los costos

Tabla 4.29: Desglose de Precios

|   |                    |
|---|--------------------|
| Cilindro SPX C53C (KSC, 2007)               | □151.859 (\$266)   |
| Bomba Hidráulica P19 (KSC, 2007)            | □155.855 (\$273)   |
| Motor Baldor YPC144A (Baldor, 2004)         | □79.640 (\$139,5)  |
| Reductor Baldor GSF2013AA (Baldor, 2004)    | □227.389 (\$398,3) |
| Pedal Linemaster 980-SC3 (Drill Spot, 2008) | □31.199 (\$54,65)  |
| Ejes y estructura                           | □400.00            |
| Total                                       | □1.045.942         |

**Fuente: Diversas**

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- 1) Se logró el objetivo general, el cual consistía en diseñar de forma íntegra una máquina que conformara los perfiles de lámina que componen los núcleos ferromagnéticos para transformadores de distribución.
- 2) Se puede afirmar que la parte más crítica al considerar el proceso como un todo es el conjunto de las etapas de desenrollado, aplanado y corte. Este es sumamente delicado, en especial por la precisión requerida por el espesor reducido del material y por los incrementos en las distancias de doblado en cada lámina.

Además, es necesario tener en cuenta que cada lámina debe calzar con la anterior, y que del producto depende el doblado correcto o, por el contrario, la imposibilidad de ensamblar el núcleo y que este quede con claros indeseables.

- 3) En este caso, la selección de los componentes para el desenrollado, corte y aplanado es una mejor opción que desarrollarlos y diseñarlos. Al analizar el conjunto de componentes, hubo que contemplar algunos factores muy importantes como lo fueron un tiempo de desarrollo corto, y que no era posible financiar la construcción de prototipos.

A lo anterior se aunó el hecho de que para los elementos de desenrollado, aplanado y corte no se pudo obtener suficiente información para diseñarlos. Se encontraron las variables que había que tomar en cuenta en el diseño (diámetro de los rodillos, distancia entre los mismos, porcentaje de penetración, etc.), pero no se consiguió información sobre recomendaciones o procedimientos específicos de las dimensiones y propiedades del tipo de material que se trabajaría.

Además, en vista de que el volumen de transformadores que se procesa por mes es relativamente bajo, no se justifica económicamente toda la investigación, desarrollo, y construcción, y por ende el alto costo que implica el diseño de estos elementos. Se

decidió, entonces, que la selección de los elementos de desenrollado, corte y aplanado era la mejor opción.

- 4) El conjunto de doblado con rodillos y recocido forman la alternativa más viable para conformar el perfil de las láminas. Esto, principalmente porque se requiere que las láminas calcen perfectamente una con otra, y porque la dimensión de cada lámina es distinta.

Si se usaran troqueles, se requeriría uno para cada lámina, cuyo costo es inaceptable; si se empleara un dado y punzón habría que doblar la lámina a un ángulo ligeramente agudo para que luego de la recuperación elástica quedara a  $90^\circ$ , lo cual implicaría de igual forma variar, a cada cierto número de láminas, el dado para que la curvatura en la esquina fuera la correcta y no queden espacios en las esquinas.

En suma, al realizar el doblado preliminar con los rodillos y luego asegurar la deformación de la lámina mediante un proceso de recocido se obtiene la alternativa más ventajosa, no sólo en el ámbito mecánico sino también en el económico.

- 5) La automatización de la máquina de doblado en este caso no se justifica por la baja producción y la alta complejidad que esto requeriría. Durante el proceso de enrollado los principales factores que se deben considerar, en caso de querer automatizar la máquina, son el incremento en la altura de alimentación de la lámina, la velocidad variable por ser un perfil rectangular y el posicionamiento preciso de cada lámina, donde terminó la lámina anterior.

Al ser la cantidad de núcleos que se deben procesar por mes baja, se determinó que era una mejor opción la máquina manual y no una máquina automatizada, la cual tenía un costo mucho más elevado, y que a la postre no justifica la inversión en vista de que no se espera que la producción crezca lo suficiente a mediano plazo.

- 6) Para el desarrollo de este proyecto, que presentó la gran dificultad de que no se pudo obtener información relativa a máquinas en el mercado que realizaran el proceso requerido, se resalta la utilidad de las patentes como asistentes de diseño.

Particularmente, el diseño realizado se basó en el análisis de las mismas y en la elaboración de mejoras y cambios para satisfacer las condiciones particulares de la empresa. En cuanto a las implicaciones legales del uso de este recurso, las consultadas se encuentran ya disponibles al público en general, ya que datan de los años 60.

- 7) Muchas veces el diseñador neófito, en su afán de aplicar todos sus conocimientos y de demostrar su capacidad de realizar propuestas totalmente “originales”, pretende desarrollar a partir de cero todos los elementos de su máquina o proyecto.

Al haber finalizado el diseño de esta máquina, se pudo concluir que en el diseño debe tener mayor peso una buena integración de elementos y no tanto la idea de desarrollar todo de cero. Esto, porque en muchas ocasiones la complejidad o el alto costo económico no se justifica. Por el contrario, al seleccionar elementos ya existentes e integrarlos dentro del diseño, se obtiene un producto final de excelente calidad y económicamente viable.

- 8) Al realizar este proyecto se experimentó en carne propia y se logró tomar conciencia del hecho de que el diseño de máquinas requiere una alta inversión – muchas veces intangible e imperceptible para un agente externo– en cuanto a tiempo, recursos, investigación, todo lo cual es necesario para poder llegar a elaborar un diseño.

Sin embargo, en este país no se valora todo este proceso; al contrario, muchas veces lo único que el cliente observa y le interesa es el producto final, así como su costo. Como consecuencia de lo anterior, no se le reconoce económicamente al diseñador lo arduo y valioso de su labor, por lo que este último pierde el estímulo para seguir realizando este tipo de trabajos.

Por tanto, se considera que es necesario que en Costa Rica se mejore poco a poco la cultura de valorar el costo de un diseño. Lo anterior, es un tema en el que debe involucrarse no sólo el ingeniero diseñador, sino también tiene que ser apoyado por el Colegio Federado, las Universidades y otros entes, con el fin de incentivar la producción intelectual nacional en el área de diseño independiente.



## Recomendaciones

- 1) En vista de que se realizó todo el proceso de investigación y desarrollo y se piensa construir una máquina de este tipo, es necesario que se hagan las previstas para incrementar la producción. Esto justifica toda la inversión, ya que la cantidad de núcleos formados por mes que se pretende producir es muy baja, y la rentabilidad podría no ser suficiente.
- 2) Visitar, en la medida de lo factible, una planta donde se conformen núcleos para observar el proceso. De no ser así, se podría, al menos, contratar la asesoría de alguna persona con experiencia en el campo de conformación de núcleos por doblado. Esto dado que el diseño conceptual se hizo con base en patentes, pero no logró el contacto con una persona que haya estado a cargo de un proceso de conformación de núcleos y que pueda dar su opinión sobre el diseño realizado.
- 3) Se recomienda analizar la opción de subcontratar los servicios de desenrollado, aplanado y corte, con el fin de que la lámina se entregue lista para realizar el doblado. Lo anterior, a partir de dos aspectos fundamentales: por un lado para estos procesos se debe contar con una alta precisión por la longitud variable de cada lámina, luego, la producción de la empresa es de apenas 80 núcleos moldeados por mes. Por ende, la baja producción hace difícil que se justifique la inversión en máquinas tan especializadas. De manera que contratar a otra empresa para que realice estos procesos puede ser una opción rentable.
- 4) Se sugiere realizar pruebas de pérdidas en los núcleos con la configuración de entrehierros escalonados sin lámina corta, ya que la información que se encontró acerca del rendimiento de las mismas fue muy escasa. Esta no es la configuración de los núcleos que se observó en los talleres de ENERPOT, sin embargo, al menos teóricamente es más ventajosa que su contraparte con láminas cortas.

- 5) Puesto que se va a construir una única máquina (no hay producción en serie), no es una opción rentable realizar un prototipo inicial. Cuando se ejecute todo el diseño, se recomienda proceder a la construcción de la máquina. Los ajustes y modificaciones en caso de ser necesarias, serán efectuados durante la construcción misma.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amada América Inc. (23 de agosto de 2007). *Amada*. Recuperado el 26 de enero de 2009, de Amada: <http://www.amada.com/site/default.asp?page=home.htm>
- American Society of Tool Manufacturing Engineers. (1965). *Die Design Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Baldor Electric Company. (17 de abril de 2001). *Baldor*. Recuperado el 26 de enero de 2009, de Baldor: <http://www.baldor.com/products/default.asp>
- Calvert, J. B. (31 de Enero de 2001). *Inside Transformers*. Recuperado el 13 de marzo de 2008, de <http://mysite.du.edu/~jcalvert/tech/transfor.htm>
- Coe Press Equipment Corporation. (12 de 1 de 2007). *Coe Press Equipment*. Recuperado el 16 de setiembre de 2008, de Coe Press Equipment: <http://www.cpec.com>
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. México: Prentice-Hall.
- Halmos, G. T. (2006). *Roll Forming Handbook*. Taylor and Francis Group.
- Harlow, J. H. (2004). *Electric Power Transformer Engineering*. New York: CRC Press.
- Industrias Sica. (15 de julio de 2004). *Página digital*. Recuperado el 27 de mayo de 2008, de <http://www.paginadigital.org/articulos/2004/2004seg/tecnologia1/sica26cccc-3pl.asp>
- Lee, A. C., & Ballard, D. E. (1988). *Patente nº 4741096*. Estados Unidos de América.
- Resnick, R., Halliday, D., & Krane, K. (2004). *Física*. México: Continental.
- Richardson Jr, J. W. (1962). *Patente nº 3058201*. Estados Unidos de América.
- SPX Hydraulic Technologies. (7 de mayo de 2006). *Power Team*. Recuperado el 26 de enero de 2009, de Power Team: <http://www.powerteam.com/productfamilies.asp?sPgHd=Cylinders&sProductID=1&sApplication=>
- Theis, E. (10 de Octubre de 2002). *Everything you need to know about flatteners and levelers for coil processing*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2008, de Everything you need to know about flatteners and levelers for coil processing: <http://www.thefabricator.com/xp/Fabricator/Articles/Fabricating/Fab02/02web519.xml>
- Utreras, C. (22 de septiembre de 1999). *Ferromagnetismo e Histéresis*. Recuperado el 15 de mayo de 2008, de <http://cabierta.uchile.cl/libros/c-utreras/node104.html>
- Wescott, H. C., Lemont, & Ryde, R. M. (1964). *Patente nº 3162391*. Estados Unidos de América.

Wikimedia Foundation, Inc. (10 de abril de 2008). *Electrical steel*. Recuperado el 27 de mayo de 2008, de [http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_steel](http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_steel)

Wikimedia Foundation, Inc. (13 de abril de 2008). *Histéresis*. Recuperado el 15 de mayo de 2008, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Curva\\_de\\_hist%C3%A9resis](http://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_hist%C3%A9resis)

Winders, J. J. (2002). *Power Transformers: Principles and Applications*. New York: Marcel Dekker, Inc.

## ANEXOS

Oct. 16, 1962

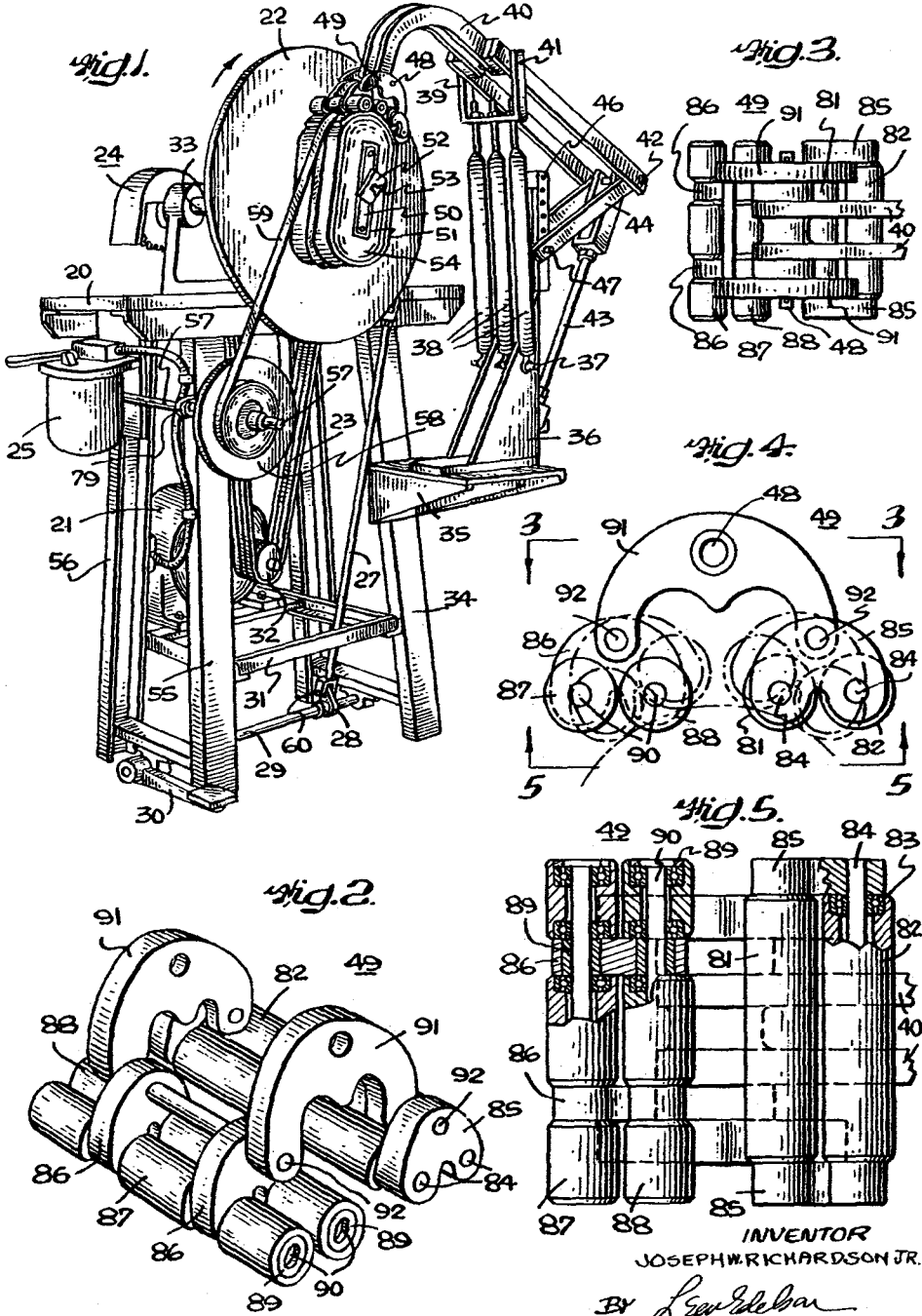
J. W. RICHARDSON, JR

3,058,201

METHOD OF MANUFACTURE OF TRANSFORMER CORES

Filed Sept. 8, 1958

4 Sheets-Sheet 1



INVENTOR  
JOSEPH W. RICHARDSON, JR.

BY *Levitt*  
ATTORNEY

Oct. 16, 1962

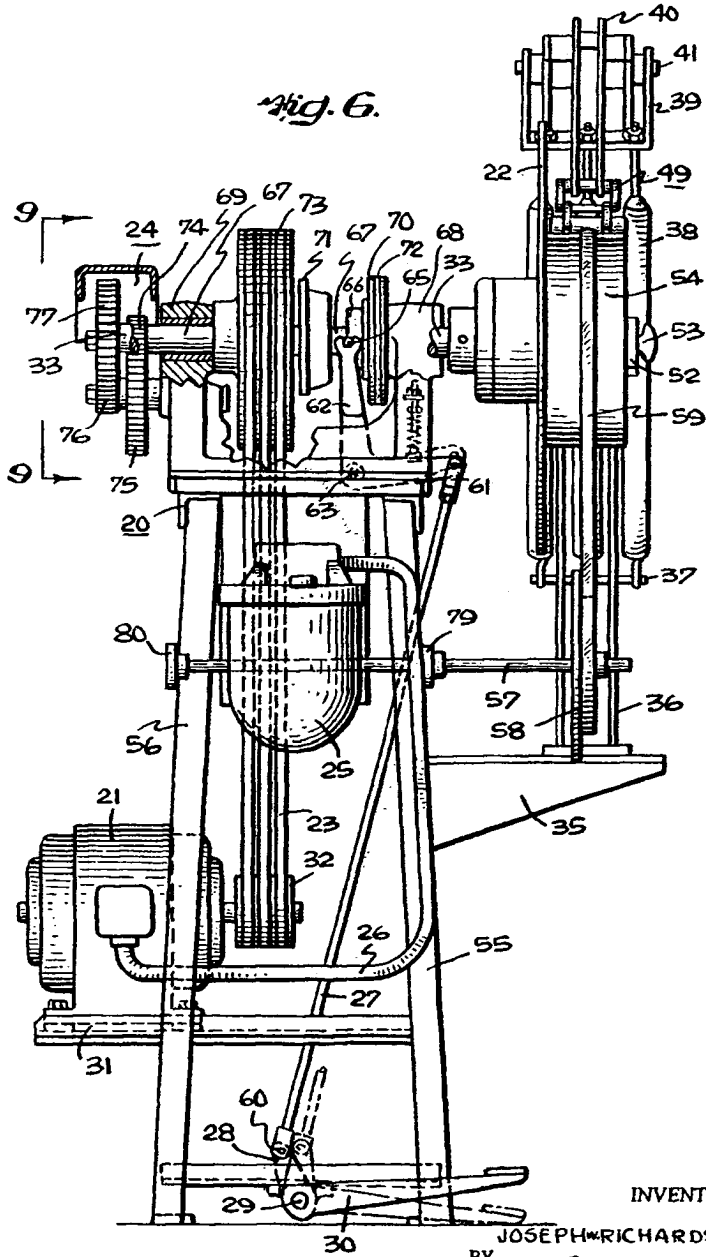
J. W. RICHARDSON, JR

3,058,201

METHOD OF MANUFACTURE OF TRANSFORMER CORES

Filed Sept. 8, 1958

4 Sheets-Sheet 2



INVENTOR.

JOSÉPH W. RICHARDSON JR.

BY

*Leon de la*

ATTORNEY

Oct. 16, 1962

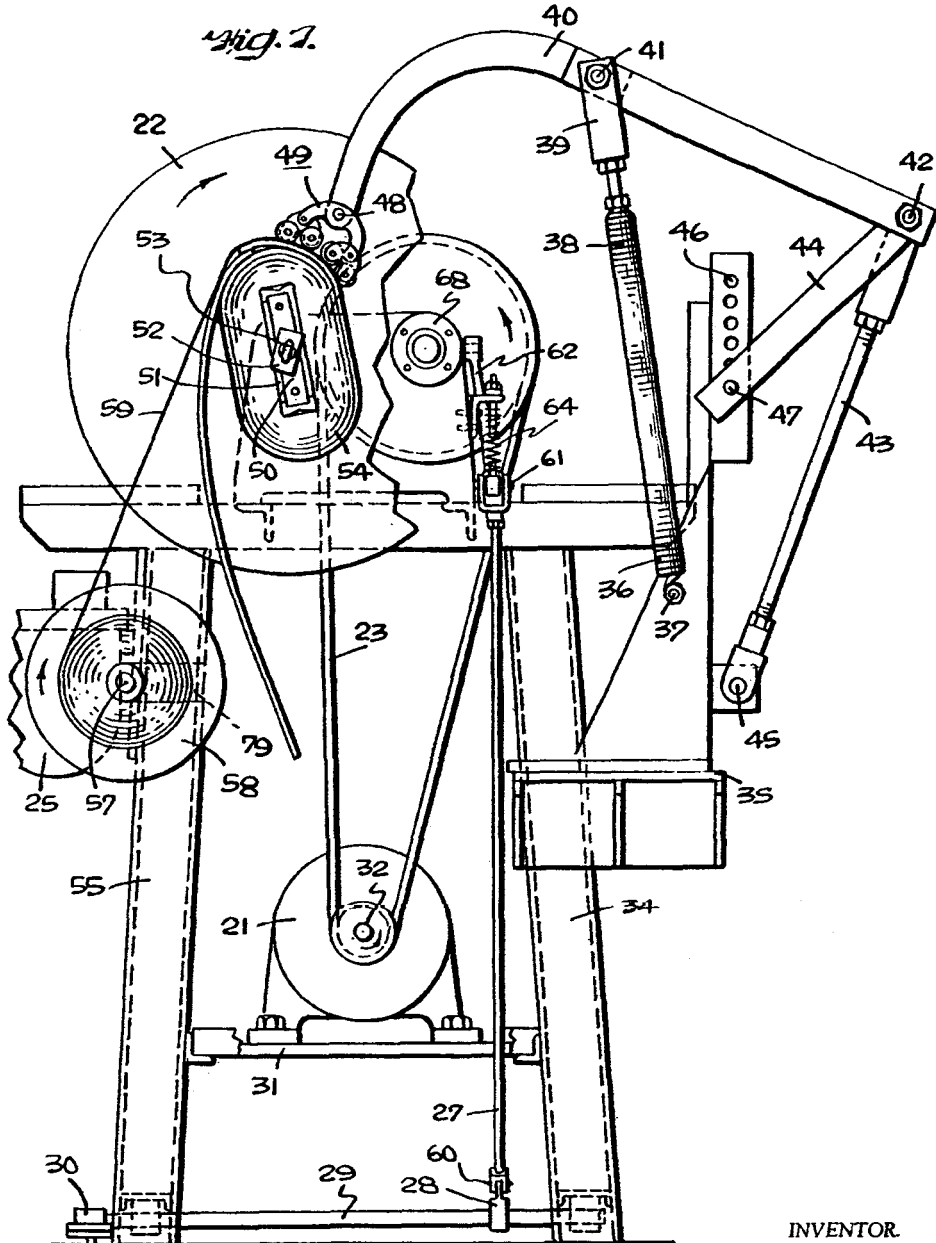
J. W. RICHARDSON, JR

3,058,201

METHOD OF MANUFACTURE OF TRANSFORMER CORES

Filed Sept. 8, 1958

4 Sheets-Sheet 3



INVENTOR

JOSEPH RICHARDSON JR.

BY

*L. Edelbaum*

ATTORNEY



Oct. 16, 1962

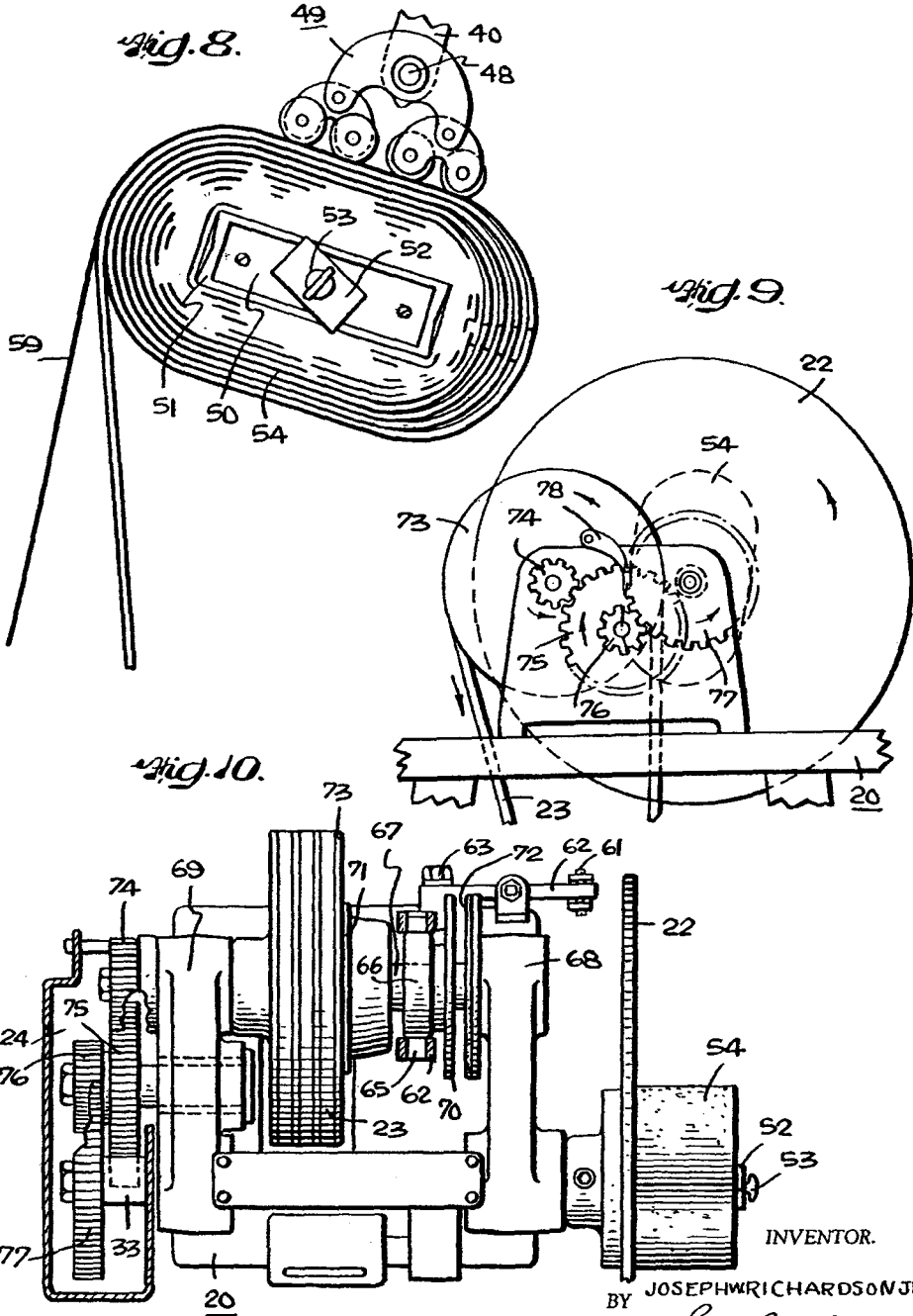
J. W. RICHARDSON, JR

3,058,201

METHOD OF MANUFACTURE OF TRANSFORMER CORES

Filed Sept. 8, 1958

4 Sheets-Sheet 4



INVENTOR.

BY JOSEPH W. RICHARDSON, JR.

*Leon Edelbar*  
ATTORNEY

1

3,058,201

## METHOD OF MANUFACTURE OF TRANSFORMER CORES

Joseph William Richardson, Jr., Horsham, Pa., assignor,  
by mesne assignments, to H. K. Porter Company, Inc.,  
Pittsburgh, Pa., a corporation of Delaware  
Filed Sept. 8, 1953, Ser. No. 759,521  
7 Claims. (Cl. 29—155.57)

This invention relates to wound electrical transformer cores, and more particularly to the method of and apparatus for winding such cores.

Transformer cores of the wound type have been generally fabricated by first pre-winding such cores from a continuous strip of core material, then annealing the pre-wound core to provide a strain-free core, unwinding the annealed core and assembling the transformer by re-winding the core strip through the coil window. This method, although widely used, suffers from the fact that the unwinding of the annealed core and rewinding through the coil window cause new strain conditions to be set up in the core material due to the flexing of the core strip material during such operations, and thus, in some measure undoes the results of the annealing process. The fabrication of a core in the foregoing described manner is, moreover, relatively time consuming and therefore costly.

In order to alleviate these problems associated with continuous strip core transformers, the foregoing method was modified to a certain extent by cutting the core strip as it was unwound after annealing, such cuts being made once for each complete turn of the core winding. This procedure reduced the fabrication time of the finished transformer but introduced additional difficulties of two kinds. Firstly, the finished transformer core necessarily contained stacked butt-joints on one leg which introduced additional core losses. Secondly, the process of cutting the core strip after annealing introduced new strains in the core material, and so also tended to offset to some degree the benefits of annealing.

A variation of the above-described method is to pre-wind the core in the shape of an equilateral trapezoid, and after annealing to cut the core through the longer base. The cut ends of the longer base are then overlapped in the finished transformer core. In this way the butt-joint construction can be replaced by a lap-joint construction which improves the core losses. However, the strain conditions introduced due to cutting the core are still present. Moreover, the shape of the annealed core is changed from trapezoidal to rectangular after cutting and final assembly so that additional strains are set-up in the final transformer core.

Regardless of which of the foregoing described methods is used, all of the methods employ a spacer between successive turns of the pre-wound core prior to annealing. This is done so that the annealed unwound core may be reassembled in the finished transformer without distortion of the core shape. Without the spacer, successive turns of the core do not nest properly when reassembly is attempted. Up to now the spacer materials used have been made of paper, fabric or powder, and these materials have been found to break down when subjected to the annealing temperatures which are on the order of about 1500° F. This spacer material breakdown may take the form of charring or involve other changes all of which require that the core laminations, after annealing, be cleaned to remove this material. If this material is not cleaned away reassembly of the core is exceedingly difficult, if not impossible, and the core characteristics are seriously impaired. The cleaning process to which cores made by the previously described methods are necessarily subjected is again time consuming and costly. The

2

wound transformer core according to my invention does not suffer from the foregoing described difficulties encountered with previously known methods of fabricating such cores and is therefore inherently capable of producing wound transformer cores of superior characteristics at lower cost. Accordingly, it is a primary object of my invention to provide a novel method of fabricating a wound transformer core in which the necessity for cleaning the core laminae after annealing is completely eliminated.

Another object of my invention is to provide a novel method of fabricating a wound transformer core in which the benefits of annealing are realized to a much greater degree than in other transformers by eliminating the operation of cutting the core after the annealing process.

Yet another object of my invention is to provide a novel method of fabricating a wound transformer core in which the shape of the core after final assembly is the same as that just after annealing so that the core is essentially unstrained.

These and other objects will appear clearly hereinafter when considered in connection with the following detailed description of my invention when read in conjunction with an examination of the several drawings, wherein:

FIGURE 1 is a perspective view of one possible apparatus for fabricating a wound transformer core according to my invention and which shows a transformer in the process of being wound.

FIGURE 2 is a perspective view of a wound-core forming-roller which is part of the apparatus of FIGURE 1.

FIGURE 3 is a plan view of the forming-roller of FIGURE 2 taken along the lines 3—3 of FIGURE 4.

FIGURE 4 is a side elevational view of the forming-roller of FIGURE 2.

FIGURE 5 is a partially sectioned bottom view of the forming-roller of FIGURE 2 taken along the lines 5—5 of FIGURE 4.

FIGURE 6 is a partially sectioned side elevational view of the apparatus of FIGURE 1 with certain parts broken away to show otherwise obscured details.

FIGURE 7 is a front elevational view of the apparatus of FIGURE 1 with certain parts broken away to reveal other details.

FIGURE 8 is a fragmentary enlarged view of a partially wound core showing certain details of fabrication.

FIGURE 9 is a diagrammatic showing of the driving gear arrangement of the apparatus of FIGURE 1.

FIGURE 10 is a fragmented plan view of the apparatus of FIGURE 1 illustrating certain constructional details of the power transmission.

Before describing in detail the novel method of and apparatus for, fabricating wound transformer cores according to my invention, it will be an aid to understanding if the following brief general description is first considered. Instead of using a single strip of core material to form the pre-wound core, the core material is first pre-cut into strips. These strips may be cut to any convenient length, as for example strips of successively longer length wherein each strip corresponds to a single turn or to multiple turns of the core, or even to multiple fractional turns, or a mixture of lengths. The particular core illustrated in FIGURE 8 of the drawings, and which will be subsequently described in more detail, illustrates the use of successively longer single turn strips, although the practice of my invention is by no means so restricted.

Fastened to one side of a mandrel whose shape and dimensions correspond to the window of the coil through which the core will eventually be wound, is one end of a shim-steel tape. One end of the first core strip is inserted between the mandrel and the tape and the mandrel is rotated to wrap the strip there about, the steel tape over-

lying the strip and binding it closely about the mandrel. As the trailing end of the first core strip is reached, the leading end of the second core strip is inserted between the trailing end and the just wound portion of the first strip to form a lap-joint. The steel tape binds the leading end of the second strip in place under the trailing end of the first strip and the process continues with the addition of successive strips as the mandrel is rotated until the entire core is built up with the steel tape interleaved between successive core turns. The core is then annealed and unwrapped to remove the steel tape spacer, and the core strips are ready for assembly into a complete transformer.

It will be appreciated at this point that the use of the shim-steel spacer tape prevents the formation during annealing of inter-laminar deposits such as occur when spacer materials such as those previously mentioned are used. The necessity for cleaning the annealed core laminae is therefore eliminated. Furthermore, the use of pre-cut core strips disposes with the need for cutting the core after annealing, and so does not introduce new strains attributable to post-annealing core cutting. Moreover, the shape of the core strips is the same in the final transformer assembly as just after annealing so that post-annealing bending strains are substantially eliminated. As a consequence of the foregoing it should be now apparent that the wound core of a transformer fabricated according to my invention is substantially strain-free and has core characteristics very close to those of the core immediately after annealing.

Understanding at this point the general method of core fabrication according to my invention, turn now to an examination of the drawings for a detailed description of one form of apparatus by which the method may be readily practiced. Referring first to FIGURES 1 and 7, there is seen a frame or stand 20 having a shelf 31 to which is securely mounted a reversible electric motor 21. The motor 21, when energized from a source of electric energy through the switch 25 and the cable 26, causes the belts 23 coupled to the motor shaft by a pulley 32 to controllably drive a power transmission which is not visible in FIGURE 1. The power transmission in turn drives the rotatable vertical table 22 through a gear assembly 24 and a shaft 33.

Secured to a leg 34 of the stand 20 is a bracket 35 to which in turn is secured a bracket 36. Fastened to the upper end of the bracket 36 by a pin 37 are a set of springs 38 which are themselves secured at their upper ends to a yoke 39. Each arm of the yoke 39 is pivotally secured by a pin 41 to a rocker arm 40 which extends in opposite directions from the yoke pivotal axis. The rear end of the rocker arm 40 is pivotally secured by a pin 42 to one of the ends of each of two other arms 43 and 44. The free end of arm 43 is pivotally secured to the lower part of the bracket 36 by a pin 45, and the free end of arm 44 is adjustably pivotally engaged with the bracket 36 by a pin 47 extending through one of a series of holes 46 in the upper part of the bracket 36. To the fore end of the rocker arm 40 is pivotally secured by a pin 48 a forming-roller 49 whose structural details are shown in FIGURES 2 through 5.

Fastened to the rotating table 22 is a block 50 whose geometric center coincides with the rotation axis of the table 22 so that the block 50 rotates with the table when the latter is driven. Slipped over the block 50 is a mandrel 51 which fits closely around the block so that there is little tendency for the mandrel to shift relative to the block in a plane parallel to the surface of the table 22. Fitted over a stud (not visible) in the block 50 is a clamping plate 52 which clamps the mandrel 51 against the table 22 when a wingnut 53 threaded onto the stud is screwed down against it, thereby preventing the mandrel from shifting away from the table 22. Partially built up on the mandrel 51 is a core 54. Pressed firmly against the core 54 is the forming roller 49, and it is seen that

this roller will remain so pressed through the action of the springs 38 and the arms 40, 43 and 44 regardless of which part of the core periphery underlies it at any given moment. The forming roller 49 is biased by the springs 38 to move downward on an arc of the circle whose center is at pin 42 and whose radius is equal to the distance between pins 42 and 48. Such downward movement is restricted by the core 54 so that the pressing action results. Although the radius of the circle just defined always remains constant, the center of the circle, and hence its periphery, may be shifted away from the center of the core 54 by pivotally securing the arm 44 through successively higher holes 46 in the bracket 36. This adjustment is provided so that cores of larger size may be accommodated.

Rotatably secured to the legs 55 and 56 of the stand 20 by a shaft 57 and bearing brackets 79 and 80 is a reel 58 upon which is wound a steel tape 59. Assume for the moment that the core 54 has not yet been started on the mandrel 51 and that the tape 59 is completely wound on its reel 58. The free end of the tape 59 is led off of the reel 58 and secured to one side of the mandrel 51, as for example with a piece of scotch tape. The table 22 is then rotated perhaps through one revolution so that the tape overlaps itself and thereby secures itself to the mandrel. One end of a pre-cut strip of core material is then inserted between the tape 59 and the mandrel 51 at the point where the tape tangentially leaves the mandrel surface and extends back to its supply reel 58. When now the table 22 is rotated in the direction shown in FIGURE 7, the core strip is wrapped about the mandrel 51, being conformed to the mandrel surface by the forming-roller 49 and bound tightly by the overlying tape 59 which unwraps from the reel 58. The next strip of core material is inserted as shown in FIGURE 7 and the process described is continued until the desired size core is achieved.

At this point, the steel tape is cut and the free end of the tape which is interleaved with the core strips is fastened down. A retainer clamp (not shown) is then secured about the finished core. The core with the mandrel is removed from the table 22 by releasing the wingnut 53 and clamping plate 52, and disengaging the forming-roller 49 from the core periphery. The core is then annealed and thereafter replaced on the table 22, but the forming-roller 49 is not re-engaged with the core periphery since the annealing process has eliminated the tendency of the core laminae to spring open. The outer end of the steel tape is unfastened and secured to the free end of the steel tape remaining on the reel 58, as for example by spot-welding. The electric motor 21 is then run in reverse so that the table 22 rotates counter to its direction during core winding. The core 54, of course, rotates with the table 22 so that the tape 59 may be rewound upon the reel 58 and the core laminae may be successively stripped from the core, beginning with the outermost lamination and progressing inward until the innermost lamination is removed from the mandrel 51.

The core laminae are now immediately ready for assembly into a complete transformer. The shim-steel tape 59, which may be approximately 2 mil thick cold-rolled steel, may be reused many times over since it is not affected by the annealing process.

Referring now to FIGURES 1, 6, 9 and 10 for an understanding of the mechanical details of the core winding apparatus, there will be seen a treadle 30 pivotally secured to the bottom of the stand 20 by a horizontal shaft 29. Keyed or otherwise fastened to the shaft 29 is a link 28 which is pivotally connected by a pin 60 to the lower end of a generally vertically extending shaft 27. The upper end of the shaft 27 is pivotally linked to one end of an angle arm 62 by a pin 61. The vertex of the angle arm 62 is pivotally secured to the stand 20 by a lug 63 so that the arm 62 may pivot about a horizontal axis when the shaft 27 moves vertically in response to actuation of the treadle 30.

As best seen in FIGURES 6 and 7 a compression spring 64 biases the angle arm 62 so that the vertical portion thereof is right-shifted and the horizontal portion is depressed. The spring 64, therefore, acting through the shaft 27 causes the treadle 30 to assume a normally up position as indicated in solid lines in FIGURE 7. When the machine operator depresses the treadle 30 by overcoming the spring bias, the shaft 27 moves upward and causes the vertical portion of the angle arm 62 to be left-shifted, at the same time placing the spring 64 in compression. When the operator removes his foot from the treadle, the compressed spring 64 expands and restores the treadle 30 to its up position. The up treadle position corresponds therefore to right-shifted position of the upper portion of angle arm 62, and the down treadle position corresponds to left-shifted position. As will be explained, left-shifted and right-shifted angle arm 62 positions result respectively in rotation and braking of the table 22, so that "down treadle" produces rotation and "up treadle" produces braking of the rotatable table 22.

As best seen in FIGURES 6 and 10, the vertical portion of the angle arm 62 terminates in a yoke which pivotally engages a pair of studs 65—65 on opposite sides of a collar 66. Rotatable within the collar 66 is a bearing (not visible) which is fixed to a shaft 67 for rotation therewith, the shaft 67 being journaled in end bearing 68 and sleeve bearing 69 fixedly secured to the stand 20. Also fixedly secured to the shaft 67 for rotation therewith are a brake disc 70 and a clutch disc 71. The rotatable brake disc 70 is adapted for frictional engagement with a fixed brake disc 72 which is secured to the housing of the bearing 68 when the arm 62 is in right-shifted position (up treadle). The rotatable clutch disc 71 is adapted for frictional engagement with a clutch surface on the face of the pulley 73 which presents toward the disc 71 when the arm 62 is in left-shifted position (down treadle). It is therefore clear that when the brake discs 70 and 72 are engaged, the shaft 67 will be braked to a stop and its rotation will cease. When however, the clutch disc 71 engages the pulley 73, the shaft 67 will rotate with the pulley. The pulley 73, which is continuously rotated by the motor 21 via the belts 23, is freely rotatably mounted about the shaft 67 so that the shaft does not rotate with the pulley unless the clutch is engaged.

The table 22 rotates with the shaft 33 which is driven by the shaft 67 through the gear assembly 24 when the shaft 67 is driven by the pulley 73 through the clutch. The transmission of power from shaft 67 to shaft 33 through the gear assembly 24 is best understood by referring to FIGURES 6, 9 and 10. A gear 74 fixed to the shaft 67 engages a large idler gear 75. Fixed upon the same shaft as the idler gear 75 and rotatable therewith is a small idler gear 76. This small idler gear 76 is in turn engaged with a larger gear 77 fixed upon the shaft 33. As shown, the rotational speed of shaft 33 is substantially reduced below the speed of shaft 67 by virtue of the step-down arrangement of gear assembly 24. Various speed ratios can be employed merely by changing the gear ratios. FIGURE 9 also shows a dog 78 which is employed to prevent backward rotation of the table 22 during core winding. When however the annealed core is replaced upon the table 22 for unwinding, the dog 78 is pivoted out of the way so that the gears may reversely rotate when the motor 21 is electrically reversed through the switch 25.

Returning now to an examination of FIGURES 2 through 5 which illustrate the novel forming-roller assembly 49, it is seen that the roller assembly includes a pair of individually pivotable double roller subassemblies. Rollers 81 and 82 are free to rotate on ball bearing assemblies 83 which are secured to a pair of arcuate end plates 85—85 by pins 84, whereas rollers 87 and 88 are free to rotate on ball bearing assemblies 89 secured to a similar pair of arcuate plates 86—86 by pins 90. The arcuate plates 85—85 and 86—86 are pivotally pinned to

a further set of arcuate plates 91—91 by pins 92, and the plates 91—91 are in turn pivotally pinned to the arm 40 by the pin 48. In operation, the entire forming-roller assembly 49 pivots about the pin 48 while the individual double roller subassemblies pivot about the pins 92. It will be appreciated that this novel construction allows the rollers to conform closely to the core surface and provide a very effective ironing action to produce a tightly wound core. The shim-steel tape 59 is therefore required only to bind the core strips and is not required to form the strips, so that high tape tension is not necessary.

Although my invention has been described in connection with a particular apparatus for practicing the same, it will be understood, of course, that such description is for illustrative purposes only, and various changes and modifications may be made from time to time without departing from the general principles or real spirit thereof, and it is intended to claim the same broadly, as well as specifically, as indicated by the appended claims.

What is claimed as new and useful is:

1. The method of shaping the laminations of a wound transformer core from at least two strips of core material including the steps of positioning a first strip of core material between a core form and a metallic tape, wrapping the first strip of core material and the tape together around the core form so that the tape binds the strip to the form, and then inserting the leading edge of the second strip under the trailing edge of the first strip and wrapping the second strip in the same manner as the first strip.

2. The method of claim 1 wherein simultaneous with the steps of wrapping, pressure is applied to the core material to cause it to closely conform to the underlying surface about which it is being wrapped.

3. The method of shaping the laminations of a wound transformer core from a plurality of pre-cut strips of core material including the steps of, securing one end of a metallic tape to the periphery of a core form, inserting one end of a first pre-cut core strip between the core form and the tape, rotating the core form and simultaneously applying pressure to the core material to wrap the strip and overlying tape closely around the form so that the tape is interleaved with the strip and binds the latter to the underlying surface about which it is wrapped, stopping the rotation of the core form just prior to binding the trailing edge of the first strip under the tape, inserting the leading edge of a second strip of core material under the trailing edge of the first strip of core material and reinitiating core form rotation to wrap and bind the second strip about the first strip in the same manner that the first strip was wrapped and bound around the core form, repeating the foregoing sequence of core form stopping, new strip insertion, and core form rotation until the entire plurality of pre-cut strips of core material have been incorporated into the wound core.

4. The method of claim 3 wherein after the last core strip has been wound, the excess tape is severed and the free end of the interleaved tape is fastened to the wound core assembly, the core assembly is annealed to impart a permanent set to the shaped laminations and the core laminations are successively stripped off by unwinding the interleaved tape.

5. The method of shaping the laminations of a wound transformer core assembly from a plurality of strips of magnetic core material comprising the steps of, winding a first strip together with an overlying metallic tape about a supporting mandrel, winding successive strips about the preceding ones with the leading end of each successive core strip inserted under the trailing end of the preceding strip and clamped thereunder by the tape as the strip and tape are wound into the core with the tape interleaving the successive strips of core material and binding the same to the core, said tape acting as a spacer between the convolutions formed by the successively wound strips of magnetic core material.

6. The method according to claim 5 including the

7

further steps of, securing the core assembly to prevent separation of the convolutions thereof, annealing the secured assembly to impart a permanent set to the shaped laminations, unsecuring the annealed assembly and unwinding the convolutions thereof to separate the several core strips and simultaneously remove therefrom the interleaved tape, and then rewinding said tape upon a reel for subsequent re-use in the formation of additional transformer core assemblies.

7. The method according to claim 6 including the further step of sequentially nesting the core strips as they are unwound after annealing into a relative arrangement for facilitating their assembly into a complete transformer structure having the annealed core strips sequentially wound through the transformer coil windows.

References Cited in the file of this patent

UNITED STATES PATENTS

402,551 Winn ----- Apr. 30, 1889

789,707  
1,817,884  
1,825,782  
1,857,215  
2,305,650  
2,409,384  
2,478,030  
2,542,806  
2,543,089  
2,595,332  
2,689,396  
2,907,967  
2,927,366

5  
10  
15

106,986

8

Bellamy ----- May 16, 1905  
Vienneau ----- Aug. 4, 1931  
Duff ----- Oct. 6, 1931  
Ruder ----- May 10, 1932  
Vienneau ----- Dec. 22, 1942  
Peterson ----- Oct. 15, 1946  
Vienneau ----- Aug. 2, 1949  
Ford et al. ----- Feb. 20, 1951  
Zimsky ----- Feb. 27, 1951  
Chapman et al. ----- May 6, 1952  
Vienneau ----- Sept. 21, 1954  
Smith ----- Oct. 6, 1959  
Link ----- Mar. 8, 1960

FOREIGN PATENTS

Great Britain ----- June 14, 1917

Dec. 22, 1964

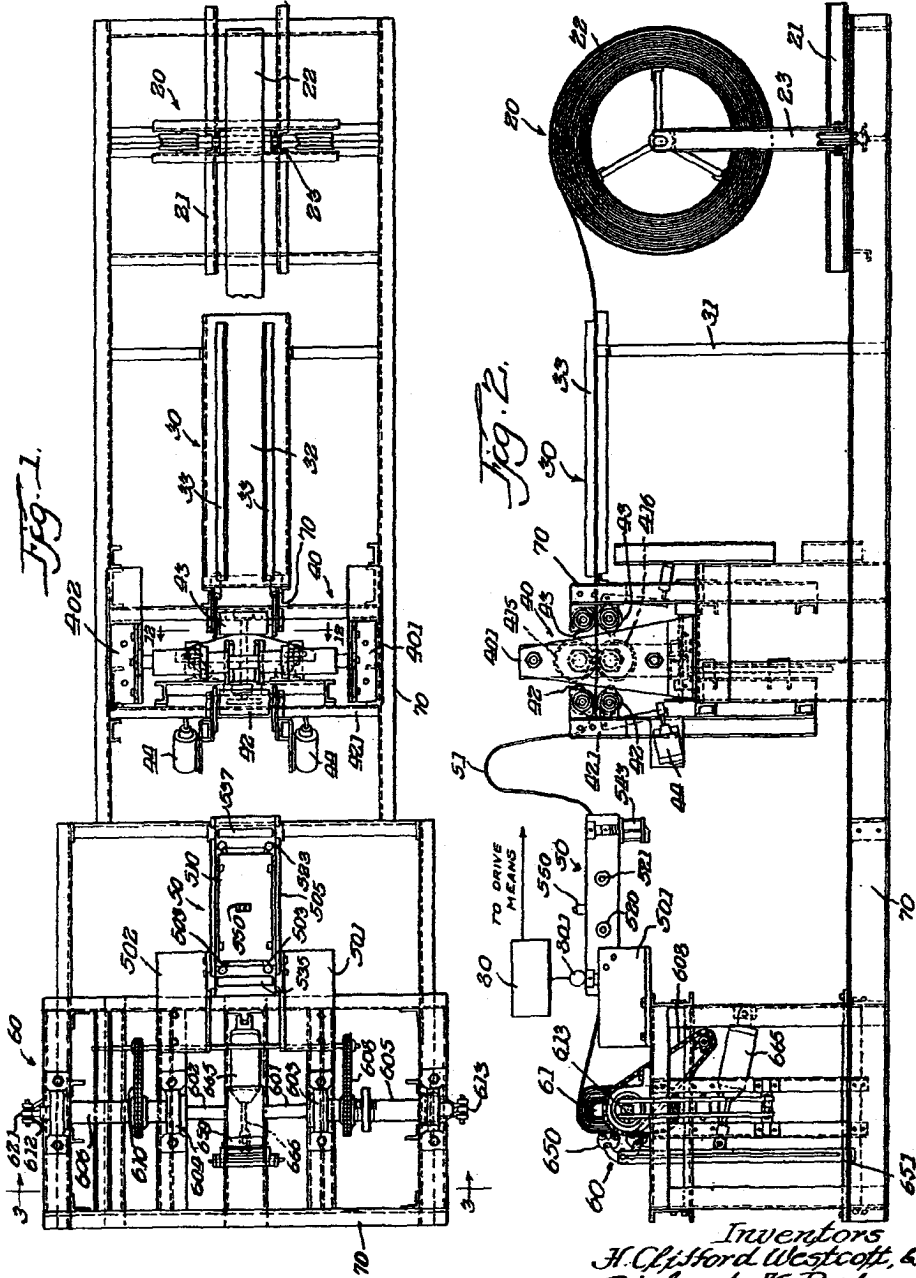
H. C. WESTCOTT ETAL

3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets-Sheet 1



Inventors  
H. Clifford Westcott, &  
Richard M. Ryde.  
By: Byron, Hume, Eisen, & Clement.  
Attys.

Dec. 22, 1964

H. C. WESTCOTT ETAL

3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets-Sheet 2

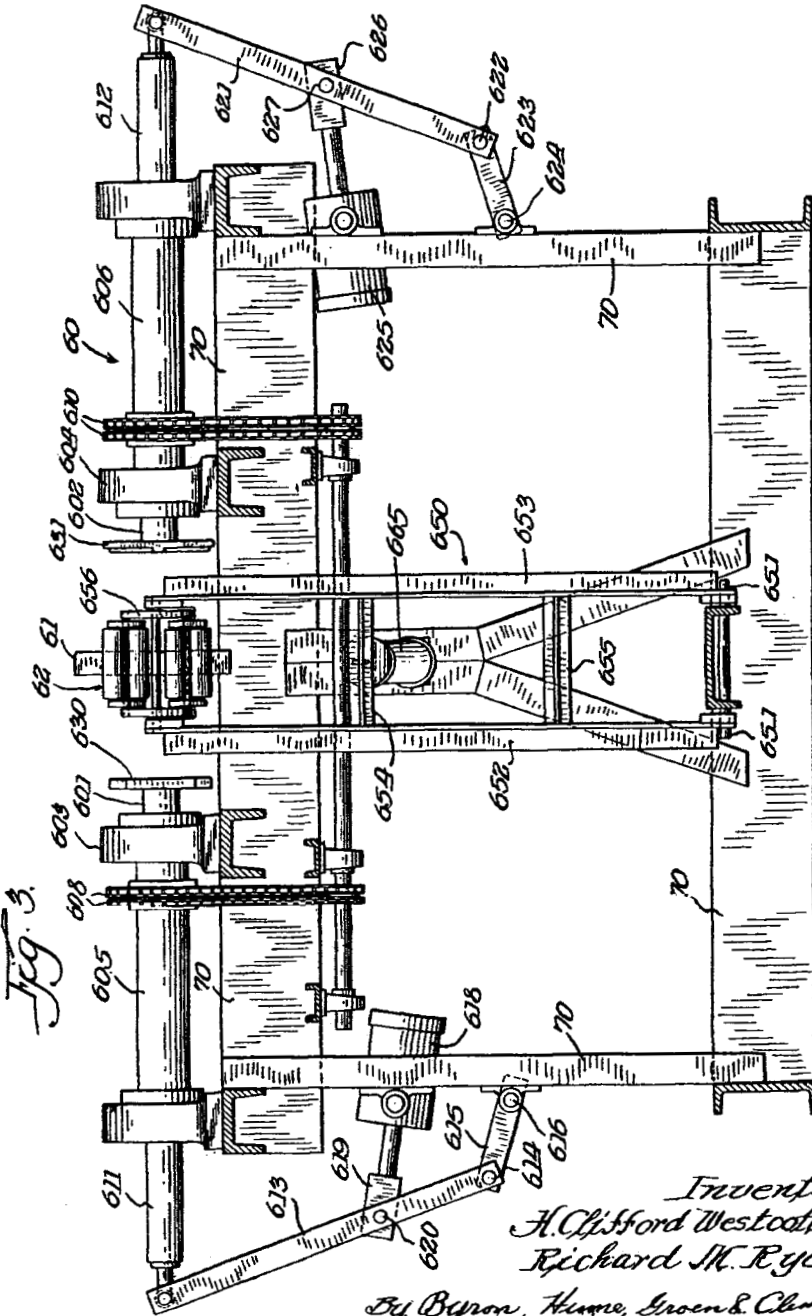


Fig. 3.

Inventors.  
H. Clifford Westcott, &  
Richard M. Ryde.

By Byron, Hume, Groen & Clement.

Atty.

Dec. 22, 1964

H. C. WESTCOTT ETAL

3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets-Sheet 3

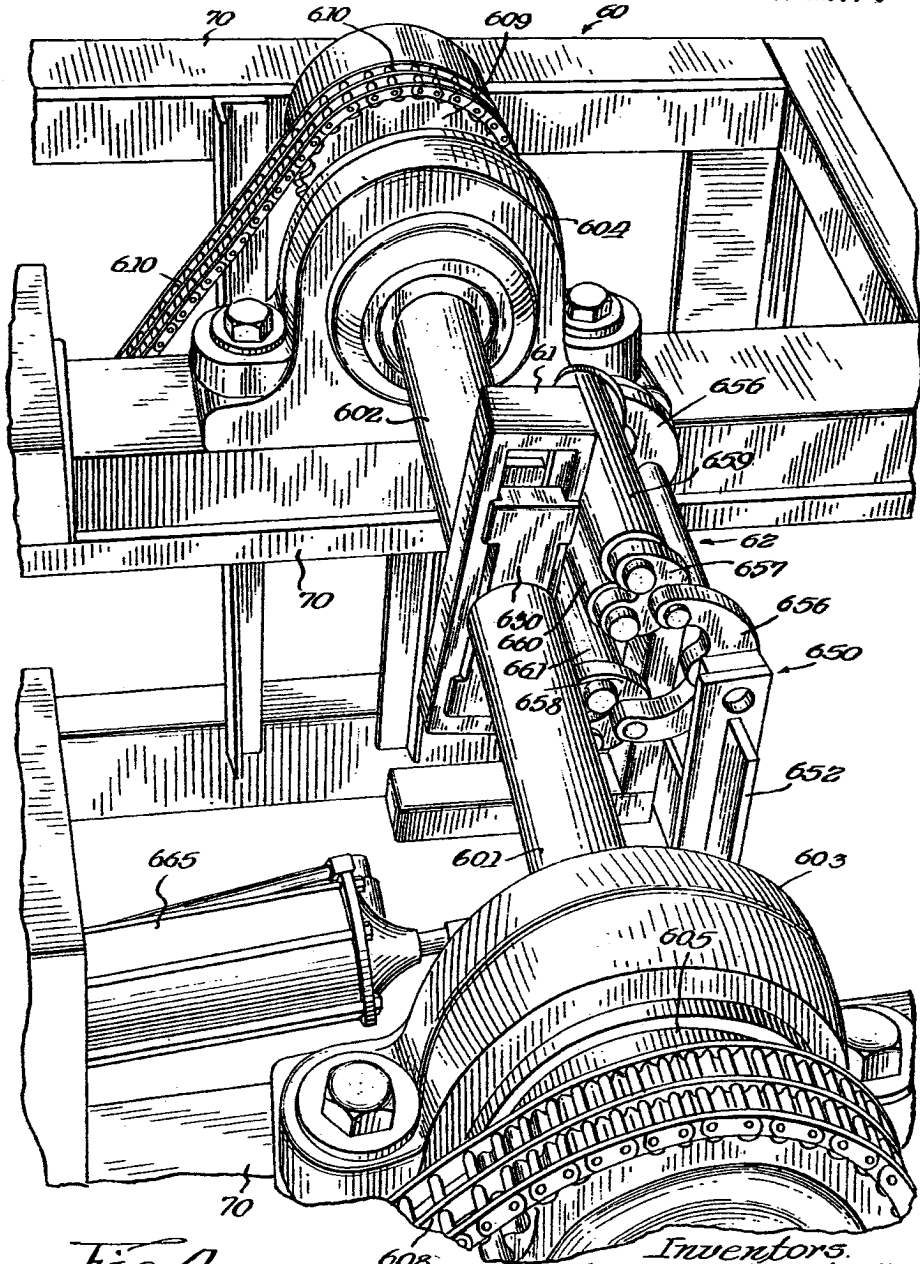


Fig. 4

Inventors.  
H. Clifford Westcott, &  
Richard M. Ryde.  
By: Bryon, Hunt, Green, & Clement.  
Attys.



Dec. 22, 1964

H. C. WESTCOTT ETAL

3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets-Sheet 4

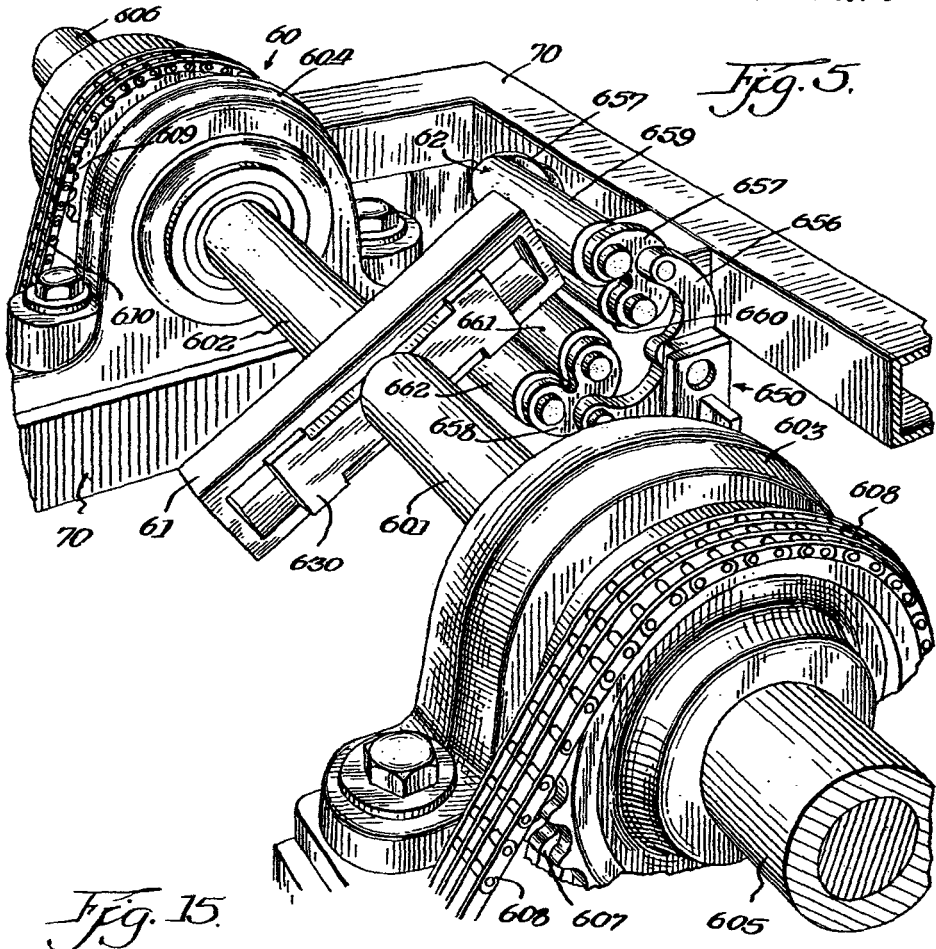


Fig. 15.

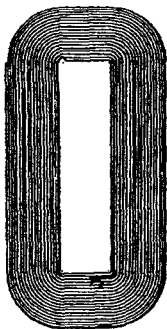


Fig. 16.

Inventors:  
H. Clifford Westcott &  
Richard M. Ryde

By Byron, Hume, Green & Clement.

Attys.

Dec. 22, 1964

H. C. WESTCOTT ETAL

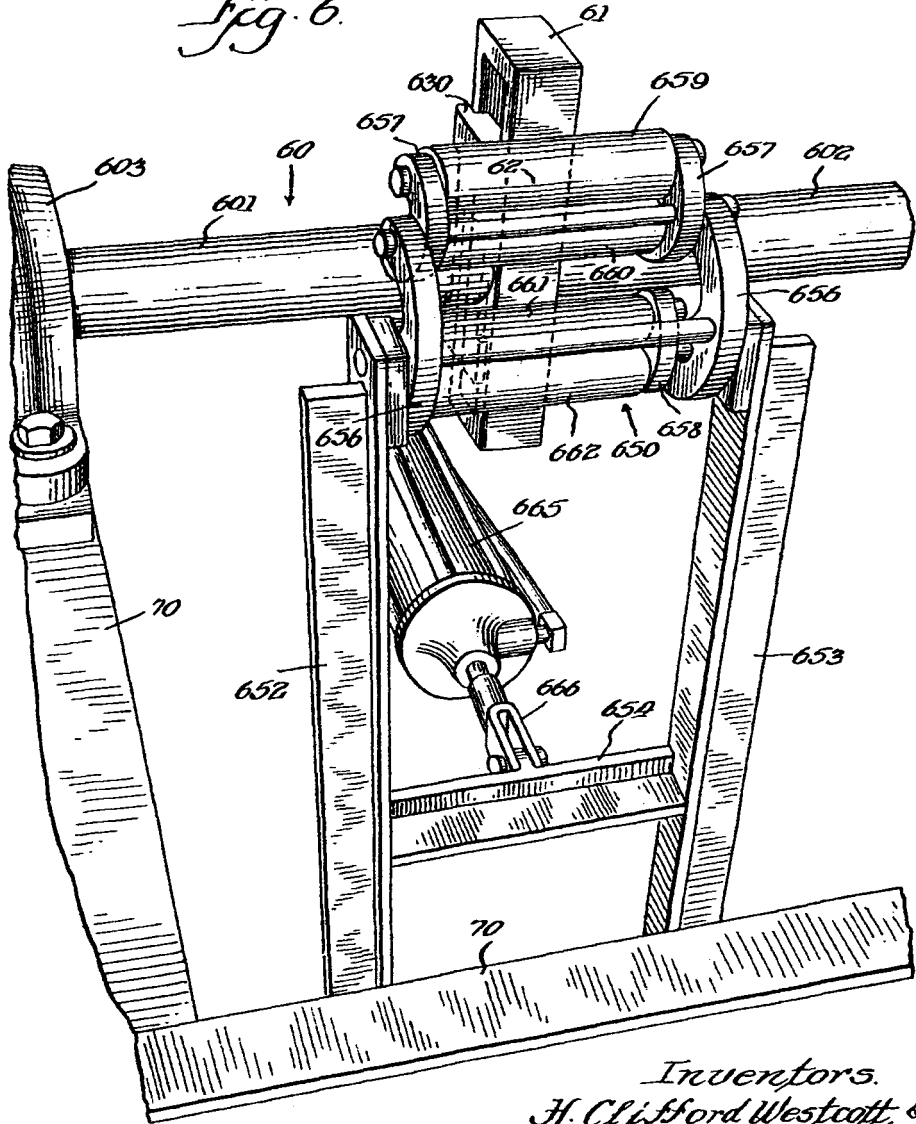
3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets-Sheet 5

*Fig. 6.*



*Inventors.*  
*H. Clifford Westcott, &*  
*Richard M. Ryde.*

*By Byron, Hunt, Groen, & Clement.*

*Attys.*

Dec. 22, 1964

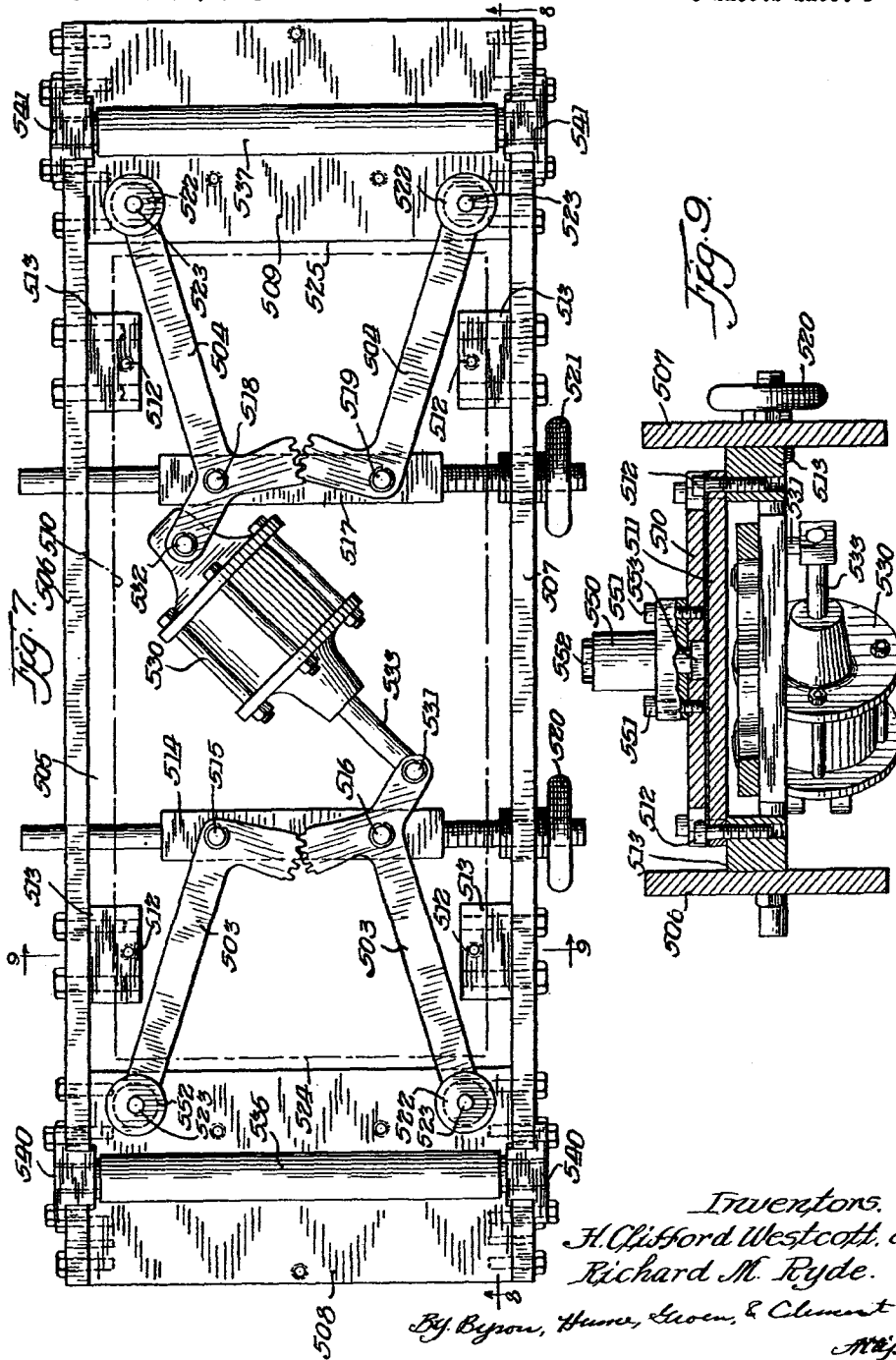
H. C. WESTCOTT ETAL

3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets—Sheet 6



Inventors.  
H. Clifford Westcott, &  
Richard M. Ryde.

By Beynon, Hume, Groen, & Clement  
Attys.

Dec. 22, 1964

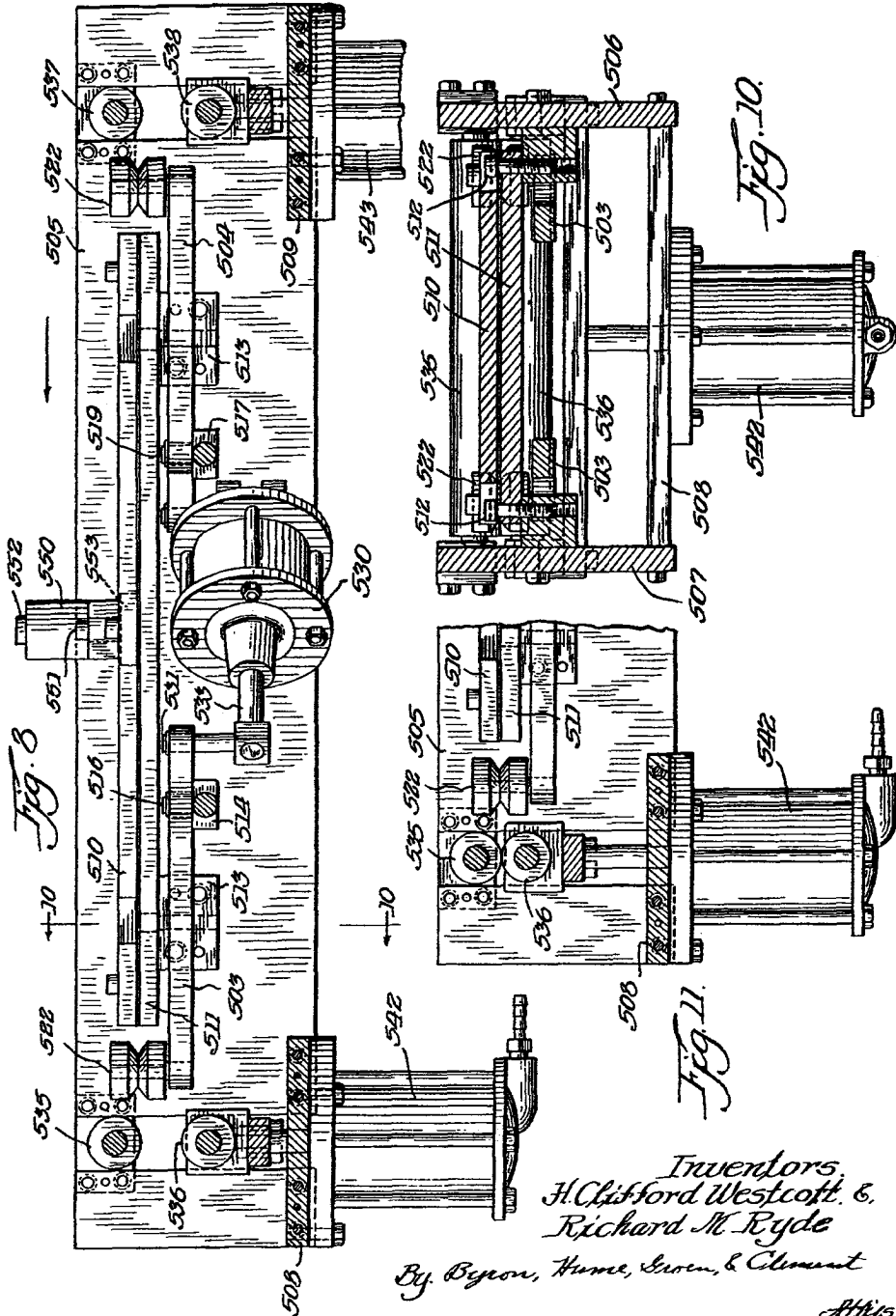
H. C. WESTCOTT ET AL

3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets-Sheet 7



Inventors  
H. Clifford Westcott, &  
Richard M. Ryde

By Byron, Hume, Green, & Clement

Attys.

Dec. 22, 1964

H. C. WESTCOTT ET AL

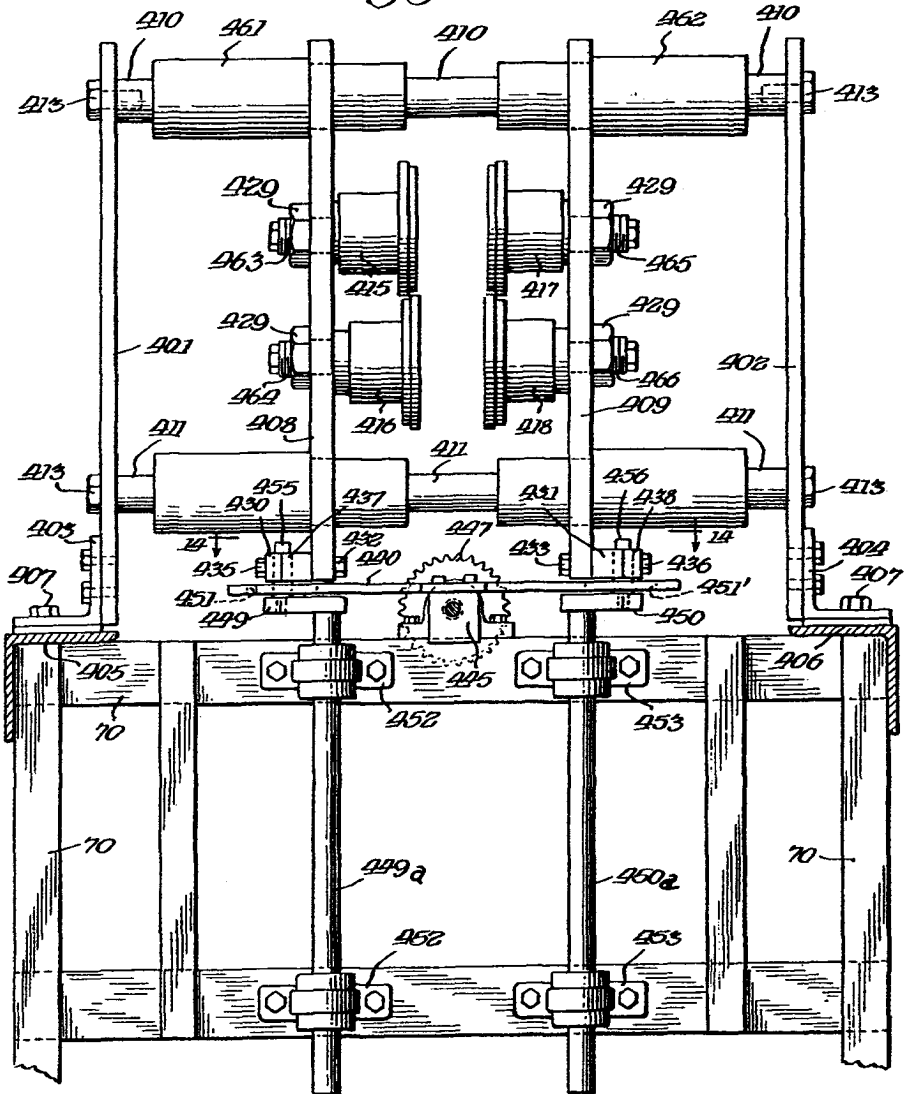
3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets-Sheet 8

Fig. 12.



Inventors.  
H. Clifford Westcott, &  
Richard M. Ryde.  
By: Byron, Hume, Green, & Clement.  
Attys.

Dec. 22, 1964

H. C. WESTCOTT ETAL

3,162,391

CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Filed Jan. 25, 1961

9 Sheets—Sheet 9

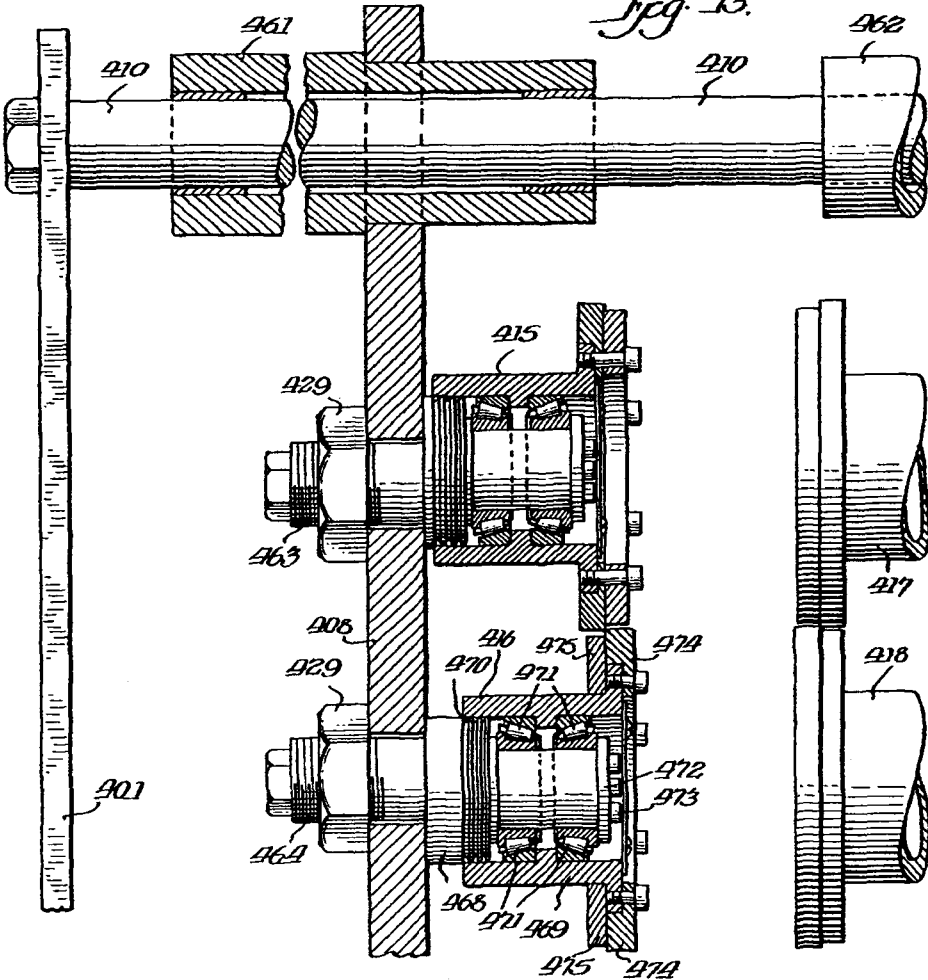


Fig. 13.

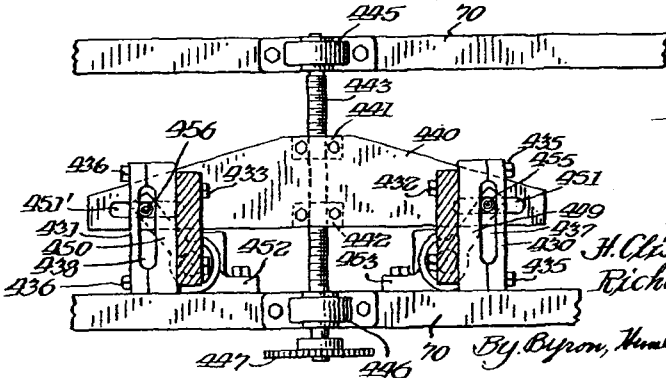


Fig. 14

Inventors.  
 H. Clifford Westcott &  
 Richard M. Ryde.

By Byron, Hunt, Groen, & Clement.  
 Attys.

1

3,162,391

## CORE WINDING MACHINE AND METHOD

Horace Clifford Westcott, Lemont, and Richard M. Ryde, Oak Park, Ill., assignors to Hubbard and Company, Chicago, Ill., a corporation of Pennsylvania  
Filed Jan. 25, 1961, Ser. No. 84,805  
6 Claims. (Cl. 242—56.2)

This invention relates in general to a magnetic core circuit for a transformer or the like and in particular to a machine for automatically forming the magnetic core circuit.

In the co-pending application entitled Transformer Core Construction, filed on March 13, 1961, bearing the Serial No. 95,056 and assigned to the same assignee as the present invention, there has been taught how to provide a new and improved magnetic core circuit and said application should be consulted for the details of the disclosure. Inasmuch as core circuits of the type disclosed in the aforementioned co-pending application will find a great demand in the transformer field, it is very important that the cost of producing such magnetic core circuits be kept to a minimum and such is the object of this invention.

Briefly, in the invention a magnetic core circuit of a predetermined configuration is assembled by the machine from a continuous insulated strip of magnetic core material. The continuous strip of magnetic core material is evenly guided through the machine and while moving is cut in a predetermined manner and wound tightly on a provided core form.

More specifically, in the illustrated embodiment of the invention, means are provided in the machine: to position a reel of magnetic core material; to automatically unwind the reel of magnetic core material and pass it through the machine; to guide the magnetic core material as it passes through the machine; to cut the magnetic core material as it passes through the machine in accordance with a predetermined program designed to enable a predetermined magnetic core circuit configuration to be wound on a magnetic core form; to further guide and center the cut core material as it continues through the machine; to wind the cut magnetic core material on a core form; and to insure that the cut magnetic core material is wound tightly on the core form.

The teachings of the invention will be more fully understood if the following is viewed in light of the drawings of which:

FIG. 1 is a plan view of a magnetic core winding machine embodying the features of the invention.

FIG. 2 is a side elevational view of the embodiment of the invention illustrated in FIG. 1.

FIG. 3 is an elevational view taken along the line 3—3 in FIG. 1.

FIG. 4 is a perspective view illustrating that portion of the machine illustrated in FIG. 1 at which the magnetic core circuit is wound on a magnetic core form.

FIG. 5 is a perspective view similar to that of FIG. 4 with the exception that the core form is rotated.

FIG. 6 is a perspective view illustrating the portion of the machine illustrated in FIG. 1 at which the magnetic core circuit is wound on a magnetic core form and more specifically illustrating the drive means through which the magnetic core circuit is tightly wound on the provided magnetic core.

FIG. 7 is a partly cut-away plan view illustrating the guide mechanism embodying the features of the invention that insures that a properly orientated magnetic core circuit is wound upon the provided magnetic core form.

FIG. 8 is an elevational view taken along the line 8—8 in FIG. 7.

2

FIG. 9 is an elevational view taken along the line 9—9 in FIG. 7.

FIG. 10 is a fragmentary elevational view taken along the line 10—10 in FIG. 8.

FIG. 11 is a fragmentary elevational view of the embodiment of the invention illustrated in FIG. 7.

FIG. 12 is an elevational view taken along the line 12—12 in FIG. 1.

FIG. 13 is an enlarged and cross-sectional fragmentary view of a portion of the machine illustrated in FIG. 12.

FIG. 14 is a plan view taken along the line 14—14 in FIG. 12.

FIG. 15 is a plan view of a particular magnetic core configuration which may be wound by the core winding machine illustrated in the drawings and embodying the features of the invention.

FIG. 16 is a cross-sectional view taken through the core illustrated in FIG. 15.

Referring now to the drawings and particularly to FIGS. 1 and 2, there is illustrated a machine embodying the features of the invention. Moving from right to left, as seen in FIGS. 1 and 2, there is illustrated the reel assembly 20, the edge guide assembly 30, the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40, the cut magnetic core guide assembly 50 and the winder assembly 60. The component parts in the machine are all mounted on a frame 70 comprised of appropriately welded or otherwise secured channel members. Drive means (not shown) are provided for all the appropriate component parts of the machine and the prime mover of the drive means is preferably an electric motor (not shown). The details of the drive means are not illustrated in the drawings inasmuch as the particular means utilized (but not shown) to provide the necessary drive means is not considered a part of the invention and can be supplied by anyone skilled in the art. Several air operated cylinders are utilized in the embodiment of the invention illustrated in the drawings as will be seen and these air operated cylinders may be purchased on the open market and the details do not involve any of the inventive concepts of this invention. Further control valves for these cylinders are also not shown, but here again these valves can be purchased on the open market and no inventive skill is required to properly position and connect these valves and such is left to the ordinary skilled mechanic.

A reel of core material 22 comprised of a continuous strip of insulated magnetic core material is mounted on the reel assembly 20 and the leading edge of the magnetic core material is threaded through the initial edge guide assembly 30. A trough 32 is provided in the edge guide assembly 30 and the trough 32 has dimensions slightly exceeding the normal width dimensions of the continuous strip of insulated magnetic core material and thus acts to guide the continuous strip of magnetic core material into the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40. The reel unwind mechanism comprises a pair of pinch drive rollers 42. The plurality of pinch drive rollers 42 engage the continuous strip of magnetic material and unwind the continuous strip of magnetic material from the reel 22 and pull the strip of magnetic core material through the trough 32 in the edge guide assembly 30 and into the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 through the input guide rollers 43. After the machine is set up and as will be seen, input guide rollers 43 do not actively unwind the reel 22 of magnetic core material, but act generally as guide rollers. The lower pinch drive roller 42, as viewed in FIGURE 2, is pivoted and moved into a cooperating relationship with the upper pinch roller

42, as viewed in FIGURE 2, by means of the air cylinders 44.

The continuous strip of magnetic core material is pulled through the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 and two pairs of co-operating rotary cutters 415, 416 and 417, 418 are positioned on opposite sides of the strip of magnetic core material. The cooperating pairs of rotary cutters 415, 416 and 417, 418 positioned on opposite sides of the strip of magnetic core material are cammed so as to follow a predetermined pattern and can move towards one another or away from one another, respectively, in accordance with a predetermined pattern as will be more fully seen hereinafter.

The continuous strip of magnetic core material moves from the reel 22 through the edge guide assembly 30 and through the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 at a regular constant speed and as determined by the speed of rotation of the pinch drive rollers 42. Therefore, the strip of magnetic core material moves and is pushed out of the assembly 40 at a constant speed. However, the particular core wound in the illustrated embodiment of the invention is substantially rectangular in plan and it is easily understood that the winding of a strip of material on a rectangular form will not provide a regular constant speed to the peripheral movement of the strip of material.

If, for example, the winder assembly 60 were pulling the strip of magnetic core material through the entire machine, then the strip of magnetic core material would move through the machine in a staccato-type fashion and this would result in backlash, improper shearing, and the like. The pinch drive rollers 42 pull the strip of core material from the reel 22 through the edge guide assembly 30 and the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 and pushes the strip of core material out the other side as illustrated in FIG. 2 and a sufficient quantity of magnetic core material is allowed to accumulate in a loop 51 so as to adjust for the winding of the magnetic core material on the core form 61 in the winder assembly 60. The magnetic core material in the illustrated embodiment of the invention is cut on both edges in a predetermined manner, and therefore in order to insure that the magnetic core circuit will be properly wound on the core form 61 in the winder assembly 60, a cut magnetic core guide assembly 50 is provided.

The cut magnetic core guide assembly 50 centers the strip of magnetic core material before the magnetic core material is wound on the core form 61 positioned in the winder assembly 60. The leading edge of the strip of magnetic core material is secured to the core form 61 in any convenient manner and the drive means of the core forming machine is then energized. In response to the energization of the drive means (not shown) the core form 61 rotates and begins to wind a magnetic core circuit upon itself. The winder assembly 60 is also provided with an air actuated magnetic core wrap assembly 650. The magnetic core wrap assembly 650 exerts a constant pressure on the outer layer of the magnetic core circuit being wound on the core form 61 and is particularly adapted to also tightly wind the magnetic core material around the substantially square corners of the core form 61.

The machine can be better understood if some detail is given to the various assemblies comprising the machine.

#### *Winder Mechanism 60*

The function of the winder mechanism 60 is to readily position a provided core form around which a magnetic core circuit is wound; to tightly wind the continuous strip of core material around the provided core form and to enable the finished magnetic core circuit to be readily removed from the winder mechanism 60.

Referring now in detail to FIGS. 3 through 6, it can

be seen that the winder mechanism 60 is mounted on the frame 70 and the winder mechanism 60 comprises a pair of rotatable and laterally shiftable core positioning shafts 601 and 602, respectively. The core form positioning shafts 601 and 602 extend through the fixed housings 603 and 604 respectively, into the driven rotatable bearing housings 605 and 606 respectively. The bearing housings 605 and 606 are keyed to the core form positioning shafts 601 and 602 so as to be rotatable in unison with the core form positioning shafts 601 and 602 and the bearing housings 605 and 606 are driven by a sprocket and chain arrangement (the details of which are not fully shown). The bearing housing 605 is driven by the sprocket, chain arrangement 607 and 608 and the bearing housing 606 is driven by the sprocket, chain arrangement 609 and 610, respectively. The bearing housings 605 and 606 are so connected to the core form positioning shafts 601 and 602 that the bearing housings 605 and 606 rotate in unison with the positioning shafts 601 and 602 respectively. However, the core form positioning shafts 601 and 602 may move inwardly and outwardly relative to the bearing housings 605 and 606 respectively. The above may be readily accomplished by providing a longitudinal slot in the positioning shafts 601 and 602 and by positioning a key element in the bearing housings 605 and 606, thereby allowing the positioning shafts 601 and 602 to move inwardly and outwardly with respect to the bearing housings 605 and 606 and to rotate in unison with respect to the bearing housings 605 and 606.

The core form positioning shafts 602 and 602 may move in or out—that is, towards one another or away from one another, in response to the movement of the pressure-actuated arms 611 and 612, respectively. The pressure-actuated arms 611 and 612 may be formed integrally on the core positioning shafts 601 and 602. The inward or outward movement of the pressure-actuated arms 611 and 612 causes the inward or outward movement of the core form positioning arms 601 and 602 respectively. The pressure-actuated arm 611 is moved inwardly and outwardly in response to the positioning of the actuating arm 613. The actuating arm 613 is pivoted at 614 on the pivot arm 615. The pivot arm 615 is pivoted on the frame structure 70 about the pin 616 so as to permit the pressure-actuated arm 611 to move inwardly and outwardly within the bearing housing 605. The actuating arm 613 is moved responsive to the position of the pressure cylinder arm 619 of the pressure-actuated cylinder 618. The pressure cylinder arm 619 is secured to the activating arm 613 at the pin 620. Movement of the pressure cylinder arm 619 inwardly or outwardly will cause a resultant movement of the pressure-actuated arm 611 and consequently the core positioning shaft 601 inwardly or outwardly within the bearing housing 605.

Similarly, the pressure-actuated arm 612 is moved inwardly and outwardly in response to the movement of the actuating arm 621. The actuating arm 621 is pivoted at 622 on the pivot arm 623. The pivot arm 623 is pivoted on the frame structure 70 about the pin 624 so as to permit the pressure-actuated arm 612 to move inwardly and outwardly within the bearing housing 606. The actuating arm 621 is moved responsive to the activation of the pressure cylinder 625. The pressure cylinder 625 is suitably affixed to the frame 70 and is provided with a pressure cylinder arm 626. The pressure cylinder arm 626 is pivotally attached to the activating arm 621 about pin 627. The movement of the pressure cylinder arm 626 causes the inward or outward movement of the pressure-actuated arm 612 thereby determining the position of the core form positioning shaft 602.

Initially the core form positioning shafts 601 and 602 are in an open position as illustrated in FIGURE 3. A core form is selected and the core form positioning shafts 601 and 602 are moved inwardly or towards one another by actuating the air pressure cylinder 618 and 625, respectively. A stop ring (not shown) is mounted within the



bearing housing 606 and the stop ring (not shown) serves to limit the inward movement of the core positioning shaft 602 to thereby aid in the centering of the core form 61. The activating mechanism associated with the air pressure cylinder 625 is so designed to exert a force on the core positioning shaft 602 which exceeds the force exerted on the core positioning shaft 601 by the activating mechanism associated with the air pressure cylinder 618, thereby insuring the centering of the core form 61 by the stop ring (not shown) mounted within the bearing housing 606. In the illustrated embodiment of the invention, the core positioning shaft 601 is provided with a substantially rectangular end piece 630 adapted to fit flush against the core form 61. The core positioning shaft 602 is provided with a somewhat I-shaped end 631, adapted to fit in and to secure the core form 61 tightly in place as is clearly evident in the drawings and especially FIGURES 4 and 5.

The core form 61 illustrated in the drawings is rectangular in configuration and, therefore, it can be appreciated that ordinarily it would be very difficult to tightly wind a continuous strip of magnetic core material on the core form 61 because of the non-regular motion of the rectangular core form 61 as it rotates and also because of the presence of corners on the core form 61.

In order to tightly wrap the magnetic core circuit on the core form 61, the magnetic core wrap assembly 650 is provided. The magnetic core wrap assembly 650 is pivotally attached to the frame 70 as at 651, and the magnetic core wrap assembly 650 comprises a pair of longitudinal frame elements 652 and 653 interconnected by a pair of cross beams 654 and 655. The longitudinal frame elements are pivotally attached to the frame 70 at 651 and in any convenient manner. The upper end of the magnetic core wrap assembly 650 as viewed in the drawings has pivotally attached thereto a pair of substantially U-shaped secondary wrapping brackets 656. Positioned at the outer ends of the substantially U-shaped secondary wrapping bracket 656 are a pair of substantially U-shaped primary wrapping brackets 657 and a pair of substantially U-shaped primary wrapping brackets 658. Pivotally attached to each leg of each pair of substantially U-shaped primary wrapping brackets 657 and 658 are a pair of wrapping rollers bearing the designations 659, 660, 661 and 662, respectively. The magnetic core wrap assembly 650 is pivoted about the frame 70 at 651 by an air pressure cylinder 665 having extended therefrom a piston arm 666. The piston arm 666 is pivotally attached to the cross beam 654 as clearly indicated in FIGURE 6. The air pressure cylinder 665 is in turn mounted to the frame 70 in any convenient manner. The air pressure cylinder is so designed (the design not being a part of the invention) that a predetermined force is exerted on the cross beam 654 by the piston arm 666 of the air cylinder 665. This force exerted by the piston arm 666 tends to pivot the magnetic core wrap assembly 650 in a counter-clockwise direction as viewed in FIGS. 4 and 5.

The force exerted on the core wrap assembly 60 rotates the wrapping rollers 659, 660, 661 and 662 respectively as far in a counter-clockwise direction, as viewed in FIGS. 4 and 5, as possible. After the core form 61 has been positioned by the core positioning shafts 601 and 602 and air pressure cylinder 655 energized, the wrapping rollers 659, 660, 661 and 662 respectively, will press against the core form 61 and in such a way that each wrapping roller will tend to move counter-clockwise as far as possible and will thus exert a pressure on the core form 61 over a substantial area of the core form 61. The wrapping rollers 659, 660, 661 and 662 will therefore follow the surface of the core form 61 and due to the pressure exerted by the air pressure cylinder 665, will tightly adhere to the surface of the core form 61. The wrapping rollers will follow the contour of the core form 61 even around the edges of the core form 61 as

can be clearly seen in FIG. 5. When the magnetic core circuit is being wrapped on core form 61, it can be seen that the wrapping rollers 659, 660, 661 and 662 respectively will exert a force over a substantial surface of the magnetic circuit and will insure that the magnetic core circuit being wrapped on the core form 61 will tightly adhere to the core form 61 and subsequent wrappings will tightly adhere to one another even in those areas wherein the magnetic circuit turns a corner.

#### 10 *Reel Unwind Mechanism and Magnetic Core Strip Material Cutting Assembly 40*

The general functions of the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 are to unwind the reel 22 and to continuously cut the strip of magnetic core material passing therethrough in accordance with a predetermined pattern. In the illustrated embodiment of the invention the magnetic core material passing through the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 is cut in a manner so as to produce a magnetic core circuit of a substantially semi-circular configuration. FIGURE 15 schematically illustrates a plan view of one type of magnetic core circuit which may be wound by use of the machine embodying the features of the invention. FIG. 16 illustrates the cross section of the type of magnetic core circuit illustrated in FIG. 15. It can be seen that the cross section is not entirely semi-circular inasmuch as there is a flattened inner end.

It should be realized at this time that the invention is not limited to the forming of magnetic circuits of the type illustrated in FIGS. 15 and 16 and that any reasonable pattern may be cut in the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 although my aforementioned co-pending application has taught that the magnetic core circuit illustrated in FIGS. 15 and 16 has significant merit.

Referring to FIGS. 1 and 2, the reel unwind mechanism comprises a pair of pinch rollers 42 one of which is rigidly attached to a frame element 421 of the frame assembly 70. The other pinch roller 42 is pivotally attached to the frame assembly 70 and is pivotable into and out of operating position under the control of the pair of air pressure cylinders 44. The pair of pinch rollers 42 are driven by driving means (not shown) and merely serve the function of pulling the continuous strip of magnetic core material through the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 at a constant and predetermined rate. It is believed that the ultimate details of the reel unwind mechanism may be supplied by any one skilled in the art and the mere statement of function would be sufficient to enable one skilled in the art to provide an operative reel unwind mechanism suitable for operation in the machine embodying the features of the invention.

The pinch rollers 43 illustrated in the drawings may perform the same function as the pinch rollers 42, however, in the disclosed embodiment of the invention it was found that the pinch rollers 43 need not be driving elements and they merely serve as guide rollers except when the continuous strip of magnetic core material is initially forced through the magnetic core strip material cutting assembly as will be more apparent later.

The magnetic core strip material cutting assembly is illustrated in FIGS. 1, 2, 12, 13 and 14 and the general function thereof is to cut a continuous strip of magnetic core circuit material in a predetermined pattern.

In the embodiment of the invention illustrated in the drawings, a pair of cooperating cutting edges are positioned on each side of the continuous strip of magnetic circuit core material and the continuous strip of magnetic circuit core material is pulled through the cooperating cutting edges. Further, the pair of cooperating cutting edges positioned on each side of the continuous strip of magnetic circuit core material are adapted to move inwardly and outwardly, that is, towards one another or

away from one another and therefore must be properly programmed to provide the desired over-all configuration for the finished magnetic core circuit.

The magnetic core strip material cutting assembly comprises a pair of frustum-shaped supporting brackets 401 and 402 secured to the frame 70 by any convenient means such as the mounting brackets 403, 404, 405 and 406 and a plurality of machine bolts 407. A pair of slidable frame members 408 and 409 are slidably mounted on a pair of parallel spaced shafts 410 and 411. The shafts 410 and 411 are rigidly fixed to the supporting brackets 401 and 402 by a plurality of machine bolts 413. Rigidly and removably affixed to each of the slidable frame members 408 and 409 are two pairs of cooperating cutters 415, 416 and 417, 418, respectively. The cutters 415, 416, 417 and 418 are removably secured to the slidable frame members 408 and 409 by a plurality of machine nuts 429. Each machine nut 429 is affixed to a threaded portion provided on the main shaft of each of the cutters 415, 416, 417 and 418, respectively.

The slidably mounted frame members 408 and 409, carrying the cooperating cutters 415, 416 and 417, 418, respectively, are each secured to the slotted drive block members 430 and 431 respectively. The slotted drive block members 430 and 431 are secured to the slidable frame members 408 and 409 by a pair of machine bolts 432 and 433, respectively. The slotted drive block members 430 and 431 are formed of two split halves each secured to the other by a pair of machine bolts 435 and 436 respectively thereby forming the two drive slots 437 and 438.

Positioned immediately below the slotted drive blocks 430 and 431 as viewed in the drawings is the program drive plate 440. The program drive plate 440 is somewhat wing shaped and is provided with a pair of drive slots 451 and 451' and a pair of internally threaded attachments 441 and 442. The program drive plate 440 is mounted on a threaded drive screw 443 and is moved back and forth on the threaded drive screw 443 when the threaded drive screw 443 is rotated. A pair of bearing housings 445 and 446 are secured to the frame structure 70 by a plurality of machine bolts and the threaded drive screw 443 is arranged so as to be freely rotatable within the bearing housing 445 and 446. Attached to one end of the threaded drive screw 443 is the rotatable drive sprocket 447 which is in turn driven by the central or main drive means (not shown) of the machine.

The drive sprocket 447 is coupled to the drive means (not shown) rotating the core positioning shafts 601 and 602 and the rotation of the drive sprocket 447 bears a direct relationship to the rotation of the core form 61. The pitch of the threaded drive screw 443 and the threaded portions 441 and 442 of the program drive plate 440 and the rotational speed of the drive means 447 are so arranged that the program drive plate 440 moves a distance equal to the thickness of the strip of magnetic core material for each revolution of the core form 61.

Positioned immediately below the program drive plate 440 as shown in the drawings, are a pair of pivotable cutter drive arms 449 and 450 mounted to shafts 449a and 450a, respectively. The shafts 449a and 450a are mounted to the frame structure 70 through the bearing brackets 452 and 453, respectively, best illustrated in FIG. 12 of the drawings.

Rigidly attached to the pivotable drive arms 449 and 450 at the upper end thereof as viewed in the drawings are the program drive pins 455 and 456, respectively. The program drive pins 455 and 456 extend up through the drive slots 451 and 451' positioned in the program drive plate 440 and through the slots 437 and 438 positioned within the slotted drive blocks 430 and 431, respectively, as can be best seen in FIGS. 12 and 14.

An air cylinder (not shown) is coupled through levers and arms (not shown) to the bottom, as viewed in the drawings, of the pivotable drive arms 449 and 450 and

applies a positive biasing force to the pivotable drive arms 449 and 450 to help overcome the initial or starting friction encountered by the pivotable drive arms 449 and 450. This force is adjusted such that initial movement of the pivotable drive arms 449 and 450 does not occur due to this force and only aids in and does not cause the initial movement of the pivotable drive arms 449 and 450. Thereafter the air cylinder (not shown) aids in but does not control the movement of the pivotable drive arms 449 and 450 and the movement of the pivotable drive arms 449 and 450 is controlled by the movement of the program drive plate 440.

The magnetic core strip material cutting assembly is programmed in the illustrated embodiment of the invention to cut the strip of magnetic core material passing therethrough such that a magnetic core circuit will be wound on the core form 61 of a substantially semi-circular cross section. This is accomplished by coupling the drive gear 447 of the magnetic core strip material cutting assembly to the drive means of the core winder (not shown) such that the drive gear 447 causes the program drive plate 440 to move a distance equal to the thickness of the magnetic circuit core material for each complete revolution of the core form 61. Assume that the program drive plate 440 is driven in a downward direction as viewed in FIG. 14 or into the paper as viewed in FIG. 12 as the core form 61 rotates in the machine. The movement of the program drive plate 440 causes the program drive pins 455 and 456 attached to the pivotable cutter drive arms 449 and 450 respectively to move in the slots 451 and 451' of the program drive plate 440 and the slots 437 and 438 of the drive blocks 430 and 431, respectively, to thereby cause the slidable frames 408 and 409 to move away from one another. The distance that the slidable frames 408 and 409 move away from each other is determined by the movement of the program drive plate 440 and the length of the pivotable cutter drive arms 449 and 450. Therefore, inasmuch as the distance that the program drive plate 440 moves in one revolution of the core form 61 is known (equal to the thickness of the magnetic core material) in the embodiment of the invention illustrated in the drawings, it is relatively simple to determine the desirable length of the pivotable cutter drive arms 449 and 450 and this length should be equal to the desired radius of the magnetic core circuit to be formed by the machine. Therefore, the width of the leading edge of the continuous strip of magnetic core material can be easily compensated for by the proper initial angular setting of the pivotable cutter drive arms 449 and 450. It should be understood that various rotary cutter programming can be adapted for the machine without departing from the inventive scope of the invention. What has been shown is the rotary cutter programming designed to provide a wound magnetic core circuit of a substantially semi-circular cross-section.

FIGURE 13 is a more detailed view of the slidable frame 408 and its associated pair of cooperating cutters 415 and 416. An integrally formed sleeve member 461 is securely attached to the slidable frame 408 and an integrally formed sleeve member 462 is secured to the slidable frame member 409. The rotary cutters 415, 416, 417 and 418 are mounted eccentric to their main shafts 463, 464, 465 and 466 respectively so that the rotary cutters can be readily resharpened and then the clearance re-established inasmuch as the diameters of the knife blades such as knife blade 474 of the rotary cutter 416 is decreased by sharpening.

The rotary cutter 416, for example, comprises a partially threaded main shaft 464 rigidly mounted to the slidable frame 408 by a machine bolt 429, an inner blade housing 468 rigidly attached to the main shaft 464 and thereby also secured from relative movement with respect to the slidable frame 408 by the machine bolt 429, and an outer blade housing 469 adapted to revolve around the inner housing 468. The inner blade housing 468 is pro-

vided with a plurality of oil retaining ridges 470. The outer blade housing 469 rotates about the inner blade housing 468 on a plurality of pressed-in roller bearings 471. The inner blade housing 468 is secured in a rotatable position with respect to the outer blade housing 469 by means of the inner blade housing end plate 472. The inner blade housing end plate 472 is secured to the inner blade housing 468 by a plurality of machine screws 473. The outer blade housing 469 includes the rotary knife 474 and the rotary knife stripper 475. The rotary cutter 418 is a twin of the rotary cutter 416 and the rotary cutters 415 and 417 are similar to the rotary cutter 416 with the exceptions that the rotary knives of the rotary cutters 415 and 417 are positioned on the inside, that is, closer to the slidable frames 408 and 409 than are the rotary cutters 416 and 418 and also the inner blade housings of the rotary cutters 415 and 417 are shorter than those of the rotary cutters 416 and 418 in order to properly position the cooperating rotary blades of the cooperating rotary cutters 415, 416 and 417, 418.

#### *The Cut Magnetic Core Guide Assembly 50*

FIGURE 1, 2 and 7 through 11 illustrate the cut magnetic core guide assembly 50. After the continuous strip of core material is cut in and pushed out of the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40, the cut strip of magnetic core material is wound on the core form 61 in a manner as previously described. The scrap from the continuous strip of magnetic core material is then fed to a scrap chopper (not shown) or otherwise disposed. It is apparent that if a magnetic core circuit is to be wound into any predetermined configuration, that the orientation of the core material as it is wound on the core form 61 is very important. In other words, the strip of magnetic core material is not allowed to wander and this is essential when a magnetic core circuit of a substantially semi-circular configuration is desired to be wound on the core form 61. Any meandering or wandering of the strip of magnetic core material between the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 and the winder assembly 60 will result in a distortion of the cross-section of the finished magnetic core circuit.

Inasmuch as the cutting of the continuous strip of magnetic core material occurs on both edges of the magnetic core material, difficulty is found in properly aligning the cut magnetic core material. Therefore, there has been provided a cut magnetic core guide assembly 50 which insures the proper alignment and centering of the strip of cut magnetic core material.

First, however, it should be pointed out that the machine is in no way limited to the provision of magnetic core circuit which is wound from a cut continuous core of magnetic material wherein the cutting of the continuous core of magnetic material occurs along both edges of the magnetic core material.

More specifically, the cut magnetic core guide assembly 50 is attached to the frame structure 70 by a pair of substantially L-shaped brackets 501 and 502, as best seen in FIGS. 1 and 2. The continuous strip of magnetic core material is passed through the guide assembly 50 and the guide assembly 50 maintains the cut magnetic core material centered about a predetermined adjustable center line within the cut magnetic core guide assembly 50 itself.

The cut magnetic core guide assembly 50 comprises a guide assembly frame 505 comprising side plates 506 and 507. Fastened to the side plates 506 and 507 are a pair of mounting plates 508 and 509, each secured at one end of the side plates 506 and 507 by a plurality of machine screws. Mounted on the guide assembly frame 505 are a pair of magnetic core strip material restriction plates 510 and 511. The restriction plates 510 and 511 are mounted on the guide assembly frame 505 by a plurality of machine bolts 512. The plurality of ma-

chine bolts 512 are secured to a plurality of restriction plate mounting brackets 513 which are in turn secured to the guide assembly frame 505 by a plurality of machine bolts. The magnetic core strip material restriction plates 510 and 511 are spaced from one another approximately the distance equal to the thickness of the magnetic core strip material.

Affixed to the guide assembly frame 505 are two pair of cooperating ratcheted strip guide arm 503 and 504, respectively, best illustrated in FIG. 7. The pair of cooperating ratcheted strip guide arms 503 are pivotably secured to an adjustable guide arm shaft 514 at the pivot points 515 and 516 respectively. Each of the pair of cooperating ratcheted strip guide arm 504 are pivotably affixed to an adjustable guide arm shaft 517 at the pivot points 518 and 519, respectively. The adjustable guide arm shafts 514 and 517 are positioned below the restriction plates 510 and 511 as can be clearly seen in the drawings and particularly FIGS. 7 through 11. The adjustable guide arm shafts 514 and 517 are mounted to the guide assembly frame 505 in any convenient manner and the adjustable guide arm shafts 514 and 517 are threaded through their length and threaded apertures are provided in the side plates 506 and 507 in order that the adjustable guide shafts 514 and 517 may be moved back and forth across the width or narrower portion of the cut magnetic core guide assembly 50. A pair of adjustment wheels 520 and 521 are provided for the adjustable guide arm shafts 514 and 517 to manually adjust the position of the adjustable guide arm shafts 514 and 517. Each of the ratcheted strip guide arms 503 and 504 are provided with a strip guide roller 522 positioned at the ends of the ratcheted strip guide arms 503 and 504. The strip guide rollers 522 are pivotably secured to the guide arms 503 and 504 by a plurality of fixed rivet pins 523. As can be seen the ratcheted strip guide arms 503 and 504 extend past the front end 524 and rear end 525 of the magnetic core strip material restriction plates 510 and 511 and this is best illustrated in FIGS. 7 and 8. The pair of cooperating ratcheted strip guide arms 503 and 504 are so arranged as to be movable towards one another or away from one another so as to center the continuous strip of magnetic core material being transmitted through the cut magnetic core guide assembly 50. The cooperating ratcheted strip guide arm 503 and 504 are connected to an air cylinder 530. The pair of ratcheted strip guide arms 503 are pivotably attached to the air cylinder 530 at the pivot point 531. The pair of ratcheted strip guide arms 504 are pivotably attached to the air cylinder 530 at the pivot point 532. The air cylinder 530 is connected to a source of air pressure (not shown) and the piston arm 533 of the air cylinder 530 exerts a predetermined pressure or force on the pair of guide arms 503 through the pivot point 531 and inasmuch as the air cylinder 530 is free to move a force or reaction force is exerted on the pair of guide arm 504 through the pivot points 532. The action of the air cylinder 530 pushes the pair of guide arms 503 toward one another and the pair of guide arms 504 toward one another and this motion continues until a resistive force equal to the force exerted by the air cylinder 530 is encountered and this force will be the resistive force of the edges of the cut strip of magnetic core material being transmitted through the cut magnetic core guide assembly 50.

Also mounted on the guide assembly frame 505 are two pairs of air actuated tension rollers 535, 536 and 537, 538, respectively. The tension rollers 535, 536, 537 and 538 are operable into an open position and a closed position, and when in the closed position serve to help keep the continuous strip of magnetic core material taut as the continuous strip of cut magnetic core material is pulled through the cut magnetic core guide assembly 50 by the winder assembly 60. The tension rollers 535 and 537 are rigidly fixed to the guide assembly frame 505 and are positioned in a pair of bearing housings 540 and 541,

respectively. The tension rollers 536 and 538 are operable from an open position as shown in FIG. 8 to a closed position as shown in FIGS. 10 and 11, and the tension rollers 536 and 538 are moved from the open position to the closed position by a pair of air cylinders 542 and 543, respectively. The air cylinders 542 and 543 are supplied from a source of air pressure (not shown) and may be manually controlled by any suitable control mechanism (not shown).

Positioned on the magnetic core strip material restriction plate 510 is an anti-backlash block assembly comprising the substantially cylindrical anti-backlash air cylinder 550. The anti-backlash air cylinder 550 is rigidly secured to the restriction plate 510 by the machine screws 551. Positioned within the anti-backlash air cylinder 550 is the anti-backlash hard wooden block piston 553. The anti-backlash hard wooden block piston 553 can be adjustably moved downwardly by adjusting the air pressure in contact with the top of the anti-backlash hard wooden block piston 553 by adjusting means (not shown). The anti-backlash wooden block piston 553 is preferably composed of a hard wood, although other materials which would not scratch the insulation off the continuous strip of magnetic core material passing through the restriction plates 510 and 511 can be used.

The purpose of providing the anti-backlash assembly is to apply a drag to the continuous strip of magnetic core material to keep the continuous strip of magnetic core material taut as it passes through the cut magnetic core guide assembly 50 thereby aiding in the tight wrapping of the continuous strip of magnetic material on the core form 61.

#### Reel Assembly 20 and Edge Guide Assembly 30

The reel assembly 20 and the edge guide assembly 30 are comparatively simple in construction. The edge guide assembly 30 consists of a trestle-like structure supported at one end on the frame structure 70 and on the other end by a pair of supporting legs 31. A pair of longitudinally extending angle members 33 are positioned on the edge guide assembly 30 to form a trough 32 through which the continuous strip of magnetic core material is guided. The width dimensions of the trough 32 slightly exceed the width dimension of the continuous strip of magnetic core material and therefore the edges of the continuous strip of magnetic core material are oriented by the channel members 33 forming the trough 32.

The reel assembly 20 comprises a supporting base 21 secured to the main frame structure 70 in any convenient manner. Positioned on the main support 21 is the pair of upright supporting beams 23. The reel 22 of magnetic core material is positioned in provided slots in the pair of upright supporting beams 23 such that the reel 22 of magnetic core material can freely rotate in the supporting beams 23.

#### Operation

Initially, a continuous reel of magnetic core material is mounted in place in the reel assembly 20. The particular configuration and arrangement of the reel assembly 20 is not essential to the practice of the invention, the only requirement being that a continuous strip of magnetic core material be capable of being delivered from the reel assembly 20. The leading edge of the continuous strip of magnetic core material is then delivered to the edge guide assembly 30 wherein it passes through and is guided in the trough 32 of the edge guide assembly 30.

The leading edge of the continuous strip of magnetic core material is then delivered to the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40. The leading edge of the continuous strip of magnetic core material is then threaded between the guide rollers 43. The guide rollers 43 are at this part of the cycle of the machine and only this part of the cycle of the machine operated by the same drive means (not shown) that operate the pinch drive rollers 42 and the guide rollers

43 are here used to force the continuous strip of magnetic core material through the properly spaced rotary cutters 415, 416, 417 and 418 until the cut continuous strip of magnetic core material is gripped by the pinch drive rollers 42. Thereafter the guide rollers 43 are rendered inoperative by means not shown and act only as guide rollers thereafter.

The cutters 415, 416, 417 and 418 best seen in FIGS. 12 and 13 are eccentrically mounted on their respective main shafts 463, 464, 465 and 466 and therefore cooperating pairs of cutters 415, 416 and 417, 418 respectively can be moved away from one another or toward one another by rotating the main shafts 463, 464, 465 and 466 in their associated movable frames 408 and 409, respectively. Thus it becomes relatively simple to reposition the rotary cutters to a precise and predetermined spacing after the rotary cutters have been sharpened. The leading edge of the continuous strip of magnetic core material is driven between the cooperating cutters 415, 416, 417 and 418 respectively by the guide rollers 43 until the leading edge of the strip of magnetic core material is engaged by the pinch drive rollers 42 as previously explained.

The pinch drive rollers 42 have an operative and inoperative position as determined by the energization of the air cylinders 44 and the resultant pivoting of the lower arm adjusting levers illustrated in FIGS. 1 and 2. Therefore, as soon as the leading edge of the strip of magnetic core material is drawn up to the pinch drive rollers 42, the pinch drive rollers are then placed in an operative position by manipulating the air cylinders 44. The drive means (not shown) and which can be any conventional drive means, such as an electric motor prime mover and associated chains and sprockets, is then momentarily energized so that the leading portion of the continuous strip of magnetic core material is pulled through the edge guide assembly 30 and the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 by the action of the pinch drive rollers 42. After a sufficiently long strip of magnetic core material has been pulled through the last mentioned mechanisms to form the loop 51 shown in FIG. 2, the cut continuous strip of magnetic core material is then threaded through the cut magnetic core guide assembly 50 and, finally, secured to the core form 61 in the winder assembly 60 by any convenient means, such as insulating tape or providing a slot therefor in the core form 61, or whatever means is most convenient.

Previous to the securing of the cut continuous strip of magnetic core material to the core form 61, the core form 61 itself is positioned in the winder assembly 60 by first actuating the air cylinders 618 and 625. The actuation of the air cylinders 618 and 625 will move the core positioning shafts 601 and 602 towards one another. The core 61 may be held in the center manually until the core positioning shafts 601 and 602 move to the center and align with one another to securely position the core form 61.

After the leading edge of the magnetic core material has been secured to the core form 61, the air cylinder 530 in the cut magnetic core guide assembly 50 is energized from a source of air pressure (not shown) to thereby move the pair of ratchet strip guide arms 503 towards one another until the strip guide rollers 522 engage the sides of the cut continuous magnetic core material. Movement of the two pairs of ratcheted strip guide arms 503 and 504 will continue until the cut continuous strip of magnetic core material is centered between the pairs of ratcheted strip guide arms 503 and 504, and if necessary one of the ratcheted strip guide arms 503 or 504 will push the edge of the cut continuous strip of magnetic core material over until the entire width of the cut continuous strip of magnetic core material is centered between the pairs of ratcheted strip guide arms 503 and 504.

The position of the pairs of ratcheted strip guide arms 503 and 504 can be adjusted by adjusting the adjustable guide arm shafts 514 and 517 by turning the adjustment

wheels 520 and 521, respectively. Therefore, shades of misalignment between the core form 61 and the cut continuous strip of magnetic core material can be compensated for by use of these adjustable guide arm shafts 514 and 517. After the cut continuous strip of magnetic core material has been properly aligned with the core form 61, the air pistons 542 and 543 operatively associated with the tension rollers 536 and 538 may be energized from the source of air pressure (not shown) and the tension rollers 536 and 538 will move from an open position as shown in FIG. 8 to a closed position as shown in FIGS. 10 and 11. Thereafter, the magnetic core wrap assembly 650 is positioned in an operative position by energizing the air cylinder 665. The air cylinder 665 is energized from a source not shown.

Before the drive means (not shown) of the core forming machine are actuated to automatically form a magnetic core circuit, calculations must be made to determine the programming of the rotary cutters 415, 416, 417 and 418, respectively. In the embodiment of the invention illustrated in the drawings it has been decided to form a magnetic core circuit with a substantially semi-circular cross-section. It can be noticed in FIG. 16 that the cross-section is not absolutely semi-circular, but is somewhat flattened at the inner end. This flattening is a practical compromise inasmuch as the apex of the semi-circle would have zero width and therefore would be impractical to form. Therefore, the inner end of the magnetic core circuit formed by the core forming machine is somewhat flattened. The drive mechanism (not shown) is then adjusted such that for every revolution of the core form 61, the program drive plate 440 will be moved a distance equal to the thickness of the continuous strip of magnetic core material. As was previously explained, the provision of the slots 451 and 451' and in the program drive plate 440 and the slots 438 and 437 in the drive blocks 431 and 430, respectively, enables the slidable frame supports 408 and 409 to move away from one another at such a rate that the end result or the configuration of the magnetic core circuit will be substantially semi-circular and will be of a configuration illustrated in FIGS. 15 and 16.

Means such as the length of core winding indicator 80 schematically illustrated in FIG. 2 may be provided in the machine to automatically stop the machine after a predetermined magnetic core circuit has been wound upon the core form 61 as will be explained later. The pinch drive rollers 42 are activated as previously described to draw the continuous strip of magnetic core material through the edge guide assembly 30, through the guide rollers 43, through the cooperating rotary cutters 415, 416 and 417, 418, respectively, and push the cut core material out of the reel unwind mechanism and magnetic core strip material cutting assembly 40 into the loop 51 as illustrated in FIG. 2. The core form 61 is rotated by the rotation of the core form positioning shafts 601 and 602 and the magnetic core wrap assembly 650 exerts a constant pressure on the continuous strip of magnetic core material as it is wound upon the core form 61. The magnetic core wrap assembly is constructed such that the continuous strip of magnetic core material is tightly pressed to the core form 61 and subsequent layers of the magnetic core material are tightly pressed to one another and the pivotability of the magnetic core wrap assembly rollers 659, 660, 661 and 662 enable the constant pressure to be applied to the continuous strip of magnetic core material being wrapped even when going around the corners of the core form 61, as is clearly illustrated in FIG. 5.

The motion of the cut continuous strip of magnetic core material after it emerges from the pinch rollers 42 is staccato-like in nature in that the peripheral speed of the continuous strip of magnetic core material changes depending upon the position of the core form 61 because the core form 61 is rectangular in configuration. Also,

the peripheral speed of the continuous strip of magnetic core material increases slowly because the periphery of the magnetic core circuit being formed is increasing and therefore the peripheral speed is increasing. The speed of the pinch drive rollers 42 is slowly increased by means (not shown) to maintain the size of loop 51 approximately the same at all times. Therefore, the build-up of the loop 51 adjacent the drive pinch rollers 42 enables the cutting of the continuous strip of magnetic core material to be smooth and even as it passes through the reel unwind mechanism and magnetic core strip cutting assembly 40 is constant. The staccato-type movement of the continuous strip of magnetic core material after it emerges from the driven pinch rollers 42 is adjusted for by enabling the loop 51 to be built up in the mechanism.

As the cut continuous strip of magnetic core material passes through the cut magnetic core guide assembly 50, the width of the continuous strip of magnetic core material increases. The pairs of ratcheted strip guide arms 503 and 504 move away from one another in response to the counter pressure exerted by the edges of the cut continuous strip of magnetic core material and must move in unison and therefore the cut strip of magnetic core material will be symmetrical about a chosen center line, and the center line is determined by the position of the adjustable guide arms shafts 514 and 517. Therefore, a symmetrical magnetic core circuit is provided.

The length of core winding indicator means 80 schematically illustrated in FIG. 2 can be adjusted to automatically stop the machine after a predetermined magnetic core circuit has been wound upon the core form 61 as for example by interrupting the energizing circuit of the prime mover (not shown) if, for example, the prime mover is an electric motor.

In a preferred embodiment of the invention a digital computer device which translates length or distance into a predetermined number of counts is utilized in the length of core winding indicator means 80. A transducer including the schematically illustrated roller 801 is located adjacent the tension roller 535 and rotates therewith. Means not shown, are provided in the digital computer device to reset the digital computer device to zero each time the core form 61 makes a full revolution. Initially a count corresponding to the desired perimeter of the last turn of the magnetic core circuit is manually set in the digital computer device. As the magnetic core circuit is being formed the length or perimeter of each winding on the magnetic core circuit is fed into the digital computer by means of the transducer (not shown) including the schematically illustrated roller 801. When the length of the winding being wound on the magnetic core circuit approaches the preset count, means (not shown) can be provided to slow down the drive means (not shown) if desired. Finally, the length or perimeter of the winding being wound or the magnetic core circuit exceeds the preset length and means (not shown) provided in the length of core winding indicator 80 are provided to stop the machine.

Specific details of the length of core winding indicator 80 are not provided inasmuch as equipment is presently on the market to accomplish the manipulations necessary and to give the output or machine stop signal required without inventive adaptation of the equipment.

What has been described is considered to be the preferred embodiment of the invention. However, alterations, modifications, substitutions and the like, may be made without departing from the scope of the invention. Therefore, it is the intention that the claims appended hereto cover the entire inventive scope disclosed in the foregoing.

What is claimed is:

1. A machine for winding a magnetic core circuit comprising, a reel mechanism for delivering a continuous strip of magnetic core material, a rotary cutter assembly for continuously cutting said continuous strip of magnetic

core material, said rotary cutter assembly comprised of at least two pair of rotary cutters spaced from one another and adapted to cut adjacent opposite edges of said continuous strip of magnetic core material, drive means for said continuous strip of magnetic core material to pull said continuous strip of magnetic core material from said reel mechanism and through said rotary cutter assembly at a constant speed, a winder assembly for tightly wrapping said cut continuous strip of magnetic core material on a provided core form, a guide mechanism for orientating said cut continuous strip of magnetic core material about a predetermined point before said cut continuous strip of magnetic core material is wound on said provided core form by said winder assembly, said pairs of rotary cutters in said rotary cutter assembly being movable relative to one another, means for programming the relative movement of said pairs of said rotary cutters in said rotary cutter assembly responsive to the winding of said continuous strip of magnetic core material on said provided core form, and magnetic core circuit length means for determining the length of the final wrapping of said magnetic core circuit for interrupting the wrapping of said continuous strip of magnetic core material on said provided core thereby enabling said continuous strip of magnetic core material to be so cut that a magnetic core circuit of a predetermined configuration is wound on said provided core form by said winder assembly.

2. A process for forming a magnetic core circuit of a predetermined configuration on a polygonal-shaped core form, comprising the steps of: providing a continuous strip of magnetic core material, delivering said continuous strip of magnetic core material to a continuous cutter assembly at a constant speed, continuously cutting said continuous strip of magnetic core material in said continuous cutter assembly, building up a loop of said continuous strip of magnetic core material after said continuous strip of magnetic core material is cut in said continuously cutting cutter assembly, delivering said continuous strip of magnetic core material from said loop to a winder assembly, winding said continuous strip of magnetic core material on said polygonal-shaped core form in said winder assembly, and programming the cutting of said continuous strip of magnetic core material in said continuous cutter assembly in accordance with the winding of said continuous strip of magnetic core material in said winder assembly.

3. A mechanism for continuously cutting a moving strip of material comprising a first movable rotary cutter frame having positioned thereon a first pair of cooperating rotary cutter blades, a second movable rotary cutter frame having positioned thereon a second pair of cooperating rotary cutter blades, said first movable rotary cutter frame and said second movable rotary cutter frame being movable toward one another and away from one another, and means for programming the movement of said first and said second movable rotary cutter frames whereby said moving strip of material can be cut by said first pair of cooperating rotary cutter blades and said second pair of cooperating rotary cutter blades such that a magnetic core configuration of predetermined cross-section can be assembled, and said first and second movable rotary cutter frames being slidably mounted upon a pair of parallel spaced shaft members, said first and second frames being secured to a first and second drive block member, respectively, said first and second drive block members each having a slot therein, said slot in said first and second drive block members being substantially parallel, said first and second frames being connected to a program drive plate having slots therein extending transversely of said slots in said first and second drive block members, said program drive plate being adapted to be moved in a direction substantially parallel to said slots in said first and second drive block members whereby said first and second frame members move toward or away from one another.

4. A machine for winding a magnetic core circuit com-

prising, a reel mechanism for delivering a continuous strip of magnetic core material, a rotary cutter assembly for continuously cutting said continuous strip of magnetic core material, said rotary cutter assembly comprised of at least two pair of rotary cutters spaced from one another and adapted to cut adjacent opposite edges of said continuous strip of magnetic core material, a first guide means for guiding said continuous strip of magnetic core material from said reel mechanism to said rotary cutter assembly comprising a fixed trough having width dimensions slightly exceeding the width dimensions of said continuous strip of magnetic core material, drive means for said continuous strip of magnetic core material operable to pull said continuous strip of magnetic core material from said reel mechanism and through said trough in said first guide means and through said rotary cutter assembly at a constant speed to thereby cause said continuous strip of magnetic core material to be cut in said rotary cutter assembly by said pairs of rotary cutters, a winder assembly including a pivotal pressure element having two spaced contact surfaces for engaging and for tightly wrapping the cut continuous strip of magnetic core material on a provided core form, a second guide mechanism for orientating said cut continuous strip of magnetic core material about a predetermined point before said cut continuous strip of magnetic core material is wound on said provided core form by said winder assembly, said pairs of rotary cutters of said rotary cutter assembly being movable relative to one another, and means for programming the relative movement of said pairs of said rotary cutters responsive to the winding of said cut continuous strip of magnetic core material in said winder assembly, one pair of rotary cutters being mounted upon a first cutter frame and the other pair of rotary cutters being mounted upon a second cutter frame, said first and second cutter frames being slidably mounted upon a pair of parallel spaced shaft members, said first and second cutter frames being secured to a first and second drive block member, respectively, said first and second drive block members each having a slot therein, said slots in said drive block members being substantially parallel, said first and second cutter frames being connected to a program drive plate having slots therein which extend transversely to said slots in said first and second drive block members, said program drive plate being adapted to be moved in a direction substantially parallel to said slots in said drive program members whereby said cutter frames are moved toward or away from one another.

5. A machine for winding a magnetic core circuit comprising, a reel mechanism for delivering a continuous strip of magnetic core material, a rotary cutter assembly for continuously cutting said continuous strip of magnetic core material, said rotary cutter assembly comprised of at least two pair of rotary cutters spaced from one another and adapted to cut adjacent opposite edges of said continuous strip of magnetic core material, a first guide means for guiding said continuous strip of magnetic core material from said reel mechanism to said rotary cutter assembly comprising a fixed trough having width dimensions slightly exceeding the width dimensions of said continuous strip of magnetic core material, drive means for said continuous strip of magnetic core material operable to pull said continuous strip of magnetic core material from said reel mechanism and through said trough in said first guide means and through said rotary cutter assembly at a constant speed to thereby cause said continuous strip of magnetic core material to be cut in said rotary cutter assembly by said pairs of rotary cutters, a winder assembly including a pivotal pressure element having two spaced contact surfaces for engaging and for tightly wrapping the cut continuous strip of magnetic core material on a provided core form, a second guide mechanism for orientating said cut continuous strip of magnetic core material about a prede-

terminated point before said cut continuous strip of magnetic core material is wound on said provided core form by said winder assembly, said pairs of rotary cutters of said rotary cutter assembly being movable relative to one another, and means for programming the relative movement of said pairs of said rotary cutters responsive to the winding of said cut continuous strip of magnetic core material in said winder assembly, one pair of rotary cutters being mounted upon a first cutter frame and the other pair of rotary cutters being mounted upon a second cutter frame, said first and second cutter frames being connected to a program drive plate whereby movement of said program drive plate moves said first and second cutter frames toward and away from one another, and means for driving said program drive plate, said means for driving said program drive plate also driving said winder assembly.

6. The machine of claim 4 wherein a second drive means is provided for the said winder assembly, said second drive means also driving said program drive plate.

## References Cited in the file of this patent

## UNITED STATES PATENTS

|           |                       |               |
|-----------|-----------------------|---------------|
| 1,089,467 | Gammeter -----        | Mar. 10, 1914 |
| 1,759,676 | White -----           | May 20, 1930  |
| 1,891,524 | Capocefalo -----      | Dec. 20, 1932 |
| 2,176,719 | Peyton -----          | Oct. 17, 1939 |
| 2,264,800 | Horstman et al. ----- | Dec. 2, 1941  |
| 2,307,452 | Cohen -----           | Jan. 5, 1943  |
| 2,309,045 | Clayton -----         | Jan. 19, 1943 |
| 2,466,977 | Weiss -----           | Apr. 12, 1949 |
| 2,478,716 | Shaw -----            | Aug. 9, 1949  |
| 2,583,675 | Waggoner -----        | Jan. 29, 1952 |
| 2,592,469 | Rockhoff -----        | Apr. 8, 1952  |
| 2,672,198 | Jones -----           | Mar. 16, 1954 |
| 2,713,903 | Smith -----           | July 26, 1955 |
| 2,837,155 | Cundiff et al. -----  | June 3, 1958  |
| 2,868,540 | Herr -----            | Jan. 13, 1959 |
| 3,058,201 | Richardson -----      | Oct. 16, 1962 |
| 3,080,783 | Knepshield -----      | Mar. 12, 1963 |





**Coe Press Equipment Corporation**  
**SpaceMaster**  
**Compact Coil Lines**

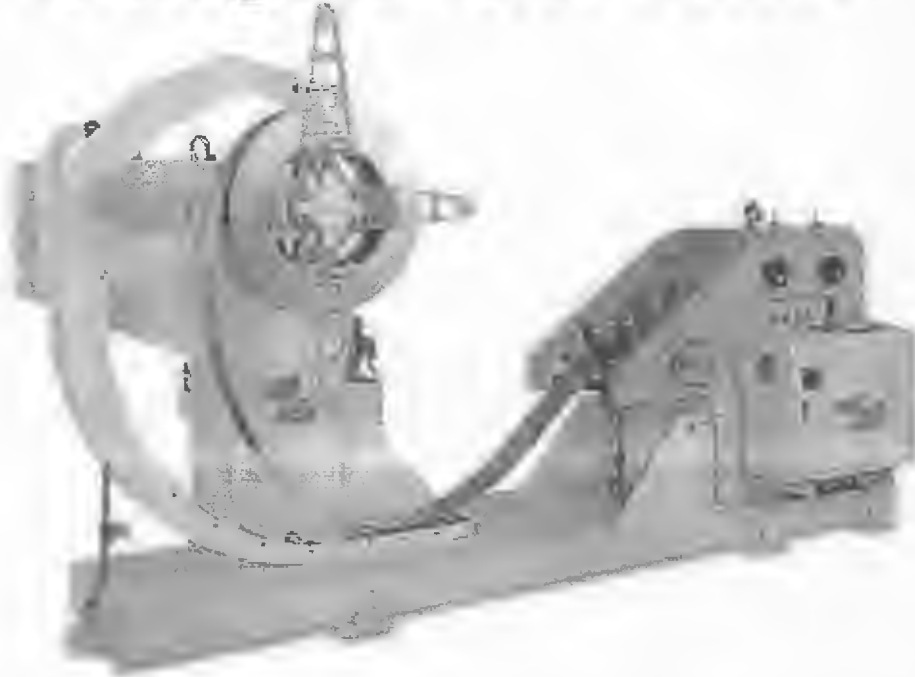


**Coe Press Equipment Corporation**  
*"The Company That Feeds an Industry"*



**Coe Press Equipment Corporation**

# **SpaceMaster Series 1 Compact Coil Lines**



Coe Press SpaceMaster Series 1 Compact Coil Lines are designed to combine the 3 functions of unwinding, straightening, and feeding of coil stock into 1 machine. This compact arrangement provides optimum coil feeding efficiency with pilot release operation and saves valuable plant floorspace. The machine is rigidly mounted on a common machine base for maximum stability during the feeding process. The coil reel is driven by an AC inverter duty drive and motor. The combination feeder-straightener is driven by a closed loop digital servo drive and motor.

## **STANDARD FEATURES**

- Motorized Coil Reel for Payoff
- Inverter Duty AC Variable Speed Drive
- Heavy Duty Backplate Construction
- 60" Maximum Coil Outside Diameter
- Hydraulic Mandrel Expansion Feature
- Fail Safe Disk Brake for Clockspring Control
- Material Width Scales on Mandrel Pads
- 4 Heavy Duty Coil Keepers
- Air Operated Coil Hold Down Arm
- Endwheel for Clockspring Control
- Air Operated Coil Hold Up for Threading
- Electric Eye Type Loop Control
- Variable Speed Pay-off Operations
- Hand Crank Entrance Edge Guides
- 3 Roll Catenary Support Section
- Heavy Duty Machine Cabinet Base
- +/- 4" Passline Height Adjustment
- Passline Adjusted by Screw Jacks
- 9 Straightener Rolls – 5 over 4
- All Straightener Rolls Power Driven
- Precision Spur Gear Drive Train
- Permanently Lubed and Sealed Bearings
- Pivoting Type Straightener Head
- Head Opening for Access and Cleaning
- Feed Rolls With #3 Matte Chrome Finish
- Full Width Upper and Lower Feed Rolls
- Yaskawa AC Servo Drive - Digital Control
- Desk Type Slant Top Control Enclosure
- Centralized Controls for Reel and Feeder
- ServoMaster Controller MMI



**Coe Press Equipment Corporation**  
*"The Company That Feeds an Industry"*

# SpaceMaster Series 1 12•16•20•24

| ITEM                     | SPECIFICATIONS   |                  |                  |                  |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| MODEL                    | S1-12            | S1-16            | S1-20            | S1-24            |
| Max Coil Width           | 1.0" – 12.0"     | 1.0" – 16.0"     | 1.0" – 20.0"     | 1.0" – 24.0"     |
| Max Coil Thickness       | .010" – .125"    | .010" – .125"    | .010" – .125"    | .010" – .125"    |
| Nominal Coil I.D.        | 18"              | 18"              | 16"              | 16"              |
| Max Coil O.D.            | 60"              | 60"              | 60"              | 60"              |
| Coil Weight              | 6,600 lbs.       | 6,600 lbs.       | 6,600 lbs.       | 6,600 lbs.       |
| Feed Roller Dia.         | 3.5"             | 3.5"             | 3.5"             | 3.5"             |
| Pinch Roller Dia.        | 3.5"             | 3.5"             | 3.5"             | 1.5"             |
| Straightener Roller Dia. | 2.5"             | 2.5"             | 2.5"             | 2.5"             |
| Line Speed               | 60 feet/min      | 60 feet/min      | 60 feet/min      | 60 feet/min      |
| Feed Motor               | 3.0kw            | 3.0kw            | 3.0kw            | 3.0kw            |
| Uncoiler Motor           | 1.5kw            | 1.5kw            | 1.5kw            | 1.5kw            |
| Mandrel Expansion        | Hydraulic        | Hydraulic        | Hydraulic        | Hydraulic        |
| Expansion Range          | 15.5" – 20.5"    | 15.5" – 20.5"    | 15.5" – 20.5"    | 15.5" – 20.5"    |
| Air Pressure             | 70 psi           | 70 psi           | 70 psi           | 70 psi           |
| Feed Level From Floor    | tbd              | tbd              | tbd              | tbd              |
| Dimensions (L•W•H)       | 150" x 68" x 78" | 150" x 72" x 78" | 150" x 76" x 78" | 150" x 80" x 78" |
| Machine Weight           | 4,600 lbs.       | 5,900 lbs.       | 7,500 lbs.       | 9,000 lbs.       |

## FEEDING PERFORMANCE

| FEED LENGTH                  | 1"  | 2"  | 4"  | 6"  | 8" | 10" | 12" | 14" | 16" | 18" | 20" |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Strokes/Min. 120° Feed Angle | 114 | 85  | 64  | 53  | 47 | 43  | 39  | 36  | 34  | 32  | 30  |
| Strokes/Min. 180° Feed Angle | 174 | 129 | 96  | 80  | 71 | 64  | 60  | 55  | 52  | 49  | 46  |
| Strokes/Min. 240° Feed Angle | 228 | 170 | 127 | 107 | 93 | 85  | 76  | 73  | 69  | 64  | 61  |

**Note:** Feeding Performance shown for reference only. Consult factory for exact performance.

## STRAIGHTENING CAPACITY

| TYPE           | S1-12      | S1-16      | S1-20      | S1-24      |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| COIL THICKNESS | COIL WIDTH | COIL WIDTH | COIL WIDTH | COIL WIDTH |
| .010" – .070"  | 12"        | 16"        | 20"        | 24"        |
| .080"          | 12"        | 12"        | 12"        | 12"        |
| .090"          | 10"        | 10"        | 10"        | 10"        |
| .110"          | 8"         | 8"         | 8"         | 8"         |
| .125"          | 6"         | 6"         | 6"         | 6"         |

**Note:** Straightening Capacity shown may require optional drive sizes. Consult factory for exact capacity.



## OPTIONS

- 460 Volt Step-down Transformer
- Hydraulic Traveling Coil Car
- Extra Set of 4 Coil Keepers
- Motorized Passline Height Adjustment

## 4. Cortadora

### M-1260

#### 1.1. Mechanical Shear

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Blade Length                       | 52.7 inches     |
| Maximum Cut Length With Side Gauge | 48.8 inches     |
| Maximum Plate Thickness            | 1/4" Mild Steel |
| Strokes Per Minute                 | 60 SPM          |
| Gap Depth                          |                 |
| Rake Angle                         |                 |
| Main Motor                         | 7.3 HP          |
| Squaring Arm Length                | 47 inches       |
| Machine Weight                     | 9 280 Lbs.      |
| Electrical Requirements            | 6 KVA           |

#### 1.2. Backgauge Features

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| Backgauge Motor      | 1.5 HP               |
| Number of Fold Downs | 9                    |
| Backgauge Adjustment | 0.31" to 1.18 inches |
| Backgauge Speed      | 70 ft. / min.        |

# General Purpose

## CYLINDERS C SERIES

### 5-100 TONS

General Purpose, Single Acting, Spring-Return

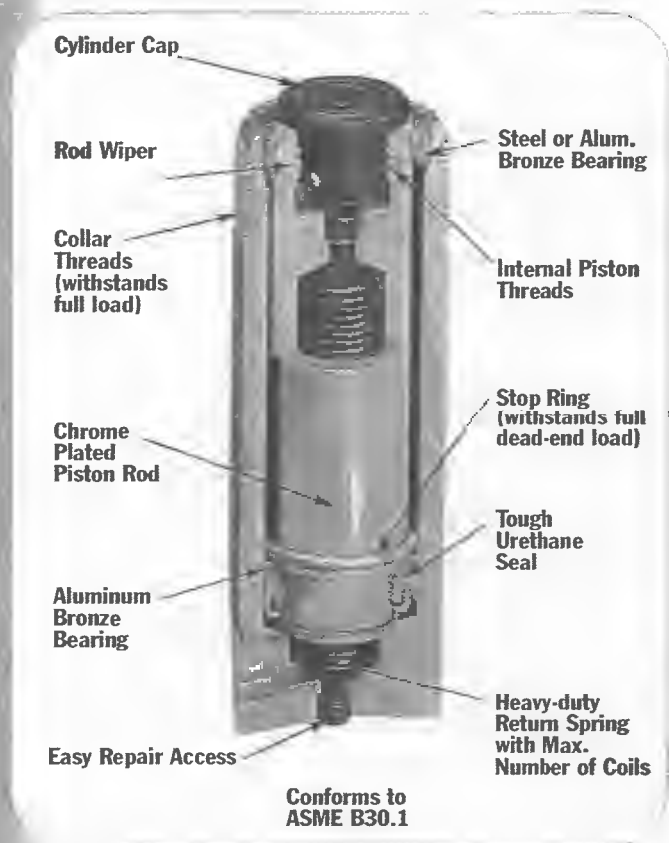
Rugged, high quality cylinder used for lifting and pressing

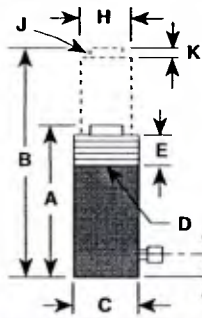
CYLINDERS

- Aluminum bronze bearing reduces wear caused by off-center loads.
- Maximum sized springs speed piston return and increase spring life.
- Solid steel cylinder body for durability.
- Chrome plated piston rod resists wear and corrosion.
- Wide range of accessories available to thread onto piston rod, collar, or onto cylinder base.
- Base mounting holes standard on 5 through 55 ton cylinders; optional on 75 and 100 ton cylinders.
- A 3/8" NPTF female half coupler is standard.



C100C

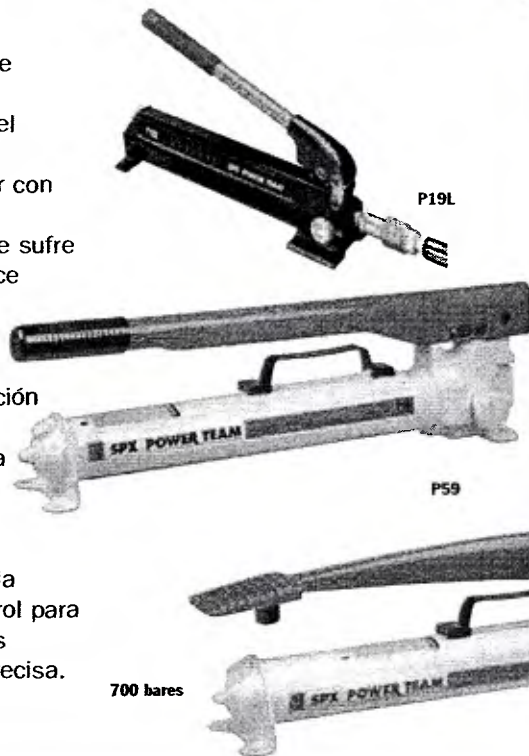




| Cyl Cap Tons                   | Stroke (in.)                   | Order No.      | Oil Cap. (cu. in.)              | Re-tracted Height (in.)          | Ex-tended Height (in.)           | Outside Dia. (in.)                 | Collar Thread (in.)                | Piston Collar Thread Length (in.) | Base to Port (in.)            | Piston Rod Dia. (in.)                   | Piston Rod Int. Thread and Depth (in.)  | Rod Protru-sion (in.)           | Bore Dia. (in.)                 | Cylinder Effective Area (sq. in.) | Internal Press. (psi) | Tons at 10,000 (psi) | Prod. Wt. (lbs.) |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|---|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
|                                |                                |                |                                 |                                  |                                  |                                    |                                    |                                   |                               |   |   |                                 |                                 |                                   |                       |                      |                  |
| 5                              | 1                              | <b>C51C</b>    | 1.1                             | 4 <sup>11</sup> / <sub>32</sub>  | 5 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>   | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>      | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1                                       | 3/4-16 x 5/8                            | 1/4                             | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | .994                              | 10,061                | 4.97                 | 2.25             |
|                                | 3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | <b>C53C</b>    | 3.2                             | 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>    | 9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>    | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>      | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1                                       | 3/4-16 x 5/8                            | 1/4                             | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | .994                              | 10,061                | 4.97                 | 3.26             |
|                                | 5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | <b>C55C</b>    | 5.2                             | 8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>    | 13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>      | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1                                       | 3/4-16 x 5/8                            | 1/4                             | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | .994                              | 10,061                | 4.97                 | 4                |
|                                | 7 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | <b>C57C</b>    | 7.2                             | 10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 18                               | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>      | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1                                       | 3/4-16 x 5/8                            | 1/4                             | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | .994                              | 10,061                | 4.97                 | 5                |
|                                | 9 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | <b>C59C</b>    | 9.2                             | 12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 22                               | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>      | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1                                       | 3/4-16 x 5/8                            | 1/4                             | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | .994                              | 10,061                | 4.97                 | 5.8              |
| 10                             | 1                              | <b>C101C</b>   | 2.2                             | 3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>    | 4 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>    | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                             | 8,948                 | 11.2                 | 4                |
|                                | 2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C102C</b>   | 4.8                             | 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>    | 6 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>    | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                             | 8,948                 | 11.2                 | 5                |
|                                | 4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C104C</b>   | 9.2                             | 6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>    | 10 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>   | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                             | 8,948                 | 11.2                 | 6.7              |
|                                | 6 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C106C</b>   | 13.7                            | 9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>    | 15 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>   | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                             | 8,948                 | 11.2                 | 9.4              |
|                                | 8 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C108C</b>   | 19.9                            | 11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 19 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>   | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                             | 8,948                 | 11.2                 | 11               |
|                                | 10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> | <b>C1010C</b>  | 22.6                            | 13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 23 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>   | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                             | 8,948                 | 11.2                 | 13               |
|                                | 12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> | <b>C1012C</b>  | 27.1                            | 15 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 27 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>   | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                             | 8,948                 | 11.2                 | 14.6             |
|                                | 14 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> | <b>C1014C</b>  | 31.6                            | 17 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 31 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>   | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                             | 8,948                 | 11.2                 | 16.2             |
| 16                             | <b>C1016C</b>                  | 36.1           | 20 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>  | 36 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>   | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>    | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -14  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>      | 3/4                               | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 1-8 x 3/4                               | 1/4                                     | 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 2.236                           | 8,948                             | 11.2                  | 18.5                 |                  |
| 15                             | 1                              | <b>C151C</b>   | 3.1                             | 4 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>    | 5 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>    | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 2                               | 3.142                             | 9,549                 | 15.7                 | 7.5              |
|                                | 2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C152C</b>   | 6.7                             | 5 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>    | 8                                | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 2                               | 3.142                             | 9,549                 | 15.7                 | 8.9              |
|                                | 4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C154C</b>   | 12.9                            | 7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>    | 12                               | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 2                               | 3.142                             | 9,549                 | 15.7                 | 11.5             |
|                                | 6 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C156C</b>   | 19.2                            | 10 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 16 <sup>13</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 2                               | 3.142                             | 9,549                 | 15.7                 | 15.3             |
|                                | 8 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C158C</b>   | 25.5                            | 12 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 20 <sup>13</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 2                               | 3.142                             | 9,549                 | 15.7                 | 17.9             |
|                                | 10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> | <b>C1510C</b>  | 31.8                            | 14 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 24 <sup>13</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 2                               | 3.142                             | 9,549                 | 15.7                 | 20.7             |
|                                | 12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> | <b>C1512C</b>  | 38.1                            | 16 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 28 <sup>13</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 2                               | 3.142                             | 9,549                 | 15.7                 | 23.2             |
|                                | 14 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> | <b>C1514C</b>  | 44.4                            | 18 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> | 32 <sup>13</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>     | 3/4                           | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | 1-8 x 3/4                               | 1/4                             | 2                               | 3.142                             | 9,549                 | 15.7                 | 26               |
| 16                             | <b>C1516C</b>                  | 50.3           | 20 <sup>9</sup> / <sub>16</sub> | 36 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>    | 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -16  | 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>      | 3/4                               | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> | 1-8 x 3/4                               | 1/4                                     | 2                               | 3.142                           | 9,549                             | 15.7                  | 28.2                 |                  |
| 25                             | 1                              | <b>C251C</b>   | 5.1                             | 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>    | 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>    | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>      | 3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> -12 | 1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>   | 1                             | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16 x 7/8 | 3/8                             | 2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 5.15                              | 9,699                 | 25.8                 | 11.9             |
|                                | 2                              | <b>C252C</b>   | 10.3                            | 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>    | 8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>    | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>      | 3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> -12 | 1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>   | 1                             | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16 x 7/8 | 3/8                             | 2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 5.15                              | 9,699                 | 25.8                 | 13.9             |
|                                | 4                              | <b>C254C</b>   | 20.6                            | 8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>    | 12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>   | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>      | 3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> -12 | 1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>   | 1                             | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16 x 7/8 | 3/8                             | 2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 5.15                              | 9,699                 | 25.8                 | 17.6             |
|                                | 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | <b>C256C</b>   | 32.2                            | 10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 17                               | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>      | 3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> -12 | 1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>   | 1                             | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16 x 7/8 | 3/8                             | 2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 5.15                              | 9,699                 | 25.8                 | 21.7             |
|                                | 8 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | <b>C258C</b>   | 42.5                            | 12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 21                               | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>      | 3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> -12 | 1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>   | 1                             | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16 x 7/8 | 3/8                             | 2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 5.15                              | 9,699                 | 25.8                 | 25.6             |
|                                | 10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | <b>C2510C</b>  | 52.8                            | 14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 25                               | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>      | 3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> -12 | 1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>   | 1                             | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16 x 7/8 | 3/8                             | 2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 5.15                              | 9,699                 | 25.8                 | 29.3             |
|                                | 12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | <b>C2512C</b>  | 63.2                            | 16 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 29                               | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>      | 3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> -12 | 1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>   | 1                             | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>           | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16 x 7/8 | 3/8                             | 2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 5.15                              | 9,699                 | 25.8                 | 33.1             |
| 14 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | <b>C2514C</b>                  | 73.5           | 18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>  | 33                               | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>    | 3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> -12 | 1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>    | 1                                 | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -16 x 7/8 | 3/8                                     | 2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>  | 5.15                            | 9,699                             | 25.8                  | 36.8                 |                  |
| 55                             | 2                              | <b>C552C</b>   | 22.1                            | 6 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>    | 8 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>    | 5                                  | 5-12                               | 2 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>    | 1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>           | None                                    | 1/8                             | 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 11.04                             | 9,959                 | 55.2                 | 32.5             |
|                                | 4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | <b>C554C</b>   | 46.9                            | 9 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>    | 13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>   | 5                                  | 5-12                               | 2 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>    | 1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>           | None                                    | 1/8                             | 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 11.04                             | 9,959                 | 55.2                 | 41.3             |
|                                | 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>  | <b>C556C</b>   | 69.0                            | 11 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | 17 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>   | 5                                  | 5-12                               | 2 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>    | 1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>           | None                                    | 1/8                             | 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 11.04                             | 9,959                 | 55.2                 | 51               |
|                                | 10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | <b>C5510C</b>  | 113.2                           | 15 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | 25 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>   | 5                                  | 5-12                               | 2 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>    | 1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>           | None                                    | 1/8                             | 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 11.04                             | 9,959                 | 55.2                 | 67               |
|                                | 13 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | <b>C5513C</b>  | 146.3                           | 18 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | 31 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>   | 5                                  | 5-12                               | 2 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>    | 1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>           | None                                    | 1/8                             | 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>   | 11.04                             | 9,959                 | 55.2                 | 78               |
| 75                             | 6 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C756C</b>   | 97.4                            | 12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>   | 18 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>   | 5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -12  | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>     | 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | None                                    | 1/8                             | 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>   | 15.90                             | 9,434                 | 79.5                 | 73.5             |
|                                | 13 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> | <b>C7513C</b>  | 208.7                           | 19 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>   | 32 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>   | 5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>      | 5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -12  | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>     | 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>           | None                                    | 1/8                             | 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>   | 15.90                             | 9,434                 | 79.5                 | 109.5            |
|                                | 2                              | <b>C1002C</b>  | 41.2                            | 8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>    | 10 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>   | 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -12  | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>     | 1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>           | None                                    | 1/8                             | 5 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | 20.62                             | 9,695                 | 103.1                | 63               |
| 100                            | 6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>  | <b>C1006C</b>  | 137.0                           | 13 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>   | 19 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>   | 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -12  | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>     | 1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>           | None                                    | 1/8                             | 5 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | 20.62                             | 9,695                 | 103.1                | 91               |
|                                | 10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> | <b>C10010C</b> | 211.5                           | 16 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>   | 27 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>      | 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -12  | 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>     | 1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>           | None                                    | 1/8                             | 5 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>   | 20.62                             | 9,695                 | 103.1                | 113              |



- Estructura completamente metálica que no sufre quemaduras en entornos de soldadura.
- La doble velocidad reduce el número de bombeos de la palanca para poder trabajar con mayor rapidez y facilidad.
- Asa metálica con forma que sufre menos deformación y reduce la fatiga del operario.
- El cómodo puerto de llenado permite rellenar de aceite las bombas en posición vertical u horizontal.
- La válvula de alivio montada en la válvula de retención impide que las cargas descieran.
- Un gran mando de la válvula proporciona un mayor control para hacer descender las cargas lentamente y de manera precisa.

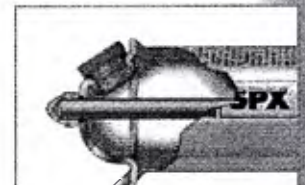
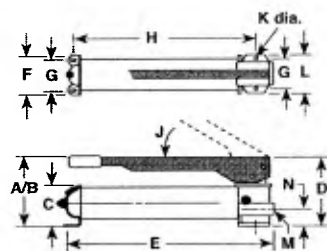


## Bombas manuales HIDRÁULICAS SERIE P

**Depósito de  
400 a 1.131 cm<sup>3</sup>**  
Dos velocidades  
Acción simple

La bomba pasa automáticamente a la etapa de elevación a alta presión al entrar en contacto con la carga.

**BOMBAS**



Las bombas manuales Power Team, con el puerto de llenado en ángulo, están dotadas de un sistema de protección integrado con una "válvula de alivio". Este sistema está diseñado para impedir la sobrepresión del depósito a causa de presiones inversas repentinas. Este sistema también actúa como junta para evitar las pérdidas de aceite.

| Bomba n°. | A (mm) | B (mm) | C (mm) | D (mm) | E (mm) | F (mm) | G (mm) | H (mm) | J (ángulo) | K (mm) | L (mm) | M (pulg.) | N (mm) |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|-----------|--------|
| P19       | 139,7  | 371,5  | 73,0   | 115,9  | 347,7  | 101,6  | 82,6   | 281,0  | 53°        | 7,9    | 101,6  | 3/8-NPTF  | 35,7   |
| P19L      | 141,5  | —      | —      | —      | 347    | 104,1  | 82,6   | 281,0  | 40°        | 7,9    | 104,1  | 1/2-NPTF  | —      |
| P59       | 177,85 | 333,4  | 88,9   | 127,0  | 584,2  | 108,0  | 82,6   | 501,7  | 38°        | 7,9    | 120,7  | 3/8-NPTF  | 41,3   |
| P59L      | 177,6  | —      | —      | —      | 533,4  | 120,7  | 82,6   | 501,7  | 50°        | 7,9    | 120,7  | 1/2-NPTF  | —      |
| P59F      | 88,9   | 425,5  | 88,9   | 152,4  | 590,6  | 108,0  | 82,6   | 514,4  | —          | 7,9    | 114,3  | 3/8-NPTF  | 42,9   |

| Para usar con               | N° pedido | Velocidades | Volumen y presión                      |     |                        |     | Esfuerzo de la palanca del depósito (kg) | Capacidad de aceite (cm <sup>3</sup> ) | Capacidad útil de aceite (cm <sup>3</sup> ) | Puerto de aceite (pulg.) | Peso del producto (kg) |
|-----------------------------|-----------|-------------|--|-----|------------------------|-----|--|--|---|--------------------------|------------------------|
|                             |           |             | Volumen por carrera (cm <sup>3</sup> ) |     | Presión máxima (bares) |     |  |  |   |                          |                        |
|                             |           |             | BP                                     | AP  | BP                     | AP  |  |  |   |                          |                        |
| Cilindros de acción simple* | P19       | 2           | 5,0                                    | 1,2 | 22                     | 700 | 45                                       | 400                                    | 328   | 3/8-NPTF                 | 3,0                    |
|                             | P19L      | 2           | 4,1                                    | 0,9 | 70                     | 700 | 37                                       | 475                                    | 443   | 1/2-NPTF                 | 2,3                    |
|                             | P59       | 2           | 10,9                                   | 2,6 | 22                     | 700 | 66                                       | 902                                    | 738   | 3/8-NPTF                 | 7,8                    |
|                             | P59L      | 2           | 12                                     | 2,6 | 59                     | 700 | 44                                       | 1131                                   | 1082  | 1/2-NPTF                 | 4,1                    |
|                             | P59F      | 2           | 9,0                                    | 2,1 | 22                     | 700 | 55                                       | 902                                    | 738   | 3/8-NPTF                 | 6,4                    |

BP = Baja presión  
AP = Alta presión

\* La bomba incluye una válvula de dos vías.

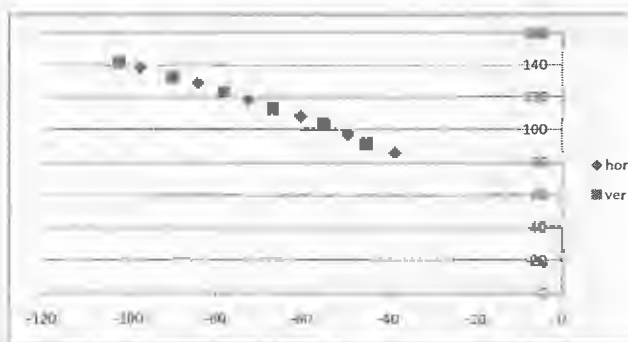


### Núcleo SKVA

|          | Dim Ventana | Dim Mecan |    |          |             |
|----------|-------------|-----------|----|----------|-------------|
| l        | 56          | brr3      | 13 | brr3 max | 22,5 SIMBOL |
| h        | 120         | brdiam1   | 22 | brr2 min | 18,38478    |
| n MAX    | 200         | brr2      | 42 | brr2 máx | 72          |
| alfa min | 25,029      |           |    |          |             |
| alfa max | 64,971      | cat       |    |          |             |

RESULT  
INDICAD  
VARIABLES  
LÍMITES

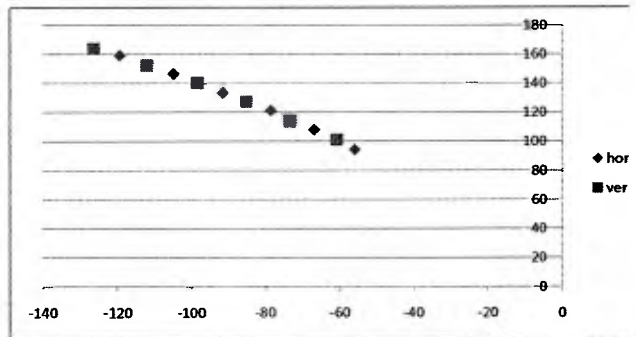
|            |          |          |          |          |          |          |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n          | 0        | 40       | 80       | 120      | 160      | 200      |
| l/2 +n*esp | 28       | 38,8     | 49,6     | 60,4     | 71,2     | 82       |
| h/2 +n*esp | 60       | 70,8     | 81,6     | 92,4     | 103,2    | 114      |
| l mín      | 37       | 37       | 37       | 37       | 37       | 37       |
| alfa1      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| XmaxA1     |          |          |          |          |          |          |
| YmaxA1     |          |          |          |          |          |          |
| alfa2      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| XmaxA2     |          |          |          |          |          |          |
| YmaxA2     |          |          |          |          |          |          |
| IND ALFS   |          |          |          |          |          |          |
| CA1X L     | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       |
| CA1Y L     | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       |
| CA2X L     | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       |
| CA2Y L     | -13      | -13      | -13      | -13      | -13      | -13      |
| CA1X G MAX | 15       | 25,8     | 36,6     | 47,4     | 58,2     | 69       |
| CA1X G MAX | 16,93475 | 6,134752 | -4,66525 | -15,4652 | -26,2652 | -37,0652 |
| CA1X G MAX | 15       | 6,134752 | -4,66525 | -15,4652 | -26,2652 | -37,0652 |
| CA1X VAR   | 14       | 4        | -7,5     | -19      | -31      | -43      |
| CA1X G     | 14       | 4        | -7,5     | -19      | -31      | -43      |
| CA1X G MIN | 4        | -14,8    | -25,6    | -36,4    | -47,2    | -58      |
| IND X VAR  |          |          |          |          |          |          |
| CA1Y G     | 84       | 94,8     | 105,6    | 116,4    | 127,2    | 138      |
| CA2X G     | -52      | -62,8    | -73,6    | -84,4    | -95,2    | -106     |
| COND ALFS  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| CA2Y MAX   | 36       | 46,8     | 57,6     | 68,4     | 79,2     | 90       |
| CA2Y G     | 32,03848 | 43,87103 | 53,76574 | 63,6853  | 73,03027 | 82,43922 |
| CA2Y MIN   | -47      | -57,8    | -68,6    | -79,4    | -90,2    | -101     |
| alfa3      | 38,21321 | 37,32225 | 38,10281 | 38,87004 | 40,15651 | 41,40962 |
| CA3X V     | -44,9808 | -54,8645 | -66,4671 | -78,0574 | -90,1849 | -102,28  |
| CA3Y V     | 91,01924 | 102,7355 | 112,7329 | 122,7426 | 132,2151 | 141,7196 |
| CBRX       | -343,386 | -343,386 | -343,386 | -343,386 | -343,386 | -343,386 |
| CBRY       | -198,697 | -198,697 | -198,697 | -198,697 | -198,697 | -198,697 |
| brl14      | 416      | 417      | 417      | 417      | 417      | 417      |
| delt X     | 63,7374  |          |          |          |          |          |
| delt Y     | 55,66026 | brl14    | 417,1512 |          |          |          |
| H          | 84,61986 | cat      | 415      |          |          |          |
| CHX        | -70,4117 | brl14    | 417      |          |          |          |
| CHY        | 113,8895 |          |          |          |          |          |
| beta       | 41,12989 |          |          |          |          |          |
| CBRX       | -343,386 |          |          |          |          |          |
| CBRY       | -198,697 |          |          |          |          |          |
| gamma      | 44,15361 | 46,25375 | 48,35702 | 50,46247 | 52,57824 | 54,6914  |
| CRS1X      | -271,638 | -274,239 | -276,937 | -279,727 | -282,618 | -285,587 |
| CRS1Y      | -129,039 | -126,456 | -123,967 | -121,576 | -119,279 | -117,092 |
| CR2X       | -130     |          |          |          |          |          |
| CRS2Y      | -300     |          |          |          |          |          |
| Long res   | 222,0116 | 225,6599 | 229,299  | 232,9233 | 236,5426 | 240,1309 |
| Long prom  | 230,2162 |          |          |          |          |          |
| Máx variac | 20,04282 |          |          |          |          |          |



Núcleo 10KVA

|            | Dim Ventana | Dim Mecan |          | 31 SIMBOL |          |          | RESULT    |
|------------|-------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| l          | 73          | brr3      | 13       | brr3 max  | 31       | SIMBOL   | RESULT    |
| h          | 155         | brdiam1   | 22       | brr2 min  | 18,38478 |          | INDICAD   |
| n MAX      | 238         | brr2      | 42       | brr2 máx  | 107      |          | VARIABLES |
| alfa min   | 25,029      |           |          |           |          |          | LÍMITES   |
| alfa max   | 64,971      | cat       | 445      |           |          |          |           |
| n          | 0           | 48        | 95       | 143       | 190      | 238      |           |
| l/2 +n*esp | 36,5        | 49,46     | 62,15    | 75,11     | 87,8     | 100,76   |           |
| h/2 +n*esp | 77,5        | 90,46     | 103,15   | 116,11    | 128,8    | 141,76   |           |
| l min      | 37          | 37        | 37       | 37        | 37       | 37       |           |
| alfa1      | 0           | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        |           |
| XmaxA1     |             |           |          |           |          |          |           |
| YmaxA1     |             |           |          |           |          |          |           |
| alfa2      | 0           | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        |           |
| XmaxA2     |             |           |          |           |          |          |           |
| YmaxA2     |             |           |          |           |          |          |           |
| IND ALFS   |             |           |          |           |          |          |           |
| CA1X L     | 13          | 13        | 13       | 13        | 13       | 13       |           |
| CA1Y L     | 13          | 13        | 13       | 13        | 13       | 13       |           |
| CA2X L     | 13          | 13        | 13       | 13        | 13       | 13       |           |
| CA2Y L     | -13         | -13       | -13      | -13       | -13      | -13      |           |
| CA1X G MAX | 23,5        | 36,46     | 49,15    | 62,11     | 74,8     | 87,76    |           |
| CA1X G MAX | 8,434752    | -4,52525  | -17,2152 | -30,1752  | -42,8652 | -55,8252 |           |
| CA1X G MAX | 8,434752    | -4,52525  | -17,2152 | -30,1752  | -42,8652 | -55,8252 |           |
| CA1X VAR   | -1,5        | -14       | -26      | -39       | -52,5    | -67      |           |
| CA1X G     | -1,5        | -14       | -26      | -39       | -52,5    | -67      |           |
| CA1X G MIN | -12,5       | -25,46    | -38,15   | -51,11    | -63,8    | -76,76   |           |
| IND X VAR  |             |           |          |           |          |          |           |
| CA1Y G     | 101,5       | 114,46    | 127,15   | 140,11    | 152,8    | 165,76   |           |
| CA2X G     | -60,5       | -73,46    | -86,15   | -99,11    | -111,8   | -124,76  |           |
| COND ALFS  | 0           | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        |           |
| CA2Y MAX   | 53,5        | 66,46     | 79,15    | 92,11     | 104,8    | 117,76   |           |
| CA2Y G     | 41,7087     | 55,12613  | 68,51573 | 81,43472  | 93,30622 | 104,77   |           |
| CA2Y MIN   | -64,5       | -77,46    | -90,15   | -103,11   | -115,8   | -128,76  |           |
| alfa3      | 45,38166    | 44,93917  | 44,26892 | 44,308    | 45,09346 | 46,55807 |           |
| CA3X V     | -60,8957    | -73,3969  | -85,3921 | -98,3926  | -111,897 | -126,375 |           |
| CA3Y V     | 101,1043    | 114,5231  | 127,9079 | 140,8274  | 152,7031 | 164,145  |           |
| CBRX       | -404,188    | -404,188  | -404,188 | -404,188  | -404,188 | -404,188 |           |
| CBRY       | -186,984    | -186,984  | -186,984 | -186,984  | -186,984 | -186,984 |           |
| brl14      | 448         | 448       | 448      | 448       | 448      | 448      |           |
| delt X     | 70,33202    |           |          |           |          |          |           |
| delt Y     | 69,58564    |           | brl14    | 447,7412  |          |          |           |
| H          | 98,93813    |           | cat      | 445       |          |          |           |
| CHX        | -91,209     |           | brl14    | 448       |          |          |           |
| CHY        | 129,3522    |           |          |           |          |          |           |
| beta       | 44,69436    |           | Dist Piv | 100       |          |          |           |
| CBRX       | -404,188    |           |          |           |          |          |           |
| CBRY       | -186,984    |           |          |           |          |          |           |
| gamma      | 40,00312    | 42,34832  | 44,64701 | 46,99005  | 49,28893 | 51,64896 |           |
| CRS1X      | -327,588    | -330,282  | -333,044 | -335,976  | -338,964 | -342,141 |           |
| CRS1Y      | -122,701    | -119,621  | -116,711 | -113,861  | -111,184 | -108,562 |           |
| CR2X       | -170        |           |          |           |          |          |           |
| CRS2Y      | -300        |           |          |           |          |          |           |
| Long res   | 237,21      | 241,3028  | 245,3124 | 249,3908  | 253,3781 | 257,4508 |           |
| Long prom  | 246,345     |           |          |           |          |          |           |
| Máx variac | 22,05602    |           |          |           |          |          |           |

|            | Hor      |          |          |          |          |          |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n          | 0        | 48       | 95       | 143      | 190      | 238      |
| l/2 +n*esp | 36,5     | 49,46    | 62,15    | 75,11    | 87,8     | 100,76   |
| h/2 +n*esp | 77,5     | 90,46    | 103,15   | 116,11   | 128,8    | 141,76   |
| alfa4      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| alfa5      | 50       | 46       | 44       | 44       | 45       | 48       |
| CA1X L     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     |
| CA1Y L     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     |
| CA2X L     | -1,60234 | -0,32086 | 0,320859 | 0,320859 | 1,44E-15 | -0,96218 |
| CA2Y L     | -1,60234 | -0,32086 | 0,320859 | 0,320859 | 1,44E-15 | -0,96218 |
| CA1X G     | -7,38129 | -18,8438 | -30,7916 | -43,7516 | -56,812  | -70,8907 |
| CAX MAX    | 64,5     | 77,46    | 90,15    | 103,11   | 115,8    | 128,76   |
| CA2X VAR   | -62      | -50      | 54       | -61      | -69      | -80      |
| CA2X G     | -90,1023 | -101,781 | -113,829 | -126,789 | -139,8   | -153,722 |
| CAX MIN    | -64,5    | -77,46   | -90,15   | -103,11  | -115,8   | -128,76  |
| CA1Y G     | 60,5     | 73,46    | 86,15    | 99,11    | 111,8    | 124,76   |
| CA2Y G     | 45,89766 | 60,13914 | 73,47086 | 86,43086 | 98,8     | 110,7978 |
| COND ALFS  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| alfa3 H    | 10,01101 | 9,12458  | 8,68153  | 8,68153  | 8,902988 | 9,56791  |
| CA3X H     | -56,043  | -66,9728 | -78,6499 | -91,6099 | -104,806 | -119,288 |
| CA3Y H     | 94,55935 | 108,2681 | 121,3292 | 134,2892 | 146,794  | 159,1947 |
| CBR X      | -404,188 | -404,188 | -404,188 | -404,188 | -404,188 | -404,188 |
| CBR Y      | -186,984 | -186,984 | -186,984 | -186,984 | -186,984 | -186,984 |
| brl14      | 448      | 448      | 448      | 448      | 448      | 448      |
| gamma      | 38,96232 | 41,20408 | 43,44337 | 45,78592 | 48,10949 | 50,54605 |
| CRS1X      | -326,433 | -328,952 | -331,583 | -334,454 | -337,418 | -340,643 |
| CRS1Y      | -124,103 | -121,11  | -118,221 | -115,31  | -112,542 | -109,771 |
| Long res   | 235,3948 | 239,3057 | 243,2135 | 247,2963 | 251,3346 | 255,5505 |

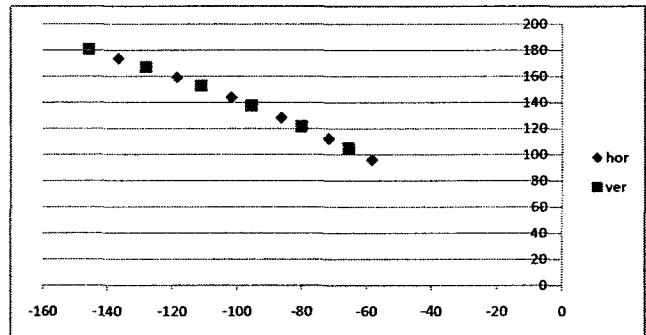




### Núcleo 15KVA

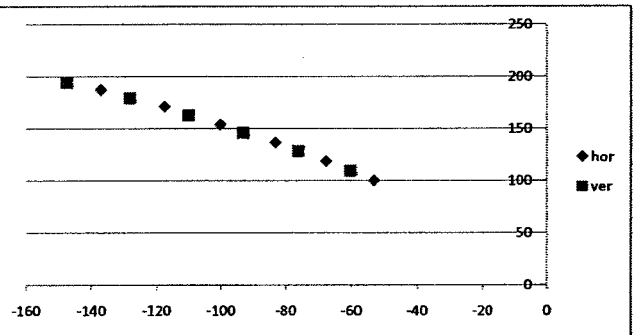
|            | Dim Ventana | Dim Mecan |          |          |          |           |
|------------|-------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| l          | 70          | brr3      | 13       | brr3 max | 29,5     | SIMBOL    |
| h          | 175         | brdiam1   | 22       | brr2 min | 18,38478 | RESULT    |
| n MAX      | 289         | brr2      | 42       | brr2 máx | 127      | INDICAD   |
| alfa min   | 25,029      |           |          |          |          | VARIABLES |
| alfa max   | 64,971      | cat       | 454      |          |          | LÍMITES   |
| n          | 0           | 58        | 116      | 173      | 231      | 289       |
| l/2 +n*esp | 35          | 50,66     | 66,32    | 81,71    | 97,37    | 113,03    |
| h/2 +n*esp | 87,5        | 103,16    | 118,82   | 134,21   | 149,87   | 165,53    |
| l mín      | 37          | 37        | 37       | 37       | 37       | 37        |
| alfa1      | 0           | 0         | 0        | 0        | 0        | 0         |
| XmaxA1     |             |           |          |          |          |           |
| YmaxA1     |             |           |          |          |          |           |
| alfa2      | 0           | 0         | 0        | 0        | 0        | 0         |
| XmaxA2     |             |           |          |          |          |           |
| YmaxA2     |             |           |          |          |          |           |
| IND ALFS   |             |           |          |          |          |           |
| CA1X L     | 13          | 13        | 13       | 13       | 13       | 13        |
| CA1Y L     | 13          | 13        | 13       | 13       | 13       | 13        |
| CA2X L     | 13          | 13        | 13       | 13       | 13       | 13        |
| CA2Y L     | -13         | -13       | -13      | -13      | -13      | -13       |
| CA1X G MAX | 22          | 37,66     | 53,32    | 68,71    | 84,37    | 100,03    |
| CA1X G MAX | 9,934752    | -5,72525  | -21,3852 | -36,7752 | -52,4352 | -68,0952  |
| CA1X G MAX | 9,934752    | -5,72525  | -21,3852 | -36,7752 | -52,4352 | -68,0952  |
| CA1X VAR   | -3,5        | -21       | -36,5    | -52      | -69      | -84       |
| CA1X G     | -6,5        | -21       | -36,5    | -52      | -69      | -87       |
| CA1X G MIN | -11         | -26,66    | -42,32   | -57,71   | -73,37   | -89,03    |
| IND X VAR  |             |           |          |          |          |           |
| CA1Y G     | 111,5       | 127,16    | 142,82   | 158,21   | 173,87   | 189,53    |
| CA2X G     | -59         | -74,66    | -90,32   | -105,71  | -121,37  | -137,03   |
| COND ALFS  | 0           | 0         | 0        | 0        | 0        | 0         |
| CAZY MAX   | 63,5        | 79,16     | 94,82    | 110,21   | 125,87   | 141,53    |
| CAZY G     | 45,92752    | 62,53335  | 78,32653 | 93,62489 | 108,1936 | 122,0541  |
| CAZY MIN   | -74,5       | -90,16    | -105,82  | -121,21  | -136,87  | -152,53   |
| alfa3      | 51,31781    | 50,29689  | 50,1549  | 50,25255 | 51,43131 | 53,44492  |
| CA3X V     | -65,5362    | -80,1433  | -95,6567 | -111,148 | -128,023 | -145,753  |
| CA3Y V     | 104,9638    | 121,6767  | 137,4833 | 152,7724 | 167,2168 | 180,807   |
| CBRX       | -418,92     | -418,92   | -418,92  | -418,92  | -418,92  | -418,92   |
| CBRY       | -186,896    | -186,896  | -186,896 | -186,896 | -186,896 | -186,896  |
| brl14      | 458         | 458       | 458      | 458      | 458      | 458       |
| delt X     | 87,25443    |           |          |          |          |           |
| delt Y     | 84,99806    |           | brl14    | 458,0671 |          |           |
| H          | 121,8113    |           | cat      | 454      |          |           |
| CHX        | -102,126    |           | brl14    | 458      |          |           |
| CHY        | 138,308     |           |          |          |          |           |
| beta       | 44,24951    |           | Dist Piv | 100      |          |           |
| CBRX       | -418,92     |           |          |          |          |           |
| CBRY       | -186,896    |           |          |          |          |           |
| gamma      | 39,5533     | 42,32862  | 45,09872 | 47,82037 | 50,59755 | 53,39129  |
| CRS1X      | -341,817    | -344,99   | -348,331 | -351,774 | -355,443 | -359,285  |
| CRS1Y      | -123,216    | -119,558  | -116,063 | -112,791 | -109,625 | -106,623  |
| CR2X       | -200        |           |          |          |          |           |
| CRS2Y      | -300        |           |          |          |          |           |
| Long res   | 226,6373    | 231,4772  | 236,2939 | 241,003  | 245,7749 | 250,5322  |
| Long prom  | 237,2823    |           |          |          |          |           |
| Máx variac | 26,41446    |           |          |          |          |           |

|            | Hor      |          |          |          |          |          |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n          | 0        | 58       | 116      | 173      | 231      | 289      |
| l/2 +n*esp | 35       | 50,66    | 66,32    | 81,71    | 97,37    | 113,03   |
| h/2 +n*esp | 87,5     | 103,16   | 118,82   | 134,21   | 149,87   | 165,53   |
| alfa4      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| alfa5      | 35       | 30       | 28       | 28       | 30       | 35       |
| CA1X L     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     |
| CA1Y L     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     |
| CA2X L     | 3,192483 | 4,75833  | 5,375188 | 5,375188 | 4,75833  | 3,192483 |
| CA2Y L     | 3,192483 | 4,75833  | 5,375188 | 5,375188 | 4,75833  | 3,192483 |
| CA1X G     | -11,882  | -25,807  | -40,7916 | -56,1816 | -72,517  | -89,912  |
| CAX MAX    | 74,5     | 90,16    | 105,82   | 121,21   | 136,87   | 152,53   |
| CAZX VAR   | -72,5    | -87,5    | -104     | -120     | -135     | -151,5   |
| CA2X G     | -95,3075 | -109,402 | -124,445 | -139,835 | -156,112 | -173,338 |
| CAX MIN    | -74,5    | -90,16   | -105,82  | -121,21  | -136,87  | -152,53  |
| CA1Y G     | 59       | 74,66    | 90,32    | 105,71   | 121,37   | 137,03   |
| CA2Y G     | 49,19248 | 66,41833 | 82,69519 | 98,08519 | 113,1283 | 127,2225 |
| COND ALFS  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| alfa3 H    | 6,704928 | 5,630641 | 5,207996 | 5,207996 | 5,630641 | 6,704928 |
| CA3X H     | -58,4985 | -71,7252 | -86,4306 | -101,821 | -118,435 | -136,529 |
| CA3Y H     | 95,80899 | 112,3365 | 128,3342 | 143,7242 | 159,0465 | 173,839  |
| CBRX       | -418,92  | -418,92  | -418,92  | -418,92  | -418,92  | -418,92  |
| CBRY       | -186,896 | -186,896 | -186,896 | -186,896 | -186,896 | -186,896 |
| brl14      | 458      | 458      | 458      | 458      | 458      | 458      |
| gamma      | 38,10968 | 40,75665 | 43,47364 | 46,19584 | 49,02249 | 51,94536 |
| CRS1X      | -340,237 | -343,171 | -346,351 | -349,7   | -353,344 | -357,279 |
| CRS1Y      | -125,179 | -121,611 | -118,094 | -114,725 | -111,399 | -108,153 |
| Long res   | 224,1178 | 228,7369 | 233,4705 | 238,1955 | 243,0732 | 248,0759 |



### Núcleo 25KVA

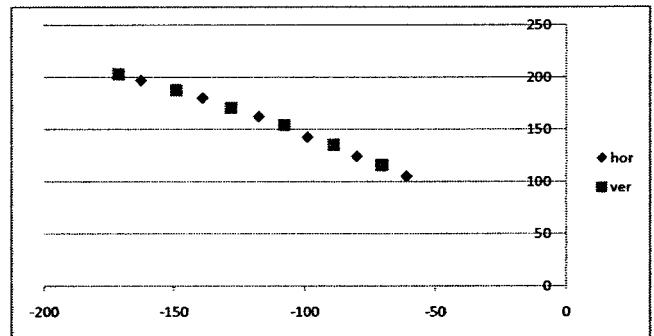
|            | Dim Ventana | Dim Mecan   |           |           |          |          |
|------------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|
| l          | 79 brr3     | 13 brr3 max | 34 SIMBOL | RESULT    |          |          |
| h          | 165 brdiam1 | 22 brr2 min | 18,38478  | INDICAD   |          |          |
| n MAX      | 319 brr2    | 42 brr2 máx | 117       | VARIABLES |          |          |
| alfa min   | 25,029      |             |           |           |          | LÍMITES  |
| alfa max   | 64,971 cat  | 472         |           |           |          |          |
| Hor        |             |             |           |           |          |          |
| n          | 0           | 64          | 128       | 191       | 255      | 319      |
| l/2 +n*esp | 39,5        | 56,78       | 74,06     | 91,07     | 108,35   | 125,63   |
| h/2 +n*esp | 82,5        | 99,78       | 117,06    | 134,07    | 151,35   | 168,63   |
| l min      | 37          | 37          | 37        | 37        | 37       | 37       |
| alfa1      | 0           | 0           | 0         | 0         | 0        | 0        |
| XmaxA1     |             |             |           |           |          |          |
| YmaxA1     |             |             |           |           |          |          |
| alfa2      | 0           | 0           | 0         | 0         | 0        | 0        |
| XmaxA2     |             |             |           |           |          |          |
| YmaxA2     |             |             |           |           |          |          |
| IND ALFS   |             |             |           |           |          |          |
| CA1X L     | 13          | 13          | 13        | 13        | 13       | 13       |
| CA1Y L     | 13          | 13          | 13        | 13        | 13       | 13       |
| CA2X L     | 13          | 13          | 13        | 13        | 13       | 13       |
| CA2Y L     | -13         | -13         | -13       | -13       | -13      | -13      |
| CA1X G MAX | 26,5        | 43,78       | 61,06     | 78,07     | 95,35    | 112,63   |
| CA1X G MAX | 5,434752    | -11,8452    | -29,1252  | -46,1352  | -63,4152 | -80,6952 |
| CA1X G MAX | 5,434752    | -11,8452    | -29,1252  | -46,1352  | -63,4152 | -80,6952 |
| CA1X VAR   | -1          | -16         | -32,5     | -51       | -69      | -88,2    |
| CA1X G     | -1          | -17         | -34       | -51       | -69      | -88,2    |
| CA1X G MIN | -15,5       | -32,78      | -50,06    | -67,07    | -84,35   | -101,63  |
| IND X VAR  |             |             |           |           |          |          |
| CA1Y G     | 106,5       | 123,78      | 141,06    | 158,07    | 175,35   | 192,63   |
| CA2X G     | -63,5       | -80,78      | -98,06    | -115,07   | -132,35  | -149,63  |
| COND ALFS  | 0           | 0           | 0         | 0         | 0        | 0        |
| CA2Y MAX   | 58,5        | 75,78       | 93,06     | 110,07    | 127,35   | 144,63   |
| CA2Y G     | 50,37737    | 69,11638    | 86,72478  | 103,7466  | 120,1886 | 135,3382 |
| CA2Y MIN   | -69,5       | -86,78      | -104,06   | -121,07   | -138,35  | -155,63  |
| alfa3      | 41,92264    | 40,59873    | 40,30437  | 40,29382  | 41,04739 | 43,00371 |
| CA3X V     | -60,3113    | -76,2218    | -93,1976  | -110,197  | -128,256 | -147,561 |
| CA3Y V     | 109,6887    | 128,3382    | 145,9224  | 162,9433  | 179,4443 | 194,6991 |
| CBRX       | -434,864    | -434,864    | -434,864  | -434,864  | -434,864 | -434,864 |
| CBRY       | -185,669    | -185,669    | -185,669  | -185,669  | -185,669 | -185,669 |
| brl14      | 477         | 477         | 476       | 476       | 477      | 477      |
| delt X     | 94,06239    |             |           |           |          |          |
| delt Y     | 94,39009    | brl14       | 476,6795  |           |          |          |
| H          | 133,2562    | cat         | 472       |           |          |          |
| CHX        | -100,53     | brl14       | 477       |           |          |          |
| CHY        | 147,504     |             |           |           |          |          |
| beta       | 45,09963    | Dist Piv    | 100       |           |          |          |
| CBRX       | -434,864    |             |           |           |          |          |
| CBRY       | -185,669    |             |           |           |          |          |
| gamma      | 38,25799    | 41,20363    | 44,1427   | 47,03689  | 49,97777 | 52,93522 |
| CRS1X      | -356,341    | -359,627    | -363,103  | -366,711  | -370,556 | -374,592 |
| CRS1Y      | -123,749    | -119,796    | -116,025  | -112,49   | -109,09  | -105,874 |
| CR2X       | -200        |             |           |           |          |          |
| CRS2Y      | -300        |             |           |           |          |          |
| Long res   | 235,5989    | 240,7369    | 245,865   | 250,9035  | 255,9996 | 261,0888 |
| Long prom  | 247,0084    |             |           |           |          |          |
| Máx variac | 27,9141     |             |           |           |          |          |



### Núcleo 37,5KVA

|            | Dim Ventana | Dim Mecan |          | 37,5 SIMBOL |          |           |
|------------|-------------|-----------|----------|-------------|----------|-----------|
| l          | 86          | brr3      | 13       | brr3 max    | 37,5     | RESULT    |
| h          | 190         | brdiam1   | 22       | brr2 min    | 18,38478 | INDICAD   |
| n MAX      | 349         | brr2      | 42       | brr2 máx    | 142      | VARIABLES |
| alfa min   | 25,029      |           |          |             |          | LÍMITES   |
| alfa max   | 64,971      | cat       | 454      |             |          |           |
| n          | 0           | 70        | 140      | 209         | 279      | 349       |
| l/2 +n*esp | 43          | 61,9      | 80,8     | 99,43       | 118,33   | 137,23    |
| h/2 +n*esp | 95          | 113,9     | 132,8    | 151,43      | 170,33   | 189,23    |
| l mín      | 37          | 37        | 37       | 37          | 37       | 37        |
| alfa1      | 0           | 0         | 0        | 0           | 0        | 0         |
| XmaxA1     |             |           |          |             |          |           |
| YmaxA1     |             |           |          |             |          |           |
| alfa2      | 0           | 0         | 0        | 0           | 0        | 0         |
| XmaxA2     |             |           |          |             |          |           |
| YmaxA2     |             |           |          |             |          |           |
| IND ALF5   |             |           |          |             |          |           |
| CA1X L     | 13          | 13        | 13       | 13          | 13       | 13        |
| CA1Y L     | 13          | 13        | 13       | 13          | 13       | 13        |
| CA2X L     | 13          | 13        | 13       | 13          | 13       | 13        |
| CA2Y L     | -13         | -13       | -13      | -13         | -13      | -13       |
| CA1X G MAX | 30          | 48,9      | 67,8     | 86,43       | 105,33   | 124,23    |
| CA1X G MAX | 1,934752    | -16,9652  | -35,8652 | -54,4952    | -73,3952 | -92,2952  |
| CA1X G MAX | 1,934752    | -16,9652  | -35,8652 | -54,4952    | -73,3952 | -92,2952  |
| CA1X VAR   | -11         | -29,5     | -48,5    | -69         | -90      | -113      |
| CA1X G     | -11         | -29,5     | -48,5    | -69         | -90      | -113      |
| CA1X G MIN | -19         | -37,9     | -56,8    | -75,43      | -94,33   | -113,23   |
| IND X VAR  |             |           |          |             |          |           |
| CA1Y G     | 119         | 137,9     | 156,8    | 175,43      | 194,33   | 213,23    |
| CA2X G     | -67         | -85,9     | -104,8   | -123,43     | -142,33  | -161,23   |
| COND ALF5  | 0           | 0         | 0        | 0           | 0        | 0         |
| CA2Y MAX   | 71          | 89,9      | 108,8    | 127,43      | 146,33   | 165,23    |
| CA2Y G     | 56,3901     | 75,65018  | 94,45972 | 111,4505    | 128,6218 | 144,456   |
| CA2Y MIN   | -82         | -100,9    | -119,8   | -138,43     | -157,33  | -176,23   |
| alfa3      | 48,18969    | 47,82258  | 47,91456 | 49,61081    | 51,4662  | 54,95871  |
| CA3X V     | -70,305     | -88,8249  | -107,82  | -128,205    | -149,019 | -171,502  |
| CA3Y V     | 115,695     | 134,9751  | 153,7799 | 170,6553    | 187,6409 | 202,958   |
| CBRX       | -417,068    | -417,068  | -417,068 | -417,068    | -417,068 | -417,068  |
| CBRY       | -185,921    | -185,921  | -185,921 | -185,921    | -185,921 | -185,921  |
| brl14      | 460         | 459       | 459      | 459         | 460      | 460       |
| delt X     | 110,2532    |           |          |             |          |           |
| delt Y     | 97,46459    | brl14     | 459,9237 |             |          |           |
| H          | 147,1568    | cat       | 454      |             |          |           |
| CHX        | -116,375    | brl14     | 459      |             |          |           |
| CHY        | 154,2257    |           |          |             |          |           |
| beta       | 41,4769     | Dist Piv  | 100      |             |          |           |
| CBRX       | -417,068    |           |          |             |          |           |
| CBRY       | -185,921    |           |          |             |          |           |
| gamma      | 41,01695    | 44,35161  | 47,68678 | 50,98904    | 54,33877 | 57,72881  |
| CRS1X      | -341,616    | -345,561  | -349,75  | -354,121    | -358,769 | -363,675  |
| CRS1Y      | -120,293    | -116,015  | -111,974 | -108,219    | -104,674 | -101,368  |
| CR2X       | -200        |           |          |             |          |           |
| CRS2Y      | -300        |           |          |             |          |           |
| Long res   | 228,8005    | 234,6027  | 240,3721 | 246,0351    | 251,7139 | 257,3792  |
| Long prom  | 241,7647    |           |          |             |          |           |
| Máx variac | 31,54311    |           |          |             |          |           |

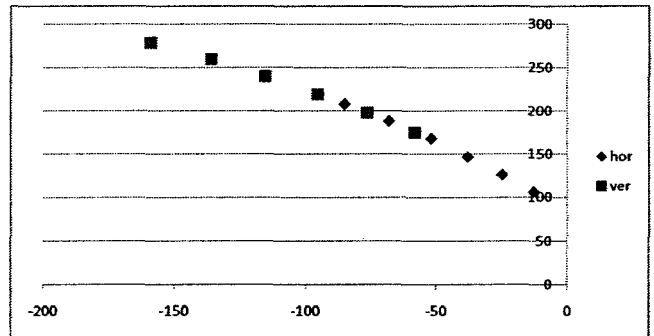
|            | Hor      |          |          |          |          |          |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n          | 0        | 70       | 140      | 209      | 279      | 349      |
| l/2 +n*esp | 43       | 61,9     | 80,8     | 99,43    | 118,33   | 137,23   |
| h/2 +n*esp | 95       | 113,9    | 132,8    | 151,43   | 170,33   | 189,23   |
| alfa4      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| alfa5      | 25,1     | 25,1     | 25,1     | 25,1     | 30       | 40       |
| CA1X L     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     |
| CA1Y L     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     |
| CA2X L     | 6,257802 | 6,257802 | 6,257802 | 6,257802 | 4,75833  | 1,602339 |
| CA2Y L     | 6,257802 | 6,257802 | 6,257802 | 6,257802 | 4,75833  | 1,602339 |
| CA1X G     | -16,0132 | -34,9132 | -53,8132 | -72,4432 | -92,977  | -115,405 |
| CAX MAX    | 82       | 100,9    | 119,8    | 138,43   | 157,33   | 176,23   |
| CA2X VAR   | -82      | -100,9   | -119,8   | -138,43  | -157,33  | -170     |
| CA2X G     | -99,7422 | -118,642 | -137,542 | -156,172 | -176,572 | -198,628 |
| CAX MIN    | -82      | -100,9   | -119,8   | -138,43  | -157,33  | -176,23  |
| CA1Y G     | 67       | 85,9     | 104,8    | 123,43   | 142,33   | 161,23   |
| CA2Y G     | 60,2578  | 79,1578  | 98,0578  | 116,6878 | 134,0883 | 149,8323 |
| COND ALF5  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| alfa3 H    | 4,603756 | 4,603756 | 4,603756 | 4,603756 | 5,630641 | 7,798315 |
| CA3X H     | -61,2488 | -80,1488 | -99,0488 | -117,679 | -138,895 | -162,715 |
| CA3Y H     | 105,4934 | 124,3934 | 143,2934 | 161,9234 | 180,0065 | 197,1427 |
| CBR X      | -417,068 | -417,068 | -417,068 | -417,068 | -417,068 | -417,068 |
| CBR Y      | -185,921 | -185,921 | -185,921 | -185,921 | -185,921 | -185,921 |
| brl14      | 460      | 458      | 458      | 459      | 460      | 460      |
| gamma      | 39,31739 | 42,64622 | 45,991   | 49,28152 | 52,75848 | 56,41602 |
| CRS1X      | -339,703 | -343,513 | -347,591 | -351,834 | -356,55  | -361,752 |
| CRS1Y      | -122,56  | -118,175 | -113,998 | -110,129 | -106,312 | -102,614 |
| Long res   | 225,8361 | 231,6385 | 237,4439 | 243,114  | 249,0439 | 255,196  |



### Núcleo 50KVA

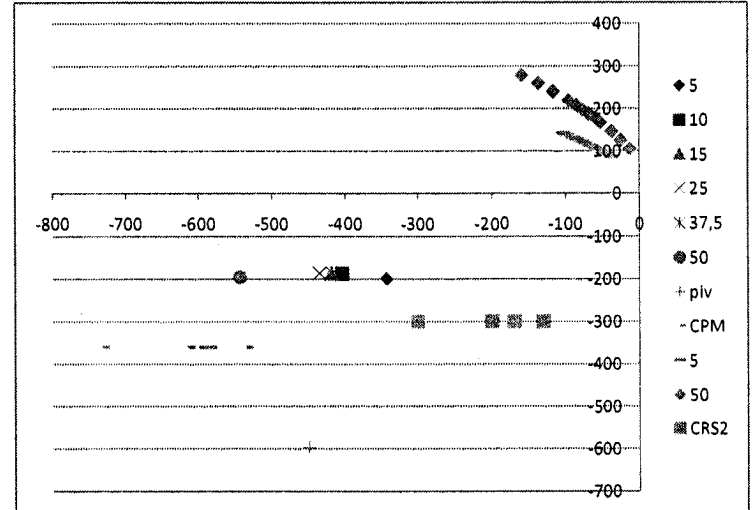
|            | Dim Ventana | Dim Mecan |          |          |          |           |
|------------|-------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| t          | 80          | brr3      | 13       | brr3 max | 34,5     | SIMBOL    |
| h          | 290         | brdiam1   | 22       | brr2 min | 18,38478 | RESULT    |
| n MAX      | 378         | brr2      | 42       | brr2 máx | 242      | INDICAD   |
| alfa min   | 25,029      |           |          |          |          | VARIABLES |
| alfa max   | 64,971      | cat       | 600      |          |          | LÍMITES   |
| n          | 0           | 76        | 151      | 227      | 302      | 378       |
| l/2 +n*esp | 40          | 60,52     | 80,77    | 101,29   | 121,54   | 142,06    |
| h/2 +n*esp | 145         | 165,52    | 185,77   | 206,29   | 226,54   | 247,06    |
| l mín      | 37          | 37        | 37       | 37       | 37       | 37        |
| alfa1      | 0           | 0         | 0        | 0        | 0        | 0         |
| XmaxA1     |             |           |          |          |          |           |
| YmaxA1     |             |           |          |          |          |           |
| alfa2      | 0           | 0         | 0        | 0        | 0        | 0         |
| XmaxA2     |             |           |          |          |          |           |
| YmaxA2     |             |           |          |          |          |           |
| IND ALFS   |             |           |          |          |          |           |
| CA1X L     | 13          | 13        | 13       | 13       | 13       | 13        |
| CA1Y L     | 13          | 13        | 13       | 13       | 13       | 13        |
| CA2X L     | 13          | 13        | 13       | 13       | 13       | 13        |
| CA2Y L     | -13         | -13       | -13      | -13      | -13      | -13       |
| CA1X G MAX | 27          | 47,52     | 67,77    | 88,29    | 108,54   | 129,06    |
| CA1X G MAX | 4,934752    | -15,5852  | -35,8352 | -56,3552 | -76,6052 | -97,1252  |
| CA1X G MAX | 4,934752    | -15,5852  | -35,8352 | -56,3552 | -76,6052 | -97,1252  |
| CA1X VAR   | 1,00        | -17,5     | -36,7    | -57      | -77,5    | -100      |
| CA1X G     | 1           | -17,5     | -36,7    | -57      | -77,5    | -100      |
| CA1X G MIN | -16         | -36,52    | -56,77   | -77,29   | -97,54   | -118,06   |
| IND X VAR  |             |           |          |          |          |           |
| CA1Y G     | 169         | 189,52    | 209,77   | 230,29   | 250,54   | 271,06    |
| CA2X G     | -64         | -84,52    | -104,77  | -125,29  | -145,54  | -166,06   |
| COND ALFS  | 0           | 0         | 0        | 0        | 0        | 0         |
| CA2Y MAX   | 121         | 141,52    | 161,77   | 182,29   | 202,54   | 223,06    |
| CA2Y G     | 115,7929    | 138,8809  | 160,5514 | 181,3771 | 201,2799 | 219,1748  |
| CA2Y MIN   | -132        | -152,52   | -172,77  | -193,29  | -213,54  | -234,06   |
| alfa3      | 39,30278    | 37,07404  | 35,86916 | 35,61226 | 35,90407 | 38,147    |
| CA3X V     | -58,1036    | -76,3296  | -95,3443 | -115,601 | -136,15  | -158,973  |
| CA3Y V     | 174,8964    | 197,7104  | 219,1957 | 239,9785 | 259,9299 | 278,1474  |
| CBRX       | -543,612    | -543,612  | -543,612 | -543,612 | -543,612 | -543,612  |
| CBRY       | -195,971    | -195,971  | -195,971 | -195,971 | -195,971 | -195,971  |
| brl14      | 611         | 611       | 611      | 611      | 611      | 611       |
| delt X     | 145,9726    |           |          |          |          |           |
| delt Y     | 172,1474    | brl14     | 610,5208 |          |          |           |
| H          | 225,705     | cat       | 600      |          |          |           |
| CHX        | -85,9863    | brl14     | 611      |          |          |           |
| CHY        | 192,0737    |           |          |          |          |           |
| beta       | 49,70368    | Dist Piv  | 100      |          |          |           |
| CBRX       | -543,612    |           |          |          |          |           |
| CBRY       | -195,971    |           |          |          |          |           |
| gamma      | 37,37525    | 40,11382  | 42,80453 | 45,52645 | 48,21119 | 50,94849  |
| CRS1X      | -464,145    | -467,136  | -470,245 | -473,554 | -476,974 | -480,61   |
| CRS1Y      | -135,268    | -131,54   | -128,021 | -124,613 | -121,41  | -118,313  |
| CR2X       | -300        |           |          |          |          |           |
| CRS2Y      | -300        |           |          |          |          |           |
| Long res   | 232,5515    | 237,3038  | 241,9918 | 246,7418 | 251,4238 | 256,1842  |
| Long prom  | 236,7724    |           |          |          |          |           |
| Máx variac | 36,83412    |           |          |          |          |           |

|            | Hor      |          |          |          |          |          |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n          | 0        | 76       | 151      | 227      | 302      | 378      |
| l/2 +n*esp | 40       | 60,52    | 80,77    | 101,29   | 121,54   | 142,06   |
| h/2 +n*esp | 145      | 165,52   | 185,77   | 206,29   | 226,54   | 247,06   |
| alfa4      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| alfa5      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| CA1X L     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     |
| CA1Y L     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     | 13,0     |
| CA2X L     | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       |
| CA2Y L     | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       | 13       |
| CA1X G     | 29       | 17       | 4        | -10      | -26      | -43      |
| CAX MAX    | 132      | 152,52   | 172,77   | 193,29   | 213,54   | 234,06   |
| CA2X VAR   | -55      | -67      | -80      | -94      | -110     | -127     |
| CA2X G     | -55      | -67      | -80      | -94      | -110     | -127     |
| CAX MIN    | -132     | -152,52  | -172,77  | -193,29  | -213,54  | -234,06  |
| CA1Y G     | 64       | 84,52    | 104,77   | 125,29   | 145,54   | 166,06   |
| CA2Y G     | 64       | 84,52    | 104,77   | 125,29   | 145,54   | 166,06   |
| COND ALFS  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| alfa3 H    | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| CA3X H     | -13      | -25      | -38      | -52      | -68      | -85      |
| CA3Y H     | 106      | 126,52   | 146,77   | 167,29   | 187,54   | 208,06   |
| CBR X      | -543,612 | -543,612 | -543,612 | -543,612 | -543,612 | -543,612 |
| CBR Y      | -195,971 | -195,971 | -195,971 | -195,971 | -195,971 | -195,971 |
| brl14      | 611      | 611      | 611      | 611      | 611      | 611      |
| gamma      | 29,64416 | 31,87476 | 34,13228 | 36,46134 | 38,88103 | 41,37959 |
| CRS1X      | -456,701 | -458,692 | -460,838 | -463,186 | -465,767 | -468,578 |
| CRS1Y      | -146,51  | -143,164 | -139,86  | -136,543 | -133,2   | -129,866 |
| Long res   | 219,35   | 223,1154 | 226,9659 | 230,972  | 235,1614 | 239,5075 |



### Puntos Pivote

|            | 5           | 10          | 15          | 25          | 37,5        | 50          |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CAT        | 415         | 445         | 454         | 472         | 454         | 600         |
| CBRX       | -343,385505 | -404,188499 | -418,91985  | -434,863988 | -417,067814 | -543,612205 |
| CBR        | 1           | 2           | 3           | 4           | 3           | 5           |
| CBRY       | -198,696976 | -186,984407 | -186,895759 | -185,669496 | -185,921453 | -195,970809 |
| Br soporte | 412         | 413         | 411         | 412         | 413         | 412         |
| BRL14      | 417         | 448         | 458         | 477         | 459         | 611         |
| gamma      | 70          | 60          | 58          | 55          | 58          | 40          |
| CPMX       | -534        | -585        | -599        | -614        | -597        | -732        |
| CPMY       | -360        | -360        | -360        | -360        | -360        | -360        |
| PM         | 1           | 2           | 3           | 4           | 3           | 5           |
| CRS2X      | -130        | -170        | -200        | -200        | -200        | -300        |
| CRS2Y      | -300        | -300        | -300        | -300        | -300        | -300        |
| Dist piv   | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         |
| Long prom  | 230         | 246         | 237         | 247         | 242         | 237         |
| Máx varlac | 20,0        | 22,1        | 26,4        | 27,9        | 31,5        | 36,8        |
| L máx      | 240,1       | 257,5       | 250,5       | 261,1       | 257,4       | 256,2       |
| Lmín       | 220,1       | 235,4       | 224,1       | 233,2       | 225,8       | 219,4       |
| delt X     | 200,2267    |             |             |             |             |             |
| delt Y     | 2,72616777  | br1         |             | 250         | 250         |             |
| H          | 200,245258  | CAT2        |             | 400         |             |             |
| CHX        | -443,498855 |             |             |             |             |             |
| CHY        | -197,333892 |             |             |             |             |             |
| beta       | 0,78005709  |             |             |             |             |             |
| CPIVX      | -448,944513 |             |             |             |             |             |
| CPIVY      | -597,296822 |             |             |             |             |             |



## Resorte

cálculo fuerza máxima

|          |       |
|----------|-------|
| 1 Kbf    | 1,33  |
| TS (MPa) | 330   |
| w (mm)   | 218   |
| t (mm)   | 0,27  |
| D        | 84    |
| F (N)    | 83,04 |

$$F = \frac{k_b f T S w t^2}{D}$$

Propiedades Mecánicas alambre templ en aceit

|            |          |           |
|------------|----------|-----------|
| 3 E (Mpa)  | 1,97E+05 | AISI 1065 |
| G (Mpa)    | 7,72E+04 |           |
| A (Mpa*mm) | 1855     |           |
| m          | 0,187    |           |
| Sut (Mpa)  | 1562,89  |           |
| Sy Mpa)    | 1172,17  |           |
| Ssu (Mpa)  | 1047,14  |           |
| Ssy (Mpa)  | 703,30   |           |

|      |       |
|------|-------|
| Lmáx | 256,2 |
| Lmín | 220,1 |

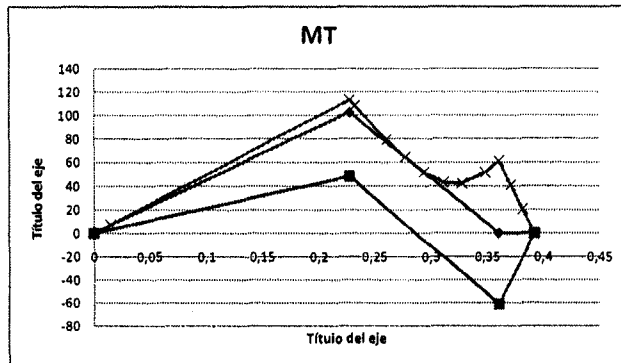
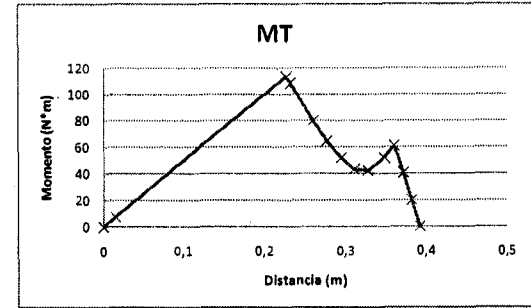
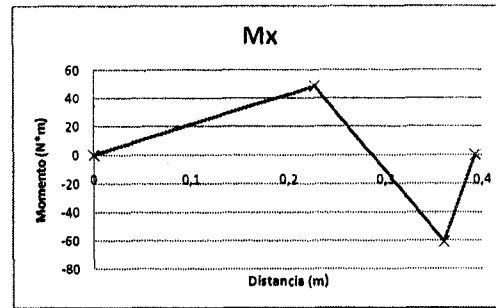
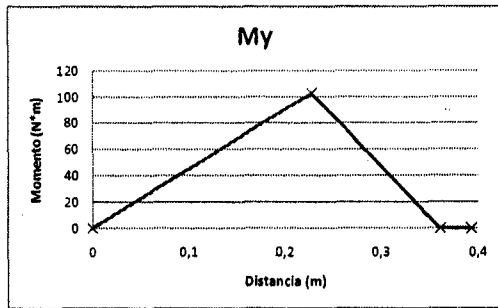
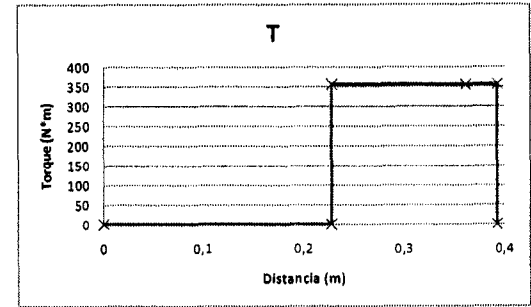
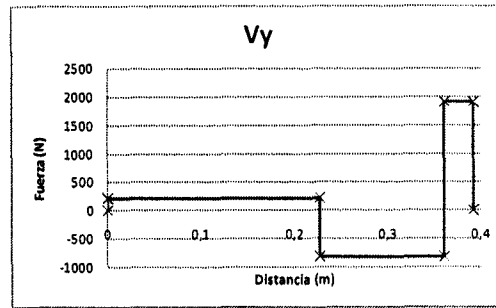
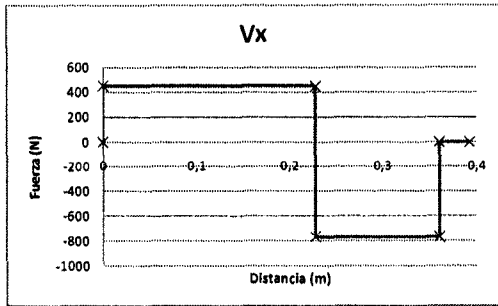
|                |              |            |
|----------------|--------------|------------|
|                | Fa (N)       | 9,52       |
|                | Fm (N)       | 73,52 en A |
| en los arillos | r=Fa/Fm      | 0,1294693  |
|                | Sig máx Per  | 703,301666 |
|                | (Sse)A Mpa   | 370,402457 |
|                | Sa (Mpa)     | 154,489343 |
|                | C desp       | 12,2338173 |
|                | C iter       | 12,23 en B |
|                | D (mm)       | 30,5845433 |
|                | DE (mm)      | 33,0845433 |
|                | KB           | 1,10884882 |
|                | Ti s/c (Mpa) | 63,9301533 |
|                | toler        | 17,7850507 |
|                | Fi máx       | 16,3938434 |
|                | Fi mín       | 9,25770906 |
|                | Fi esc (N)   | 11,3       |

## 2 Condiciones Diseño

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Vida infinita                 |        |
| Espiras completas en los extr |        |
| Radio generoso de dobléz pa   |        |
| Delt y (mm)                   | 36,1   |
| Fmáx (N)                      | 83,04  |
| Lmáx                          | 0,0    |
| Fmín (N)                      | 64     |
| Lmín                          | -434,9 |
| nf                            | 1,5    |

|             |             |
|-------------|-------------|
| d (mm)      | 2,5         |
| k (N/mm)    | 0,527       |
| Ymax        | 136,021983  |
| Ymin        | 99,9258958  |
| Na          | 24,9832414  |
| Nb          | 24,59       |
| L0          | 120,145002  |
| Lmax        | 256,17      |
| Lmín        | 220,070898  |
| Ta (Mpa)    | 52,608646   |
| Ti (Mpa)    | 62,4558137  |
| Tm (Mpa)    | 406,340688  |
| T max Per   | 468,867777  |
| Sse C (Mpa) | 246,804345  |
| Ssa C (Mpa) | 97,8539405  |
| nf C        | 1,86003534  |
| Ssa y (Mpa) | 73,45916    |
| ny C        | 1,39633246  |
| (K)A        | 1,06494363  |
| (Sig m a) A | 102,990249  |
| (Sig m m) A | 795,480058  |
| nf A        | 1,50003854  |
| ny A        | 1,30462791  |
| (K)B        | 1,07328644  |
| (Ta)B       | 50,9214106  |
| (Tm)B       | 393,308754  |
| nf B        | 2,21936446  |
| ny B        | 1,58319205  |
| cost        | 1,3         |
| cdm         | -0,01630382 |







| Fuerzas (N)  |             | Dimens tot | Descrip      | valor (mm) |      |             |
|--------------|-------------|------------|--------------|------------|------|-------------|
| Rx1          | 0           | coj 1      |              | 30         | er1  | 0,03        |
| Ry1          | -169,395123 | d1         | coj-D/d      | 40         | er2  | 0,05        |
| T (N*m)      | 0           | d2         |              | 10         | el1  | 0,2275      |
| FxC          | 0           | d3         | F rod        | 80         | el2  | 0,13308     |
| FyC          | 0           | d4         |              | 10         | el3  | 0,03193     |
| Fcad         | 0           | d5         | coj-D/d      | 40         | el4  | 1           |
| Rx2          | 0           | d6         | coj-cent cha | 30         | el5  | 0,8         |
| Masa max Ry2 | 2082,345123 | d7         | coj-rod      | 75         | alfa | 1,550798993 |
| 195 Wmax (N) | -1912,95    | d8         | rod-chav     | 120        | beta | 0,927295218 |
| w (rpm)      | 5           | 0          |              |            |      |             |

| descrip  | Vx      | Vy | T           | descrip  | My (N*m) | Mx (N*m)      |
|----------|---------|----|-------------|----------|----------|---------------|
| coj1     | 0       | 0  | 0           | 0 inicio | 0        | 0             |
| coj1     | 0       | 0  | -169,395123 | 0        | 0,2275   | 0 -38,5373905 |
| catarina | 0,2275  | 0  | -169,395123 | 0 coj 1  | 0,36058  | 0 -61,0804935 |
| catarina | 0,2275  | 0  | -169,395123 | 0 d7-d8  | 0,39251  | 0 0           |
| coj2     | 0,36058 | 0  | -169,395123 | 0 coj 2  | m1       | 0 -169,395123 |
| coj2     | 0,36058 | 0  | 1912,95     | 0        | b1       | 0 0           |
| mandril  | 0,39251 | 0  | 1912,95     | 0        | m2       | 0 -169,395123 |
| mandril  | 0,39251 | 0  | 0           | 0        | b2       | 0 0           |
|          |         |    |             |          | m3       | 0 1912,95     |
|          |         |    |             |          | b3       | 0 -750,852005 |

|     |             |
|-----|-------------|
| Sut | 590         |
| Sy  | 490         |
| Se' | 298,54      |
| Ka  | 0,82        |
| Kb  | 1,92        |
| Kc  | 1           |
| Kd  | 1           |
| Ke  | 1           |
| Se  | 470,758211  |
| E   | 2E+11       |
| l   | 4,09983E-09 |

acero 1040 CD ductil  
 b  
 4,45 -0,265

| Puntos criticos | MT (N*m)    | T           | k | Sig M (Mpa) | Sig A (Mpa)   | d (m) | FS    | Gerber | defl máx    |
|-----------------|-------------|-------------|---|-------------|---------------|-------|-------|--------|-------------|
| Chaveta         | 0           | 0           | 0 | 1           | 0             | 0     | 0,017 | 1,8    | 0           |
|                 | 0,2275      | 38,53739051 | 0 | 2           | 0 159,7959033 | 0     | 0,017 | 3      | 1,018331064 |
| D/d d5-d6       | 0,2275      | 38,53739051 | 0 | 2           | 0 159,7959033 | 0     | 0,017 | 3      | 1,018331064 |
| Rod             | 0,27186     | 46,05175818 | 0 | 2           | 0 190,9543484 | 0     | 0,017 | 3      | 1,216894431 |
| D/d d2-d1       | 0,31622     | 53,56612584 | 0 | 2           | 0 222,1127936 | 0     | 0,017 | 3      | 1,415457798 |
|                 | 0,36058     | 61,0804935  | 0 | 2           | 0 253,2712387 | 0     | 0,017 | 3      | 1,614021165 |
|                 | 0,36058     | 61,0804935  | 0 | 2           | 0 253,2712387 | 0     | 0,017 | 3      | 1,614021165 |
|                 | 0,371223333 | 40,720329   | 0 | 2           | 0 168,8474925 | 0     | 0,017 | 3      | 1,07601411  |
|                 | 0,381866667 | 20,3601645  | 0 | 2           | 0 84,42374624 | 0     | 0,017 | 3      | 0,538007055 |
|                 | 0,39251     | 0           | 0 | 2           | 0 0           | 0     | 0,017 | 3      | 0           |

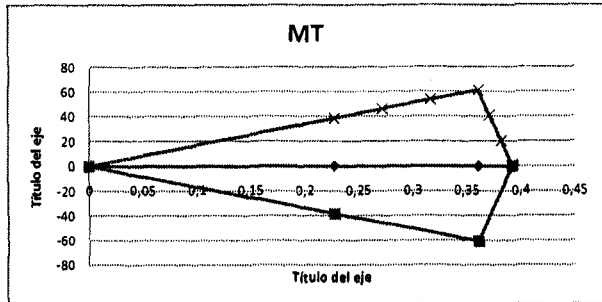
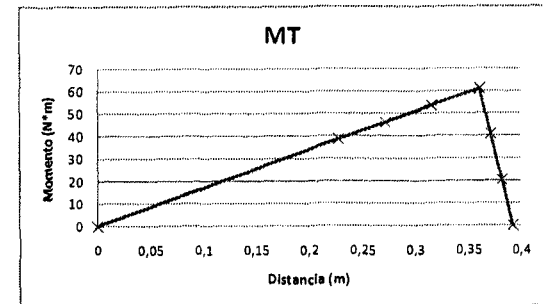
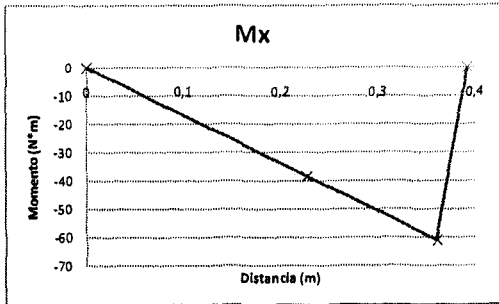
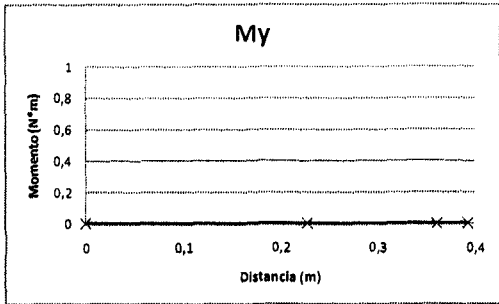
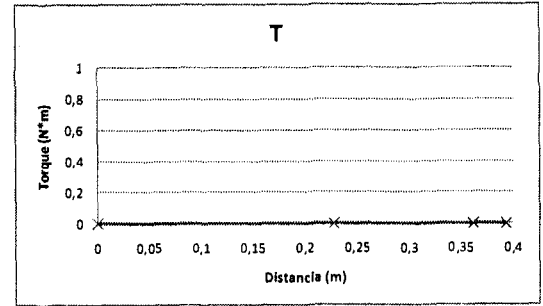
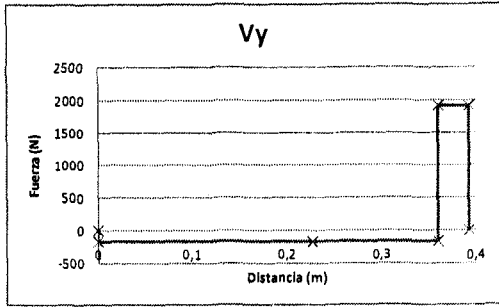
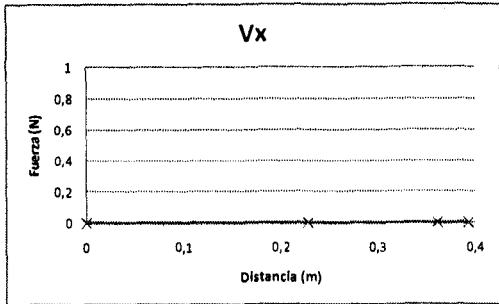
|              | Fuerzas (N) |             | Dimens tot | Descrip      | valor (mm) |      |             |
|--------------|-------------|-------------|------------|--------------|------------|------|-------------|
|              | Rx1         | 0           | coj 1      |              | 30         | er1  | 0,03        |
|              | Ry1         | -169,395123 | d1         | coj-D/d      | 40         | er2  | 0,05        |
|              | T (N*m)     | 0           | d2         |              | 10         | el1  | 0,2275      |
|              | FxC         | 0           | d3         | F rod        | 80         | el2  | 0,13308     |
|              | FyC         | 0           | d4         |              | 10         | el3  | 0,03193     |
|              | Fcad        | 0           | d5         | coj-D/d      | 40         | el4  | 1           |
|              | Rx2         | 0           | d6         | coj-cent cha | 30         | el5  | 0,8         |
| Masa max     | Ry2         | 2082,345123 | d7         | coj-rod      | 75         | alfa | 1,550798993 |
| 195 Wmax (N) |             | -1912,95    | d8         | rod-chav     | 120        | beta | 0,927295218 |
|              | w (rpm)     | 5           | 0          |              |            |      |             |

| descrip  | Vx      | Vy | T           | descrip  | My (N*m) | Mx (N*m)      |
|----------|---------|----|-------------|----------|----------|---------------|
| coj1     | 0       | 0  | 0           | 0 inicio | 0        | 0             |
| coj1     | 0       | 0  | -169,395123 | 0        | 0,2275   | 0 -38,5373905 |
| catarina | 0,2275  | 0  | -169,395123 | 0 coj 1  | 0,36058  | 0 -61,0804935 |
| catarina | 0,2275  | 0  | -169,395123 | 0 d7-d8  | 0,39251  | 0             |
| coj2     | 0,36058 | 0  | -169,395123 | 0 coj 2  | m1       | 0 -169,395123 |
| coj2     | 0,36058 | 0  | 1912,95     | 0        | b1       | 0             |
| mandril  | 0,39251 | 0  | 1912,95     | 0        | m2       | 0 -169,395123 |
| mandril  | 0,39251 | 0  | 0           | 0        | b2       | 0             |
|          |         |    |             |          | m3       | 0 1912,95     |
|          |         |    |             |          | b3       | 0 -750,852005 |

|     |             |
|-----|-------------|
| Sut | 590         |
| Sy  | 490         |
| Se' | 298,54      |
| Ka  | 0,82        |
| Kb  | 1,92        |
| Kc  | 1           |
| Kd  | 1           |
| Ke  | 1           |
| Se  | 470,758211  |
| E   | 2E+11       |
| I   | 4,09983E-09 |

acero 1040 CD ductil  
 a b  
 4,45 -0,265

| Puntos críticos | MT (N*m)    | T           | k | Sig M (Mpa) | Sig A (Mpa) | d (m)       | FS    | Gerber | defl máx    |
|-----------------|-------------|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------|--------|-------------|
| Chaveta         | 0           | 0           | 0 | 1           | 0           | 0           | 0,017 | 1,8    | 0           |
|                 | 0,2275      | 38,53739051 | 0 | 2           | 0           | 159,7959033 | 0,017 | 3      | 1,018331064 |
| D/d d5-d6       | 0,2275      | 38,53739051 | 0 | 2           | 0           | 159,7959033 | 0,017 | 3      | 1,018331064 |
| Rod             | 0,27186     | 46,05175818 | 0 | 2           | 0           | 190,9543484 | 0,017 | 3      | 1,216894431 |
| D/d d2-d1       | 0,31622     | 53,56612584 | 0 | 2           | 0           | 222,1127936 | 0,017 | 3      | 1,415457798 |
|                 | 0,36058     | 61,0804935  | 0 | 2           | 0           | 253,2712387 | 0,017 | 3      | 1,614021165 |
|                 | 0,36058     | 61,0804935  | 0 | 2           | 0           | 253,2712387 | 0,017 | 3      | 1,614021165 |
|                 | 0,371223333 | 40,720329   | 0 | 2           | 0           | 168,8474925 | 0,017 | 3      | 1,07601411  |
|                 | 0,381866667 | 20,3601645  | 0 | 2           | 0           | 84,42374624 | 0,017 | 3      | 0,538007055 |
|                 | 0,39251     | 0           | 0 | 2           | 0           | 0           | 0,017 | 3      | 0           |



| Dim Ventana  |       | Nota: vel 1 d aliment |       |       |       |       |          |
|--------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 5            | l     | 56                    |       |       |       |       |          |
|              | h     | 120                   |       |       |       |       |          |
|              | n MAX | 200                   |       |       |       |       |          |
| n            |       | 0                     | 40    | 80    | 120   | 160   | 200 prom |
| n*/2         |       | 28                    | 38,8  | 49,6  | 60,4  | 71,2  | 82       |
| n*/h/2       |       | 60                    | 70,8  | 81,6  | 92,4  | 103,2 | 114      |
| w (rpm)      |       | 20                    | 17    | 15    | 13    | 12    | 11       |
| long 1       |       | 112                   | 155,2 | 198,4 | 241,6 | 284,8 | 328      |
| long 2       |       | 240                   | 283,2 | 326,4 | 369,6 | 412,8 | 456      |
| long lam     |       | 352                   | 438,4 | 524,8 | 611,2 | 697,6 | 784      |
| vel 1 (mm/s) |       | 125,7                 | 126,0 | 128,2 | 125,8 | 129,7 | 131,3    |
| vel 2 (mm/s) |       | 58,6                  | 69,1  | 77,9  | 82,2  | 89,5  | 94,5     |
| t (s)        |       | 4,98                  | 5,33  | 5,74  | 6,42  | 6,81  | 7,33     |
|              |       |                       |       |       |       |       | 6,10     |
| camb lam     |       | 15                    |       |       |       |       |          |
| prom/lam     |       | 6,10                  |       |       |       |       |          |
| total        |       | 71                    |       |       |       |       |          |

| Dim Ventana  |       |       |        |        |        |       |          |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|----------|
| 10           | l     | 73    |        |        |        |       |          |
|              | h     | 155   |        |        |        |       |          |
|              | n MAX | 238   |        |        |        |       |          |
| n            |       | 0     | 48     | 95     | 143    | 190   | 238 prom |
| n*/2         |       | 36,5  | 49,46  | 62,15  | 75,11  | 87,8  | 100,76   |
| n*/h/2       |       | 77,5  | 90,46  | 103,15 | 116,11 | 128,8 | 141,76   |
| w (rpm)      |       | 16    | 14     | 12     | 11     | 9,5   | 8,5      |
| long 1       |       | 146   | 197,84 | 248,6  | 300,44 | 351,2 | 403,04   |
| long 2       |       | 310   | 361,84 | 412,6  | 464,44 | 515,2 | 567,04   |
| long lam     |       | 456   | 559,68 | 661,2  | 764,88 | 866,4 | 970,08   |
| vel 1 (mm/s) |       | 129,9 | 132,6  | 129,6  | 133,7  | 128,1 | 126,2    |
| vel 2 (mm/s) |       | 61,2  | 72,5   | 78,1   | 86,5   | 87,3  | 89,7     |
| t (s)        |       | 6,19  | 6,48   | 7,20   | 7,61   | 8,64  | 9,52     |
|              |       |       |        |        |        |       | 7,61     |
| camb lam     |       | 15    |        |        |        |       |          |
| prom/lam     |       | 7,61  |        |        |        |       |          |
| total        |       | 90    |        |        |        |       |          |

| Dim Ventana  |       |       |        |        |        |        |          |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 15           | l     | 70    |        |        |        |        |          |
|              | h     | 175   |        |        |        |        |          |
|              | n MAX | 289   |        |        |        |        |          |
| n            |       | 0     | 58     | 116    | 173    | 231    | 289 prom |
| n*/2         |       | 35    | 50,66  | 66,32  | 81,71  | 97,37  | 113,03   |
| n*/h/2       |       | 87,5  | 103,16 | 118,82 | 134,21 | 149,87 | 165,53   |
| w (rpm)      |       | 14    | 12     | 10,5   | 9      | 8      | 7,5      |
| long 1       |       | 140   | 202,64 | 265,28 | 326,84 | 389,48 | 452,12   |
| long 2       |       | 350   | 412,64 | 475,28 | 536,84 | 599,48 | 662,12   |
| long lam     |       | 490   | 615,28 | 740,56 | 863,68 | 988,96 | 1114,24  |
| vel 1 (mm/s) |       | 128,3 | 129,6  | 130,6  | 126,5  | 125,6  | 130,0    |
| vel 2 (mm/s) |       | 51,3  | 63,7   | 72,9   | 77,0   | 81,6   | 88,8     |
| t (s)        |       | 7,91  | 8,04   | 8,55   | 9,55   | 10,45  | 10,94    |
|              |       |       |        |        |        |        | 9,24     |
| camb lam     |       | 15    |        |        |        |        |          |
| prom/lam     |       | 9,24  |        |        |        |        |          |
| total        |       | 117   |        |        |        |        |          |

| Dim Ventana  |       |       |        |        |        |        |          |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 25           | l     | 79    |        |        |        |        |          |
|              | h     | 165   |        |        |        |        |          |
|              | n MAX | 319   |        |        |        |        |          |
| n            |       | 0     | 64     | 128    | 191    | 255    | 319 prom |
| n*/2         |       | 39,5  | 56,78  | 74,06  | 91,07  | 108,35 | 125,63   |
| n*/h/2       |       | 82,5  | 99,78  | 117,06 | 134,07 | 151,35 | 168,63   |
| w (rpm)      |       | 15    | 12     | 10,5   | 9      | 8      | 7,5      |
| long 1       |       | 158   | 227,12 | 296,24 | 364,28 | 433,4  | 502,52   |
| long 2       |       | 330   | 399,12 | 468,24 | 536,28 | 605,4  | 674,52   |
| long lam     |       | 488   | 626,24 | 764,48 | 900,56 | 1038,8 | 1177,04  |
| vel 1 (mm/s) |       | 129,6 | 125,4  | 128,7  | 126,4  | 126,8  | 132,4    |
| vel 2 (mm/s) |       | 62,0  | 71,4   | 81,4   | 85,8   | 90,8   | 98,7     |
| t (s)        |       | 6,54  | 7,41   | 8,05   | 9,13   | 10,09  | 10,63    |
|              |       |       |        |        |        |        | 8,64     |
| camb lam     |       | 15    |        |        |        |        |          |
| prom/lam     |       | 8,64  |        |        |        |        |          |
| total        |       | 126   |        |        |        |        |          |

| Dim Ventana  |       |       |       |       |         |         |          |
|--------------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|----------|
| 37,5         | l     | 86    |       |       |         |         |          |
|              | h     | 190   |       |       |         |         |          |
|              | n MAX | 349   |       |       |         |         |          |
| n            |       | 0     | 70    | 140   | 209     | 279     | 349 prom |
| n*/2         |       | 43    | 61,9  | 80,8  | 99,43   | 118,33  | 137,23   |
| n*/h/2       |       | 95    | 113,9 | 132,8 | 151,43  | 170,33  | 189,23   |
| w (rpm)      |       | 13    | 11    | 9     | 8       | 7,5     | 6,5      |
| long 1       |       | 172   | 247,6 | 323,2 | 397,72  | 473,32  | 548,92   |
| long 2       |       | 380   | 455,6 | 531,2 | 605,72  | 681,32  | 756,92   |
| long lam     |       | 552   | 703,2 | 854,4 | 1003,44 | 1154,64 | 1305,84  |
| vel 1 (mm/s) |       | 129,3 | 131,2 | 125,2 | 126,9   | 133,8   | 128,8    |
| vel 2 (mm/s) |       | 58,5  | 71,3  | 76,2  | 83,3    | 92,9    | 93,4     |
| t (s)        |       | 7,82  | 8,28  | 9,56  | 10,41   | 10,87   | 12,36    |
|              |       |       |       |       |         |         | 9,88     |
| camb lam     |       | 15    |       |       |         |         |          |
| prom/lam     |       | 9,88  |       |       |         |         |          |
| total        |       | 145   |       |       |         |         |          |

| Dim Ventana  |       |       |        |         |         |         |          |
|--------------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|----------|
| 50           | l     | 80    |        |         |         |         |          |
|              | h     | 290   |        |         |         |         |          |
|              | n MAX | 378   |        |         |         |         |          |
| n            |       | 0     | 76     | 151     | 227     | 302     | 378 prom |
| n*/2         |       | 40    | 60,52  | 80,77   | 101,29  | 121,54  | 142,06   |
| n*/h/2       |       | 145   | 165,52 | 185,77  | 206,29  | 226,54  | 247,06   |
| w (rpm)      |       | 8,5   | 7,5    | 6,5     | 6       | 5,5     | 5        |
| long 1       |       | 160   | 242,08 | 323,08  | 405,16  | 486,16  | 568,24   |
| long 2       |       | 580   | 662,08 | 743,08  | 825,16  | 906,16  | 988,24   |
| long lam     |       | 740   | 904,16 | 1066,16 | 1230,32 | 1392,32 | 1556,48  |
| vel 1 (mm/s) |       | 129,1 | 130,0  | 126,4   | 129,6   | 130,5   | 129,4    |
| vel 2 (mm/s) |       | 35,6  | 47,5   | 55,0    | 63,6    | 70,0    | 74,4     |
| t (s)        |       | 17,53 | 15,79  | 16,07   | 16,09   | 16,67   | 17,68    |
|              |       |       |        |         |         |         | 16,64    |
| camb lam     |       | 15    |        |         |         |         |          |
| prom/lam     |       | 16,64 |        |         |         |         |          |
| total        |       | 73    |        |         |         |         |          |

## 12. Especificaciones Reductor

Gear Products | Speed Reducers |

### Specifications: GSF2013AA

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Catalog Number:               | GSF2013AA      |
| Specification Number:         | GR0006A007     |
| Style Number:                 | STF-133-20-A-A |
| Ratio:                        | 20             |
| Max. Input HP:                | 0.36           |
| Max. Torque rating(in-lbs.):  | 220            |
| Output RPM @ 1750:            | 88             |
| C-Face Motor NEMA Frame Size: | 56C            |

## 13. Especificaciones Motor

AC Motors | Commercial Motors |

**Specifications: YPC144A**

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| Catalog Number:                  | YPC144A      |
| Specification Number:            | 17E141W312   |
| Horsepower:                      | .25          |
| Voltage:                         | 115          |
| Hertz:                           | 60           |
| Phase:                           | 1            |
| Full Load Amps:                  | 3.5          |
| Usable at 208 Volts:             | N/A          |
| RPM:                             | 1625         |
| Frame Size:                      | 48YZ         |
| Service Factor:                  | 1.00         |
| Rating:                          | 40C AMB-CONT |
| Locked Rotor Code:               | C            |
| NEMA Design Code:                | N            |
| Insulation Class:                | B            |
| Full Load Efficiency:            | 57.9         |
| Power Factor:                    | N/A          |
| Enclosure:                       | TEAO         |
| Baldor Type:                     | 17D8C        |
| DE Bearing:                      | N/A          |
| ODE Bearing:                     | N/A          |
| Electrical Specification Number: | 17WGW312     |
| Mechanical Specification Number: | 17E141       |
| Base:                            | YP           |
| Mounting:                        | F1           |

# AC VARIABLE SPEED CONTROL FOOT SWITCH



WORLD-CLASS  
QUALITY

NEW FROM LINEMASTER

MADE IN THE USA



RUSTPROOF  
CORROSIONPROOF  
DURABLE

WORLDWIDE  
USE

**LINEMASTER'S  
RENOWN  
EXPERIENCE,  
QUALITY AND  
VALUE**

HAS CULMINATED IN  
THE NEW AC SPEED  
CONTROL FOOT SWITCH.  
Engineered with state  
of the art design, this  
foot switch utilizes tough  
reinforced polymeric

material that will not  
rust or corrode. The  
AC Speed Control is  
designed for use with  
small fractional horse-  
power universal AC/DC  
motors.

# TRUST LINEMASTER FOR ALL YOUR FOOT SWITCH REQUIREMENTS.



**CONSIDER THE FEATURES AND BENEFITS THE AC SPEED CONTROL HAS TO OFFER:**

Variable control of fractional horsepower motors, leaving hands free



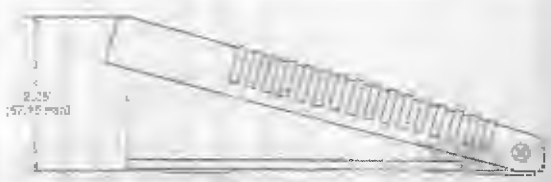
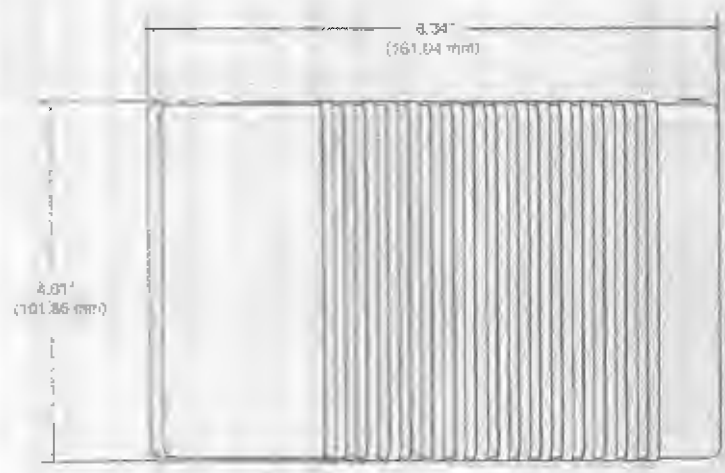
Half wave in the variable speed mode, full wave at full speed.



Optional SPDT auxiliary on/off switch.



Supplied with dual cordsets, single series plug or custom modified for the O.E.M.



**SIZE:**  
6.34" X 4.01" X 2.25"

**WEIGHT:** 1 LB. 3 OZ.  
(0.54 Kgs.)



Polymeric material will not rust or corrode.



Standard color is black; custom colors may be ordered on large O.E.M. orders.



Third party approvals pending.

## S P E C I F I C A T I O N S

| CATALOG NUMBERS    | ELECTRICAL RATINGS | CORDSETS   |
|--------------------|--------------------|--|
| 980-SC3 MOMENTARY  | 6A 125 VAC         | 6' 18/3 SVT with 3-prong plug<br>1' 18/3 SVT with mating receptacle                        |
| 981-SC35 MOMENTARY | 4A 250 VAC         | 6' 18/3 SVT with outer jacket stripped back<br>1' 18/3 SVT with outer jacket stripped back |

**LINEMASTER — YOUR COMPLETE SOURCE FOR FOOT SWITCHES.**

**AMERICA'S FOOT SWITCH LEADER**



**860-974-1000**  
WOODSTOCK, CT



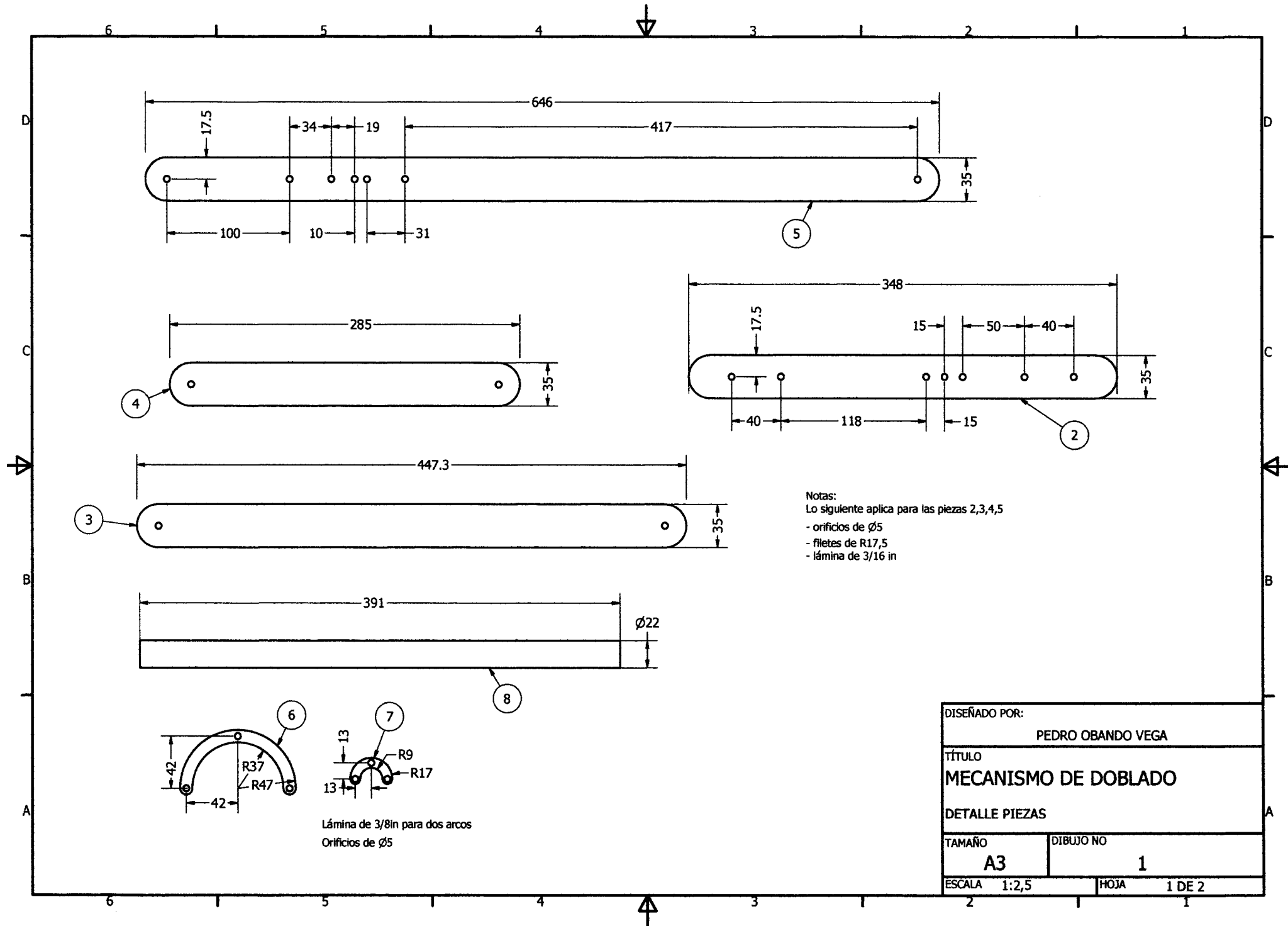
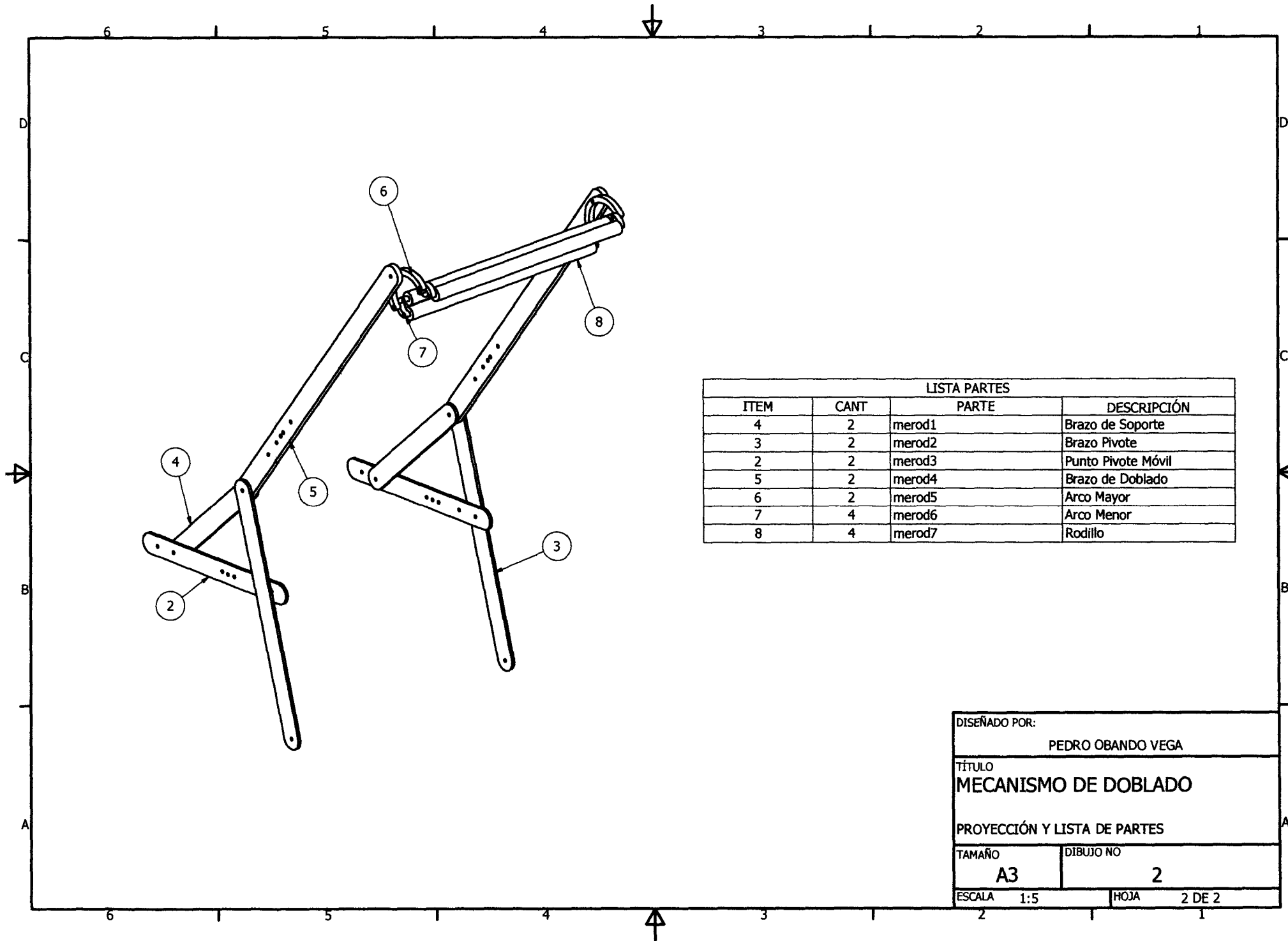


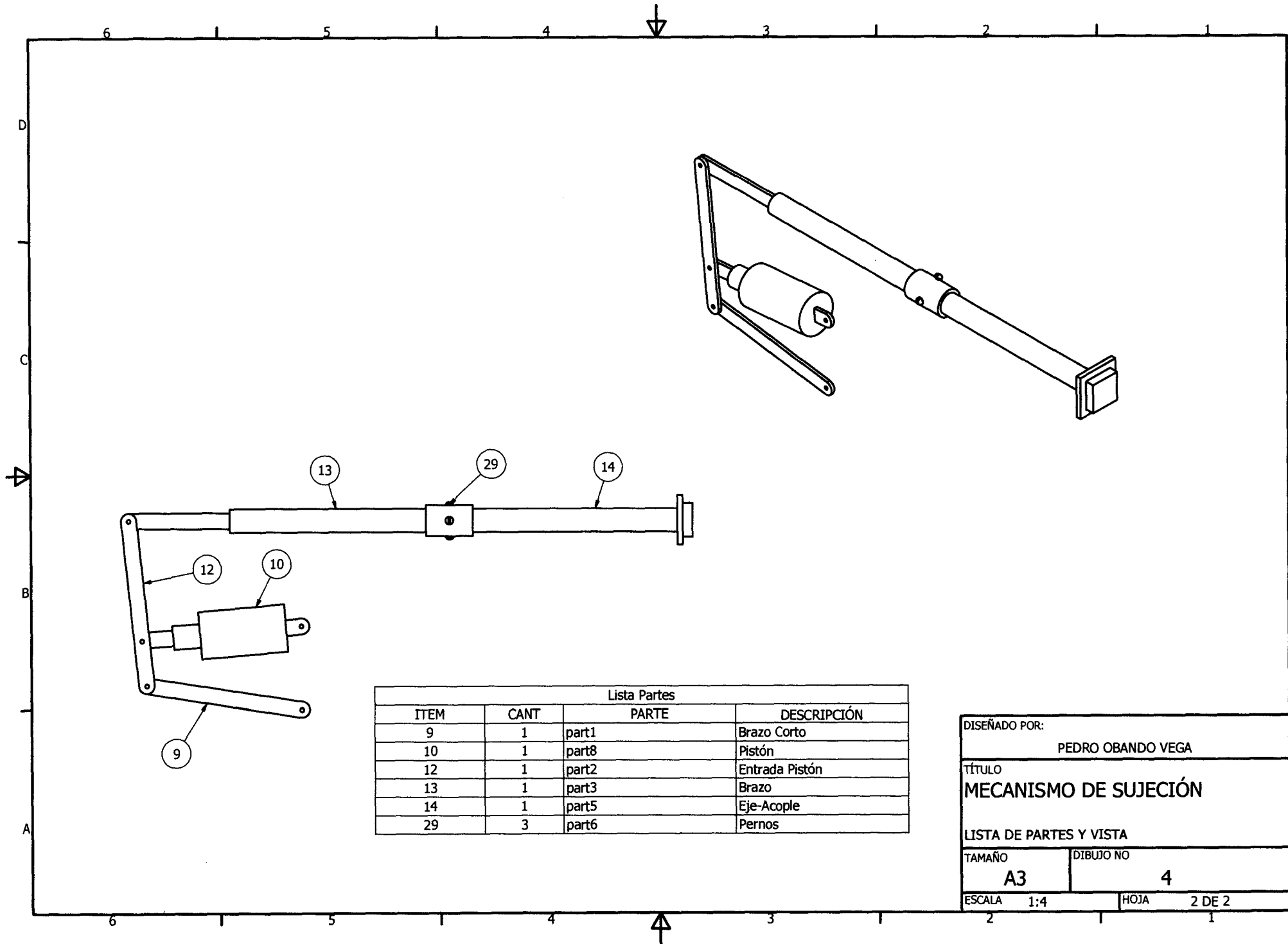
Lámina de 3/8in para dos arcos  
 Orificios de  $\varnothing 5$



| LISTA PARTES |      |        |                    |
|--------------|------|--------|--------------------|
| ITEM         | CANT | PARTE  | DESCRIPCIÓN        |
| 4            | 2    | merod1 | Brazo de Soporte   |
| 3            | 2    | merod2 | Brazo Pivote       |
| 2            | 2    | merod3 | Punto Pivote Móvil |
| 5            | 2    | merod4 | Brazo de Doblado   |
| 6            | 2    | merod5 | Arco Mayor         |
| 7            | 4    | merod6 | Arco Menor         |
| 8            | 4    | merod7 | Rodillo            |

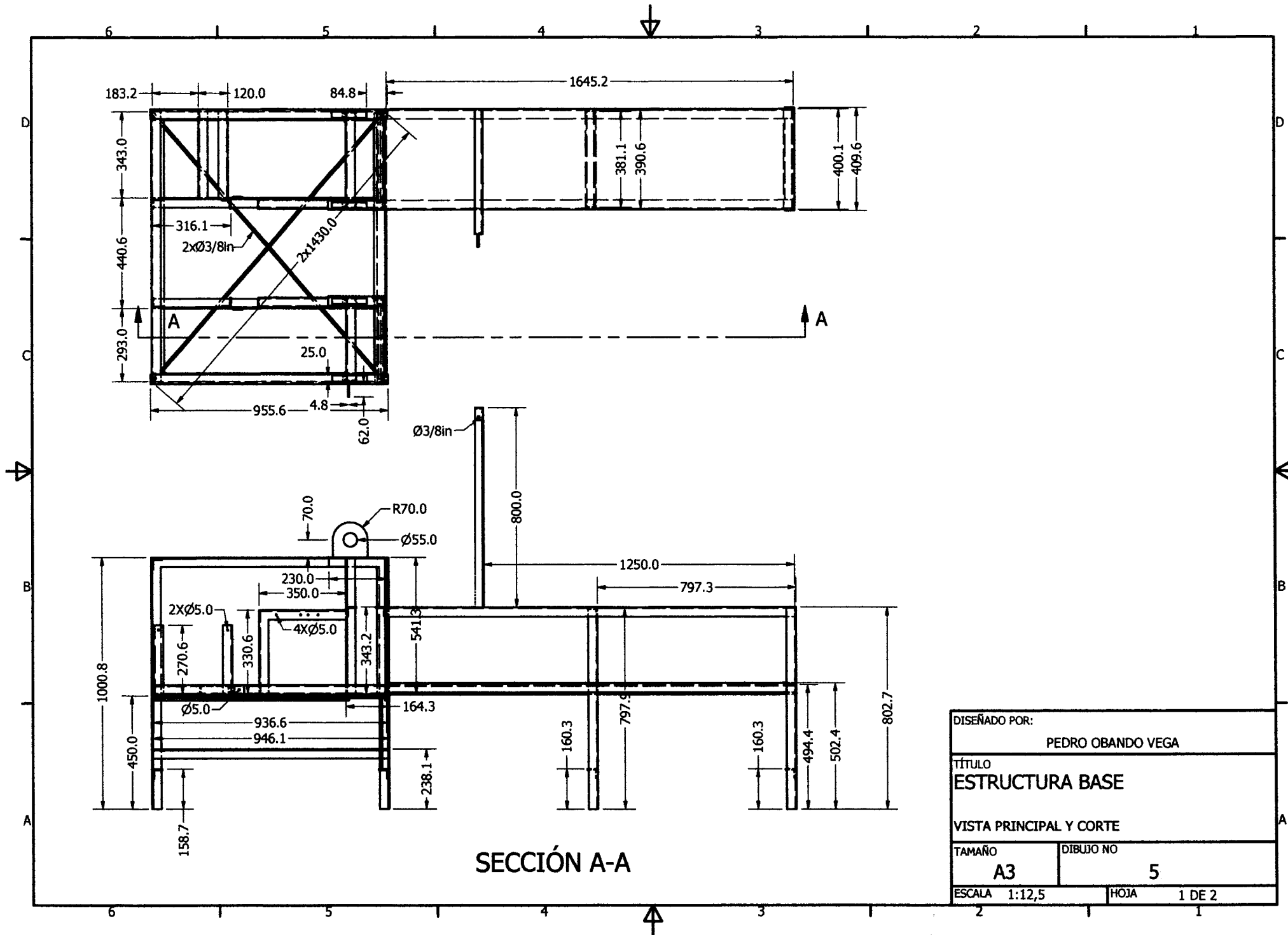
|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| DISEÑADO POR:                |             |
| PEDRO OBANDO VEGA            |             |
| TÍTULO                       |             |
| MECANISMO DE DOBLADO         |             |
| PROYECCIÓN Y LISTA DE PARTES |             |
| TAMAÑO                       | DIBUJO NO   |
| A3                           | 2           |
| ESCALA 1:5                   | HOJA 2 DE 2 |



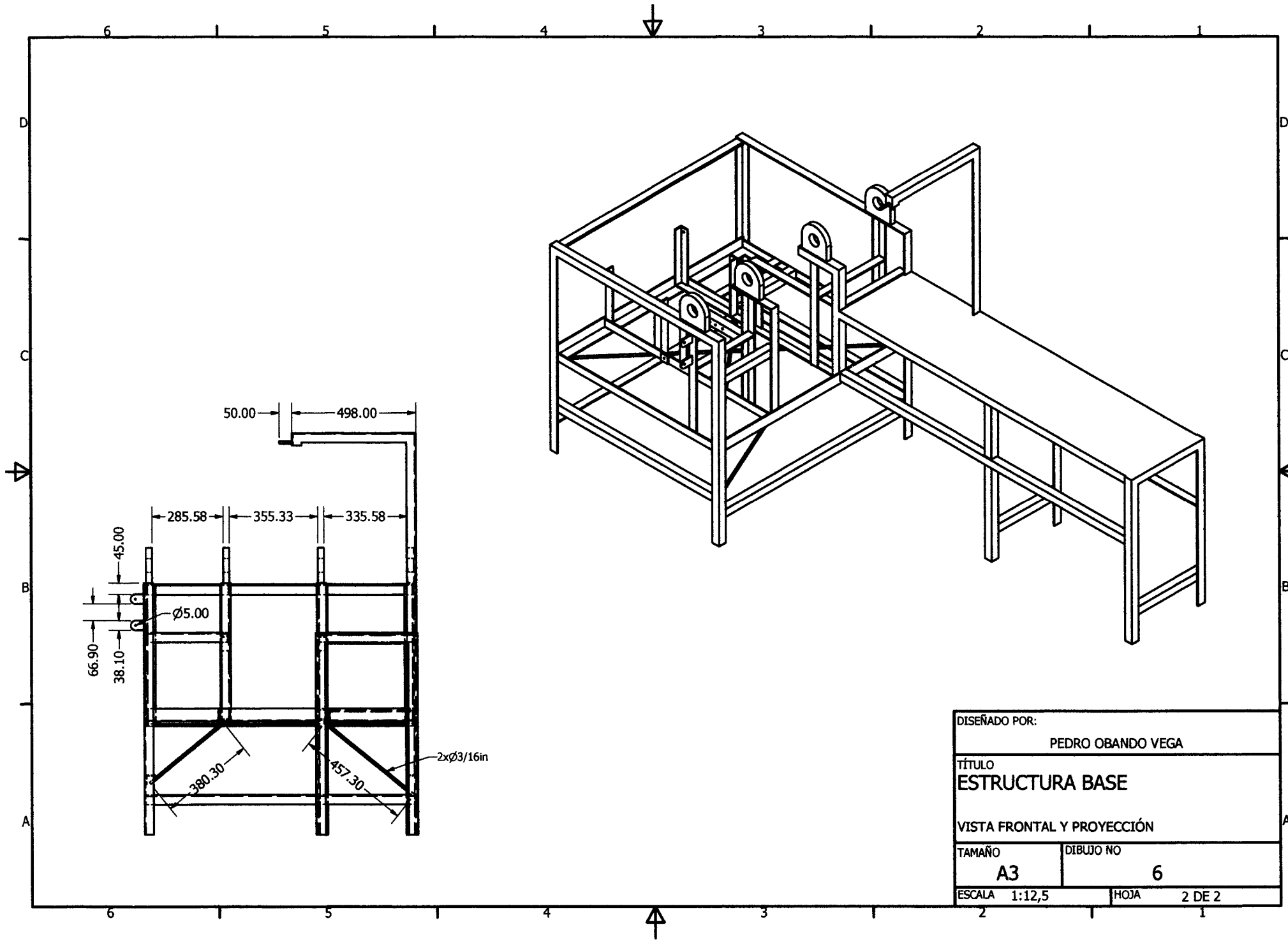


| Lista Partes |      |       |                |
|--------------|------|-------|----------------|
| ITEM         | CANT | PARTE | DESCRIPCIÓN    |
| 9            | 1    | part1 | Brazo Corto    |
| 10           | 1    | part8 | Pistón         |
| 12           | 1    | part2 | Entrada Pistón |
| 13           | 1    | part3 | Brazo          |
| 14           | 1    | part5 | Eje-Acople     |
| 29           | 3    | part6 | Pernos         |

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| DISEÑADO POR:           |             |
| PEDRO OBANDO VEGA       |             |
| TÍTULO                  |             |
| MECANISMO DE SUJECIÓN   |             |
| LISTA DE PARTES Y VISTA |             |
| TAMAÑO                  | DIBUJO NO   |
| A3                      | 4           |
| ESCALA 1:4              | HOJA 2 DE 2 |



|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| DISEÑADO POR:           |             |
| PEDRO OBANDO VEGA       |             |
| TÍTULO                  |             |
| ESTRUCTURA BASE         |             |
| VISTA PRINCIPAL Y CORTE |             |
| TAMAÑO                  | DIBUJO NO   |
| A3                      | 5           |
| ESCALA 1:12,5           | HOJA 1 DE 2 |



|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| DISEÑADO POR:              |             |
| PEDRO OBANDO VEGA          |             |
| TÍTULO                     |             |
| ESTRUCTURA BASE            |             |
| VISTA FRONTAL Y PROYECCIÓN |             |
| TAMAÑO                     | DIBUJO NO   |
| A3                         | 6           |
| ESCALA 1:12,5              | HOJA 2 DE 2 |