

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Diseño Mecánico y Construcción de Electro Soldadora para Fabricar Mallas de Acero ”

### TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

### INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Christian Eduardo Silva Salazar

GUAYAQUIL – ECUADOR



Año: 2004

## AGRADECIMIENTO



A Dios, a quien debo todo lo que tengo y todo lo que soy. A mis padres, que han sido mi soporte. A mi esposa, que es mi fortaleza.

## DEDICATORIA



A MIS PADRES

A MI ESPOSA

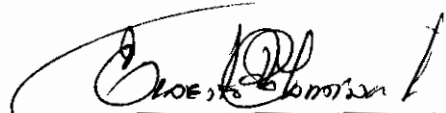
A MIS HERMANAS

A TOMÁS

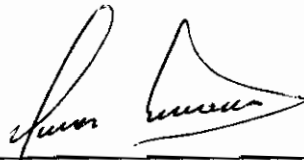
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



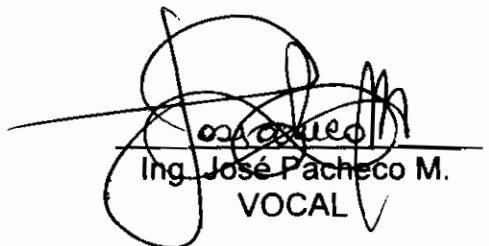
Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Omar Serrano V.  
VOCAL



Ing. José Pacheco M.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



  
Christian Silva Salazar

## RESUMEN



En la industria de la construcción, que es una de las más importantes del país siempre se están renovando los procedimientos constructivos de manera que estos ahorren tiempo y dinero; uno de los más novedosos y que ha tenido mayor éxito en los últimos años ha sido la malla electro soldada fabricada a partir de varillas de acero trefilado. Sin embargo, para fabricar este material importante en las industrias modernas se requiere un equipo especial de soldadura de contacto. Esta es una de las causas por las que la creciente Industria Ecuatoriana requiere, por parte de los ingenieros mecánicos la capacidad de proveer maquinaria diseñada y construida en el país a un costo razonablemente inferior que la maquinaria importada.

El problema que la presente Tesis de Grado propone solucionar es la poca o nula disponibilidad de maquinaria industrial para construcción de mallas en el mercado local a precios razonablemente más económicos que los de maquinaria importada; si se toma en cuenta que muchos inversionistas nacionales y extranjeros desisten de ubicar sus capitales en el país por esta

causa, se tiene un grave problema que afecta a la economía nacional en varios aspectos tales como falta de fuentes de trabajo, de producción de bienes y de aportes de impuestos. Este inconveniente se extiende a todas las áreas de manufactura que requieren maquinaria industrial y, como se verá en las conclusiones, se pueden realizar proyectos similares en cualesquiera de estas áreas para suplir esta carencia.

En el proceso de diseño y construcción que se presenta en la presente Tesis de Grado se incluyen características especiales que se pudo construir en la máquina, de manera que esta no está limitada a un solo producto; sino que tiene un amplio rango de medidas y capacidades de manufactura de mallas mediante la variación de los diámetros de las varillas, los espaciamentos transversales y longitudinales, y las dimensiones exteriores de la malla. De esta forma se le ha dado un valor agregado a dicho proceso de diseño y se han superado los requerimientos del cliente. En síntesis, la presente Tesis de Grado, tiene por objetivo abarcar todas las fases del Diseño Mecánico, para terminar con la Construcción y Puesta en Marcha de la máquina.

Se sigue un orden determinado de diseño, cubriendo todos los sistemas mecánicos tales como estructura, sistemas neumáticos y avance, así como entrada y salida de materia prima.



Otro tópico importante que se presenta es la construcción de la máquina, en las instalaciones y con financiamiento de la empresa DEBUCCO S.A. para su planta industrial. Con esto se han completado las últimas fases del diseño que son precisamente, las de construcción, montaje y puesta a punto.

Para fines de ahorro para la empresa auspiciante se ha realizado la construcción de la máquina con ciertos materiales disponibles en la misma; sin embargo, en los cálculos para la determinación de los materiales se indican claramente las características y viabilidad del uso de estos elementos.

La máquina electro soldadora está trabajando en la empresa industrial DEBUCCO S. A. desde Julio del 2001 de forma continua sin haber sufrido ningún contratiempo. Esta empresa consiguió su objetivo de encontrar una máquina barata sin tener que incurrir en gastos y trámites de importación demasiado extensos y engorrosos. De esta manera la empresa ha podido manufacturar y comercializar su producto a un precio razonable, aportando así al desarrollo nacional de la industria así como de la ingeniería.





## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	III
SIMBOLOGÍA.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE PLANOS.....	VII
ÍNDICE DE FOTOS.....	VIII
ANTECEDENTES.....	1



### CAPÍTULO 1

1. ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN.....	3
-----------------------------------	---

## CAPÍTULO 2

<b>2. REQUERIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Diseño de forma.....	8
2.1.1 Sistema de avance.....	9
2.1.2 Estructura.....	11
2.1.3 Alimentación y descarga de materia prima.....	13
2.1.4 Ubicación y protección de los sistemas de control.....	14
2.1.5 Sistema de anclaje.....	14
2.2 Procesos de Soldadura.....	15
2.3 Principios de Funcionamiento.....	17
2.4 Ciclos de trabajo.....	19



## CAPITULO 3

<b>3. DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y SISTEMAS.....</b>	<b>22</b>
3.1 Diseño de la estructura.....	22
3.1.1 Diseño de las vigas.....	25
3.1.2 Diseño de las columnas.....	38
3.1.3 Diseño de las uniones.....	41
3.2 Diseño del mecanismo de avance.....	45
3.3 Diseño del circuito neumático.....	47
3.3.1 Selección de los cilindros.....	48
3.3.2 Selección de las válvulas.....	52

3.3.3 Selección del compresor.....	52
3.3.4 Diseño del circuito.....	54
3.3.5 Diseño de la tubería de alimentación.....	60

**CAPITULO 4**

4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	63
4.1 Planificación del montaje.....	63
4.2 Ejecución del montaje.....	65
4.3 Pruebas de funcionamiento y puesta a punto.....	76
4.4 Resumen de costos del proyecto.....	76

**CAPITULO 5**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
--	----

**APÉNDICES**

**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**BIBLIOGRAFÍA**



## ABREVIATURAS

AISC	American Institute of Steel Construction (Instituto Norte-americano de Construcciones de Acero)
ASTM	American Society for Testing Materials (Sociedad Norte-americana de Ensayos de Materiales)
ASM	American Society of Metals (Sociedad Norteamericana de los Metales)
Bar	Bares
Hp	Caballo de potencia
cps	Ciclos por segundo
DCL	Diagrama de cuerpo libre
E	Exponencial
Hz	Hertz
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kip	Miles de libras por pulgada cuadrada
KW	Kilovatio
Kg	Kilogramo
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo por metro cúbico
KVA	Kilovoltamperio
psi	Libras por pulgada cuadrada
lb	Libra
l	Litros
Mpa	Mega pascal
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup> /s	Metro cúbico por segundo
mm	Milímetro
N	Newton
N-m	Newton metro
N/m	Newton por metro
NO	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
Pa	Pascal
pie	Pie
pulg	Pulgada

RA	Relé A
LSA	Sensor posición a
LSB	Sensor posición b
SAE	Society of automotive engineers
scfm	Pie cúbico estándar por minuto (standard cubic feet per minute)
V1	Válvula 1
V2	Válvula 2



## SIMBOLOGÍA

H	Altura
A	Área
$A_g$	Área bruta del perfil ('gross')
$A_A$	Área de a
$A_B$	Área de b
$A_C$	Área de c
B	Base
Q	Calor
W	Carga distribuida
$P_{ARRASTRE}$	Carga total de arrastre
Q	Cargas aplicadas
$Q_N$	Caudal nominal
f	Coefficiente de fricción
I	Corriente
$\rho$	Densidad
C	Distancia desde la fibra más alejada al eje neutro
$\tau$	Esfuerzo cortante
$\sigma_{real}$	Esfuerzo real
$\sigma_{trabajo}$	Esfuerzo trabajo
t	espesor
$\gamma$	Factor de incertidumbres cargas
$\phi$	Factor de incertidumbres resistencias
K	Factor de tipo de carga
N	Factor seguridad
F	Fuerza
$V_{m\acute{a}x}$	Fuerza cortante máxima
$F_r$	Fuerza de fricción
$F_{electrodo}$	Fuerza electrodo
$F_{unitaria}$	Fuerza unitaria
g	Gravedad
N	Índice politrópico
I	Inercia
L	Longitud



Masa  
Módulo de sección  
Momento  
Momento de inercia  
Momento en A  
Momento en B  
Momento máximo  
 $\pi = 3.1415$   
Potencia requerida  
Presión  
Reacción en A  
Reacción en B  
Relación de compresión  
Resistencia  
Resistencia nominal  
Tiempo



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1	Matriz de decisión de opciones..... 13
Figura 2.2	Longitud adicional por accesorios..... 15
Figura 2.3	Esquema de dos electrodos con su puente..... 18
Figura 2.4 a	Ciclo de soldadura de impulso sencillo..... 21
Figura 2.4 b	Características del punto de soldadura por resistencia.....
Figura 3.1 a	Diagrama de momento flector resultante. Viga inferior..... 26
Figura 3.1 b	Diagrama de fuerza cortante resultante. Viga inferior..... 26
Figura 3.2 a	Diagrama de momento flector resultante. Viga superior..... 27
Figura 3.2 b	Diagrama de fuerza cortante resultante. Viga superior..... 27
Figura 3.3	Esquema de cargas puntuales. Viga superior e inferior..... 28
Figura 3.4	Diagrama de cuerpo libre. Viga superior..... 29
Figura 3.5	Diagrama de cuerpo libre. Viga cargada uniformemente 31
Figura 3.6	Perfil de la viga disponible..... 32
Figura 3.7	Diagrama de cuerpo libre. Viga con cargas puntuales..... 34
Figura 3.8	Cálculo de los momentos de inercia..... 35
Figura 3.9	Diagrama de cuerpo libre de la junta empernada..... 40
Figura 3.10	Diagramas de mando y de fase del circuito neumático..... 55
Figura 3.11	Circuito electro neumático..... 56



## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Matriz de decisión de opción más conveniente.....	5
Tabla 2	Longitud adicional por accesorios neumáticos.....	60
Tabla 3	Materiales para el montaje de estructura.....	71
Tabla 4	Materiales para el montaje del circuito neumático.....	72
Tabla 5	Materiales para el montaje del mecanismo de avance.....	73



## ÍNDICE DE PLANOS

- Plano 1 Estructura principal
- Plano 2 Mesa de alimentación de material longitudinal
- Plano 3 Sistema completo. Vista lateral
- Plano 4 Sistema completo. Vista de planta
- Plano 5 Mesa de salida de producto terminado
- Plano 6 Electrodo superior
- Plano 7 Placa antigiro del electrodo
- Plano 8 Puente entre electrodos
- Plano 9 Vista lateral de máquina
- Plano 10 Mecanismo de alimentación transversal
- Plano 11 Sistema de Avance. Vista lateral
- Plano 12 Detalle del sistema de avance
- Plano 13 Proyección frontal máquina
- Plano 14 Proyección posterior máquina
- Plano 15 Vista frontal de máquina



## ÍNDICE DE FOTOS

Fotografía 1	Vista del bastidor o estructura en construcción.....	63
Fotografía 2	Estructura con mesa de alimentación de materia prima.....	64
Fotografía 3	Sistema de avance.....	65
Fotografía 4	Sistema neumático.....	66
Fotografía 5	Cilindros neumáticos.....	67
Fotografía 6	Compresor.....	69
Fotografía 7	Armario eléctrico-electrónico.....	70
Fotografía 8	Máquina terminada.....	77



## ANTECEDENTES

En un país en vías de desarrollo como el Ecuador, en el cual la producción industrial se convierte en pilar fundamental de ese desarrollo, se hace cada vez más necesario que localmente se construya maquinaria para industrias de manufactura; básicamente debido a los altos costos de la maquinaria importada, sumados a estos los de importación (desaduanización, IVA, etc.) que se trasladan directamente al producto terminado y afectan al consumidor final.

La industria de la construcción se encuentra en franco crecimiento, se requieren sistemas de construcción modernos, económicos y rápidos que ahorren tiempo y dinero a los contratistas y hoy en día, la malla electro soldada es un elemento básico en lo que a refuerzo para el hormigón se refiere. Existen 2 empresas en Guayaquil (IDEAL ALAMBREC Y ANDEC) y una en Quito (ADELCA) que fabrican y comercializan mallas electro soldadas a todo el Ecuador. Estas empresas satisfacen a un mercado de mallas de tamaños estándar. No obstante, existe un gran mercado desatendido de mallas especiales que se utilizan en variados procesos tales como manufactura de tubos de hormigón, cercas y cerramientos, viguetas y columnas, entre otras. Es precisamente a ese mercado potencial que la empresa auspiciante de la presente tesis quiere

atender, sin olvidar obviamente la producción de mallas tamaño estándar. El problema básico que se desea resolver es disminuir la alta inversión que debe hacer una compañía industrial local para montar una planta de manufactura de mallas electro soldadas. Ante ello, se tienen dos soluciones, comprar la maquinaria lista para ser montada, ya sea nueva o usada, o construirla íntegramente con materiales ya sea comprados localmente o disponibles en la planta, con personal propio. Realizar este análisis de selección se justifica plenamente si se toma en cuenta que el endeudamiento excesivo es una camisa de fuerza que ata a las empresas en nuestro país, y si estas pueden reducir costos de inversión con alternativas tales como adquirir maquinaria usada o construirla localmente, de manera que ese endeudamiento se reduzca o se haga innecesario, se estará contribuyendo directamente al Desarrollo Nacional.



# CAPÍTULO 1

## 1. ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN

Debucco S. A., empresa privada con domicilio en Guayaquil, es una compañía familiar pequeña, cuyos accionistas tuvieron la visión de montar una planta de producción de mallas electro soldadas debido al auge que ha tenido este sistema de refuerzo para el hormigón y a la parcial desatención del mercado por parte de las empresas que producen mallas en el Ecuador. Esta empresa se encontró con el problema de decidir dónde y cómo debía adquirir las maquinarias necesarias para su producción, teniendo varias opciones – todas relacionadas con la importación de equipos – basándose para su selección en puntos tales como el costo; la versatilidad, que en este caso es la capacidad que tiene la máquina para producir diversos tipos de mallas con diversos diámetros de alambres; el tamaño y la procedencia. La decisión final se iba a tomar de tres posibilidades: 1) importar la máquina nueva desde Europa (más específicamente desde República Checa, país de procedencia de la

de alambres; el tamaño y la procedencia. La decisión final se iba a tomar de tres posibilidades: 1) importar la máquina nueva desde Europa (más específicamente desde República Checa, país de procedencia de la marca SCHLATTER, líder mundial en maquinaria para electro soldados en general); desde Estados Unidos, país con una amplia industria metalúrgica y de transformación del acero; o desde Colombia, país en el cual existe una amplia producción de mallas electro soldadas así como de máquinas para fabricarlas pero de menor tecnología. 2) importar una máquina usada, desde cualquier país con gran mercado de equipo industrial usado, como Argentina, Estados Unidos, España o Alemania. 3) construir la máquina localmente con cualquier contratista de diseño y construcciones industriales, o en la misma planta industrial, utilizando para ello materiales y equipos disponibles en la empresa o comprados localmente y mano de obra ecuatoriana.

Por todo lo anteriormente descrito se hizo un estudio de factibilidad para adquirir una máquina electro soldadora, ya sea importada o construida localmente.

Para llegar a la solución final se utilizó una matriz de decisión en la que se tomaron en cuenta los puntos siguientes:

- a) Precio, que se refiere al precio neto de la máquina, así como a sus costos de importación o construcción (de ser esta la posibilidad escogida).
- b) Versatilidad. Se refiere a la capacidad que tendrá la máquina para realizar mallas de diferentes características.
- c) Tecnología.
- d) Costos de montaje.

Se ha ponderado una escala de 5 puntos, siendo el 5 el más conveniente y 1 el menos conveniente.

OPCIONES \ CARACTERÍSTICAS	COSTO	VERSATILIDAD	TECNOLOGÍA	MONTAJE	TOTAL
IMPORTACIÓN NUEVA EUROPA	1	5	5	1	12
IMPORTACIÓN NUEVA EE.UU	1	5	5	1	12
IMPORTACIÓN NUEVA COLOMBIA	4	4	4	2	14
IMPORTACIÓN USADA	3	4	4	2	13
CONSTRUCCIÓN CON TERCEROS	4	4	3	4	15
CONSTRUCCIÓN EN INSTALACIÓN	5	4	3	5	

**TABLA 1 MATRIZ DE DECISIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS CONVENIENTE**



La matriz de decisión fue concluyente, si se toma en cuenta que la empresa auspiciante cuenta con un capital de aproximadamente \$ 80.000 y que las máquinas nuevas importadas desde Europa o los Estados Unidos tienen un costo prohibitivo que bordea el medio millón de dólares en promedio de acuerdo a sus capacidades, dimensiones y tecnología, se desechan automáticamente estas opciones. Si bien es cierto, que estas características en este tipo de maquinarias son de última generación, no se justificaba una inversión tan grande para una empresa con un capital limitado. Importar una máquinas usada es una opción más realista; sin embargo, su costo es también elevado debido a los aranceles de importación, bordeando los \$ 140.000 en total, lo que las hace igualmente inalcanzables sin un proceso de endeudamiento. Al analizar la posibilidad de importar una máquina desde Colombia, ya que este país tiene un amplio mercado de electro soldadoras construidas localmente, mediante visitas técnicas a varias plantas colombianas se concluyó que a más del elevado costo que tenían estas máquinas (entre 140 y 180 mil dólares), el principio de funcionamiento y de construcción de las mismas era muy sencillo y de fácil aplicación en el Ecuador y valía la pena sugerir a los accionistas la posibilidad de construirla. Quedaban aún dos posibilidades: la contratación de una empresa que construya la máquina localmente, o construirla en la misma empresa con el debido asesoramiento técnico y con personal propio aprovechando los recursos



de taller y los materiales disponibles en la empresa (planchas, vigas, tubería y perfiles de acero en general).

Después de un análisis de costos, del que se hablará en su momento, fue indudablemente esta la opción más económica, funcional y práctica para la empresa; ya que, a más de contribuir con la producción nacional de maquinaria de manufactura, se generaba plazas de trabajo tan necesarias en nuestra golpeada economía.

# CAPÍTULO 2



## 2. REQUERIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA.

### 2.1 DISEÑO DE FORMA.

Para la construcción de la máquina se tomó como referencia máquinas electro soldadoras observadas en Colombia, cuyo principio de funcionamiento se explicará más adelante. La estructura de la máquina es un marco sencillo consistente de dos columnas, a las cuales se fijan dos vigas paralelas, una sobre la otra. La viga superior soporta los cilindros neumáticos porta puentes eléctricos; la viga inferior sirve de base para que en ella se asienten los electrodos. La alimentación de aire comprimido hacia los cilindros porta puentes eléctricos se hace por medio de dos tubos con orificios de salida perforados en sus superficies cilíndricas, fijados sobre la viga superior; y desde estos hacia las

entradas de aire de los cilindros por medio de mangueras neumáticas. Sobre la viga inferior se encuentran los electrodos de cobre sobre los cuales se asienta la varilla transversal sobre las varillas longitudinales y en estos puntos de intersección es donde ocurre el punto de soldadura.

El sistema de avance de la malla se hace por medio de una estructura cúbica que se desplaza sobre dos ejes en forma longitudinal, de manera que el mecanismo que descansa sobre esta agarra la malla, la arrastra y la suelta de acuerdo con el ciclo de trabajo. Las mesas de entrada y salida del material son sencillas, con la particularidad de que la mesa de salida es inclinada para una fácil remoción del producto terminado.

Este bosquejo final fue seleccionado tomando como referencia máquinas observadas previamente, en visitas técnicas. A continuación se explica por qué los sistemas escogidos son los más adecuados.

### **2.1.1 SISTEMA DE AVANCE.**

El sistema de movimiento de avance puede ser hidráulico, neumático o mecánico. Debido al alto costo de los



sistemas hidráulicos, y a que estos manejan presiones y fuerzas sumamente elevadas, se elimina esta opción. El sistema mecánico es una opción demasiado compleja debido a la serie de mecanismos transmisores de movimiento tales como bandas y poleas, engranajes, levas, cadenas y reductores que debería tener para lograr los movimientos deseados, aparte de que no proporcionan la precisión requerida para esta aplicación; por lo tanto se elimina esta opción. Los sistemas neumáticos, a más de ser precisos, menos robustos que los hidráulicos y baratos, brindan confiabilidad, fácil mantenimiento y reparación; por lo tanto, el sistema de aire comprimido es el principio de movimiento más adecuado.

El segundo sistema a ser diseñado es el avance. Sus partes constitutivas más importantes son:

- ⊙ Bastidor portador de los elementos neumáticos
- ⊙ Mesa de soporte.
- ⊙ Husillos guiados con bocines para desplazamiento longitudinal.
- ⊙ Ejes guías para los husillos.
- ⊙ Amortiguadores y topes



Cada uno de estos componentes serán debidamente dimensionados y calculados en el Cap. 3 de la presente Tesis de Grado.

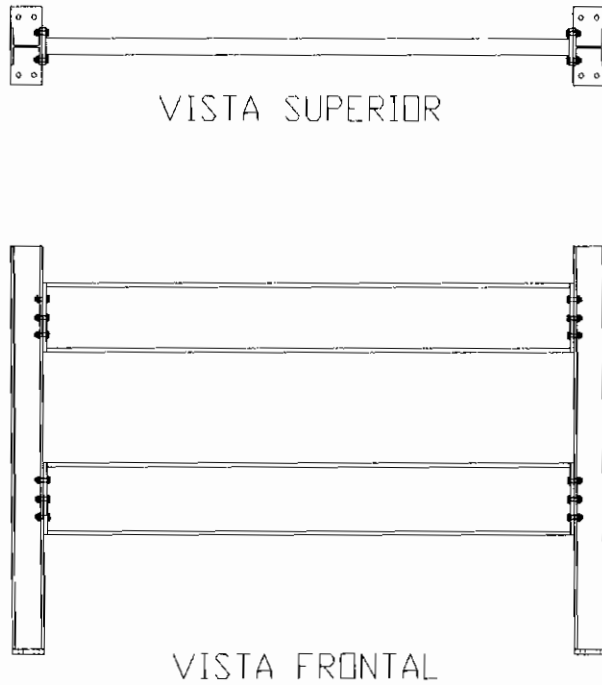
### 2.1.2 ESTRUCTURA.



La estructura puede ser construida compacta en un solo cuerpo o completamente desarmable, conectada por medio de pernos y tuercas. Uno de los requerimientos del diseño fue que la máquina sea desarmable, de manera que se la pueda trasladar a otra planta rápida y cómodamente; es por esto que se selecciona un sistema de tuercas y pernos para el montaje de la estructura. La forma de la misma ha sido basada en las máquinas observadas durante las visitas técnicas realizadas en Colombia y España; esto es, dos vigas paralelas que soportan los sistemas de soldadura y dos columnas que a su vez, soportan a las vigas. Sobre la parte posterior de la máquina se construyó una estructura con dos finalidades: la primera que sirva de soporte para las guías de entrada de materia prima a los puntos de soldadura; y la segunda, para que proteja a los operarios del contacto con los transformadores de energía,

que aunque trabajan a muy bajo voltaje, el amperaje que manejan es elevadísimo.

La estructura principal consta de dos columnas fabricadas con perfiles tipo W, las mismas que están ancladas al piso y a las cuales van fijadas dos vigas paralelas especiales (aproximadamente de tipo S) por medio de pernos. A estas vigas paralelas se fijan los porta electrodos inferiores y superiores siendo los primeros fijos y los últimos móviles. Cada porta electrodo es desmontable y su posición en la viga puede ser modificada a criterio del operario en base a la planificación de producción de acuerdo a la malla que se desea fabricar. Sobre las vigas paralelas se ejerce la mayor fuerza ya que los cilindros neumáticos se mueven simultáneamente.



**FIGURA 2.1. ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA**

### **2.1.3 ALIMENTACIÓN Y DESCARGA DE MATERIA PRIMA.**

Para las estructuras de alimentación y descarga de las materias primas y terminadas, respectivamente, se construyeron mesas sencillas ya que esto representa la opción más económica y fácil de utilizar para el operario. La única variación con relación a lo observado fue realizada en la mesa de salida, la misma que fue



construida con una pendiente para una rápida y fácil salida de la malla terminada.

#### **2.1.4 UBICACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.**

Los controles fueron colocados dentro de armarios fijados en las partes laterales de la estructura sobre las columnas. Se construyeron 4 armarios, uno para el control electrónico; un segundo, cerrado para la acometida de energía eléctrica; un tercero para el control neumático; y un cuarto para cualquier sistema auxiliar o para mantenimiento.

#### **2.1.5 SISTEMA DE ANCLAJE**



Finalmente, el sistema de anclaje fue realizado por medio de un contrapiso de hormigón fundido sobre la estructura inferior de la máquina, de manera que se elimine la vibración y el movimiento de la misma. Este contrapiso está conectado a las estructuras protectoras de los

transformadores por medio de varillas de refuerzo soldadas a su estructura

## 2.2 PROCESOS DE SOLDADURA

Los procesos de soldadura se pueden resumir en el siguiente gráfico:



**FIGURA 2.2. PROCESOS DE SOLDADURA (1)**

En base a esta clasificación y a los estudios realizados por diversos autores, se ha llegado a determinar que para fusionar dos alambres de diámetros entre 3 y 10 mm, se debe utilizar un proceso de soldadura en el que no participe ningún tipo de material de aportación; la temperatura de fusión de los alambres tenga un intervalo muy corto de duración, para no cambiar las propiedades del acero; y que la calidad de soldadura sea tal que cumpla con las normas de calidad (INEN 2209, Código Ecuatoriano de la Construcción, secciones 3-5-5, 3-5-6, 3-5-7 (2)

(1) Referencias bibliográficas No. 3 y 6

(2) Referencia bibliográfica No. 4

y 3-5-8 y a las normas ASTM A-185 y ASTM A-497) (1). Dichos requerimientos de soldadura, se ajustan claramente a las características de un proceso de soldadura por resistencia, en la cual la fusión de los materiales es localizada, basándose en el efecto (Ley de) Joule:

“El calor ( $Q$ ) producido cuando una corriente eléctrica ( $I$ ) fluye a través de una resistencia ( $R$ ) durante un tiempo ( $t$ ) está dado por

$$Q = I^2 R t \quad (2)$$

De esta manera, haciendo fluir una alta intensidad de corriente a través de una interfase entre dos materiales ajustados uno contra otro a una presión apropiada y cuya resistencia al paso de corriente sea mayor a la resistencia del material de los electrodos, se logra una soldadura por fusión. La soldadura por fusión de puntos se obtiene por medio de varios tipos de máquinas, entre ellas las tipo prensa, las portátiles, y las de electrodos múltiples. Es precisamente este último el tipo de máquina que se va a diseñar en el presente trabajo.




---

(1) Referencia bibliográfica No. 1

(2) Referencia bibliográfica No. 9

## 2.3 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

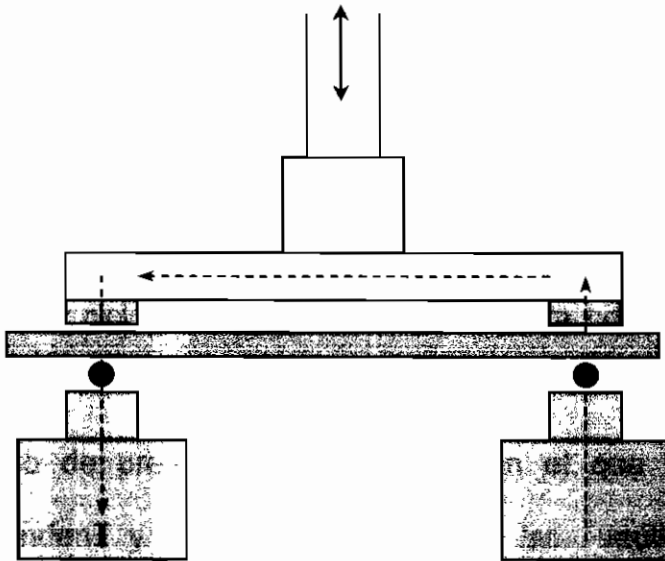
La máquina a construirse es del tipo “prensa multielectrodos”, la cual tiene un número variable de electrodos superiores, de acuerdo a la medida de malla que se esté manufacturando, siendo estos al mismo tiempo los cabezales de soldadura que se mueven verticalmente en forma simultánea. Estos cabezales de soldadura (electrodos) están montados en los vástagos de 12 cilindros neumáticos que están fijados en su parte posterior a una viga de soporte superior y proporcionan la fuerza necesaria para mantener juntos los alambres durante el tiempo de soldadura. La intensidad de corriente necesaria para lograr la fusión de los alambres se logra mediante 3 transformadores trifásicos que entregan 100 kVA cada uno en intervalos de tiempo distintos (cascada).

Los electrodos inferiores son bloques de cobre con pastillas cúbicas intercambiables (insertos), contra las que se presionan los alambres y por medio de la cual fluye la intensidad hacia estos.

La figura 2.2 ilustra un par de electrodos. Cada cilindro soporta un puente de cobre, por el que transita la corriente produciendo a su paso la fusión de los alambres de acero. Las líneas de trazos



con flechas indican el flujo de corriente. El cilindro neumático produce el movimiento vertical, indicado con la línea doble flechada.



**FIGURA 2.3. ESQUEMA DE DOS ELECTRODOS CON PUENTE**

El sistema de avance de la malla se logra a través de un mecanismo consistente en una caja protectora de los mecanismos neumáticos, dos guías con bocines para desplazamientos lineales y dos ejes fijos, sobre los cuales se mueven dichas guías. Este mecanismo se desplaza hacia atrás para recoger la malla; y hacia delante avanzarla hasta el siguiente punto de soldadura. Este avance es variable, de acuerdo al tipo de malla que se esté manufacturando.

Este bosquejo final fue seleccionado tomando como referencia máquinas observadas previamente, en visitas técnicas.

## 2.4 CICLOS DE TRABAJO



El ciclo de soldadura se divide en cuatro sub-ciclos bien definidos: ciclo de presión; ciclo de soldadura; ciclo de espera y alivio de presión; y ciclo de avance de la malla, para comenzar un nuevo ciclo.

El ciclo de presión es el intervalo en el que los electrodos descienden y se colocan sobre las varillas cruzadas, presionándolas una contra otra previo al paso de la corriente; esta fase es importante porque aparte de proporcionar la presión para un adecuado punto de soldadura, de ella depende que la varilla este bien ubicada en la red. De no ser así, se habrá dañado toda la malla con la consecuente pérdida de tiempo, y dinero.

El ciclo de soldadura es el paso de corriente a través de la interfase alambre-alambre produciéndose la fusión en la misma. Depende directamente de la cantidad de tiempo (en ciclos/segundo o hertz) en que la corriente de soldadura está

fluyendo a través del circuito, de la presión y del tipo de electrodo utilizado.

El ciclo de espera y alivio de presión son dos pasos diferentes, que debido a su corto tiempo de acción son colocados como un solo paso en el ciclo. Después de que se ha fundido el material de la interfase entre los alambres longitudinales y transversales, el ciclo mantiene la presión entre estos durante un pequeño intervalo de tiempo de manera que el material fundido se solidifique adecuadamente, evitando así fallas en la junta. Después de este corto tiempo, los electrodos superiores se elevan retirando la presión que habían estado aplicando.

El intervalo de avance de la malla es el tiempo que transcurre entre la soldadura y el comienzo del siguiente ciclo. En este se hace recorrer la malla una distancia predeterminada, normalmente 150 mm para que el siguiente alambre transversal pueda ser soldado en el nuevo ciclo.

De acuerdo al Manual de los Metales (ASM Metals Handbook), en su capítulo sobre soldadura por resistencia, el ciclo de la máquina en cuestión es un *ciclo de soldadura de impulsión simple*. Este ciclo proporciona una corriente uniforme que se comporta como una función escalón unitario en ambos extremos, es decir que la



intensidad se inicia en forma de escalón y finaliza en idéntica forma.

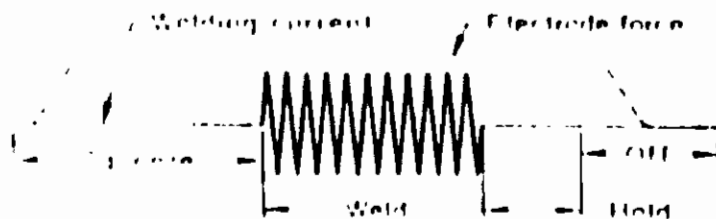


FIGURA 2.4 A . CICLO DE SOLDADURA DE IMPULSO SENCILLO

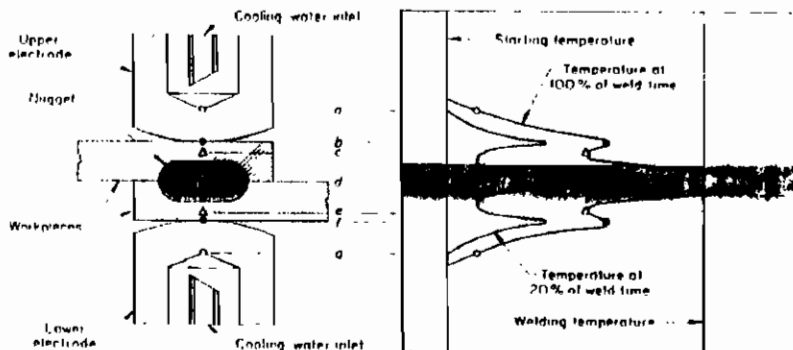


FIGURA 2.4 B . CARACTERÍSTICAS DEL PUNTO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA. SE MUESTRA EL PERFIL DEL PUNTO EN TEMPERATURA VS. TIEMPO(1)

(1) Gráficas tomadas del Metals Handbook, 9<sup>na</sup> edición



# CAPÍTULO 3



## 3. DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y SISTEMAS

Los métodos de diseño a ser utilizados varían de acuerdo al sistema o componente que se está dimensionando. Sin embargo, se trató de utilizar el método más actual disponible en cada uno. Es por esto que para dimensionar muchos de estos elementos, se requirieron tablas, manuales y nomogramas. Esto debido a que ciertos procesos de diseño han avanzado tanto que se basan en datos estadísticos más que en cálculos analíticos. Cada vez que se recurra a un método de diseño, este será descrito apropiadamente.

### 3.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Existen 3 métodos para Diseño de Estructuras de Acero:

- i. Diseño en el Límite Elástico, o por Esfuerzo Permisible o de Trabajo Admisible. En este método se compara el esfuerzo

actual con el de trabajo y, mientras el primero sea igual o menor al último, se dimensionan los elementos de acuerdo a las siguientes relaciones.

$$\sigma_{ACTUAL} \leq \sigma_{TRABAJO}$$

$$\sigma_{ACTUAL} = \frac{M}{I/c} \quad \text{y} \quad \sigma_{TRABAJO} = \frac{\sigma_F}{N}$$

entonces,  $\frac{M}{I/c} \leq \frac{\sigma_F}{N}$

- ii. Diseño Plástico (1). Las cargas se estiman y se multiplican por ciertos factores y los elementos se diseñan basándose en la resistencia a la falla o al colapso. También se denomina diseño al límite o a la falla o a la ruptura.
- iii. Diseño por el Factor de la Carga y Resistencia (2). En este se determinan dos parámetros: la resistencia, que debe ser menor que 1; y la carga, que debe ser mayor que 1. Es el método más realístico y se aplica en el diseño de estructuras de acero. Se puede definir como:

$$\frac{RESISTENCIA}{NOMINAL} \geq \frac{CARGAS}{APLICADAS}$$

$$R_n \geq Q \quad (1)$$

---

1) Referencia bibliográfica No. 10

2) Referencia bibliográfica No. 1

La resistencia del material se multiplica por un factor  $\phi$  debido a las incertidumbres de sus propiedades, donde  $\phi < 1$ .

En el caso de las cargas, estas pueden ser:

- Cargas vivas.
- Cargas sísmicas.
- Cargas de impacto.

Entre otras. Cada una de estas cargas se multiplica por un factor  $\gamma > 1$  para cubrir las incertidumbres, siendo deferentes para cada carga y para combinaciones de cargas.

En el presente trabajo de investigación se utilizará el método tradicional de diseño de estructuras pequeñas, el del esfuerzo permisible con factor de seguridad.



CIB - ESPOL

En el capítulo 2 se había mencionado que durante la construcción de la máquina era la intención de los auspiciantes de la Tesis utilizar todo material disponible en los patios de la empresa ya sea remanentes de trabajos anteriores o elementos nuevos disponibles en las bodegas de la empresa. En efecto, se encontraron varios componentes que podían resultar de utilidad, especialmente para las estructuras y bastidores ya que la

empresa contaba con gran cantidad de tramos de vigas construidas y laminadas en sus bodegas y patios. Lo único que restaba por hacer era calcular si las resistencias de los elementos escogidos eran compatibles con las resistencias necesarias para soportar las cargas a que se iban a someter.

### **3.1.1 DISEÑO DE LAS VIGAS**

Uno de los requerimientos de diseño fue que la máquina permita hacer mallas de hasta 2.80 m de ancho. Esto indica que la longitud de las vigas no debe exceder esta longitud. Con la holgura necesaria para evitar que la malla se trabe o que exista estrechez en los extremos para el movimiento de los operarios, se ha asumido un ancho de viga de 3.0 m (10 pies). Otro requerimiento fue que sea desmontable, por lo que las vigas horizontales serán acopladas a las columnas por medio de pernos; lo que indica que las vigas serán empotradas en sus extremos dándoles estos acoples la calidad de "*estáticamente indeterminadas*".

A continuación se muestran dos diagramas de momento y cortante de las vigas superior e inferior para calcular las

mismas en base a estos. Los diagramas mencionados se determinan con detalle en el Anexo de Análisis Estático, incluido en la presente Tesis de Grado.

Para realizar dicho análisis se tomaron las fórmulas tradicionales de la mecánica de los sólidos y en una hoja electrónica se obtuvieron los valores de las cargas, cortantes y momentos para cada punto de la viga en intervalos de 0.2 m. De esta manera los resultados alcanzados fueron bastante exactos y reales. De igual forma, en la hoja electrónica se pudo graficar cada uno de estos diagramas. Hay que considerar que en algunos de estos diagramas se muestra únicamente la mitad del mismo, ya que las vigas son simétricas en forma y cargas, la otra mitad del diagrama es igual pero reflejada.

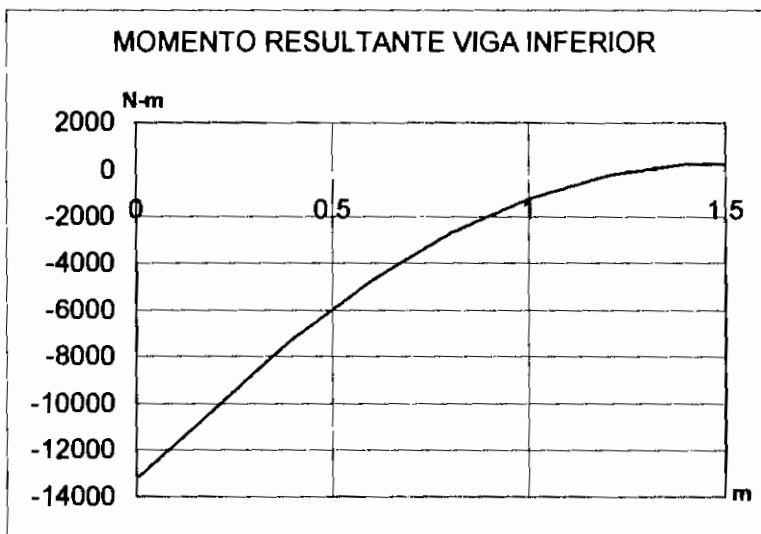


FIG 3.1 A. DIAGRAMA DE MOMENTO RESULTANTE DE LA VIGA INFERIOR. (SE MUESTRA LA MITAD DEL MISMO)

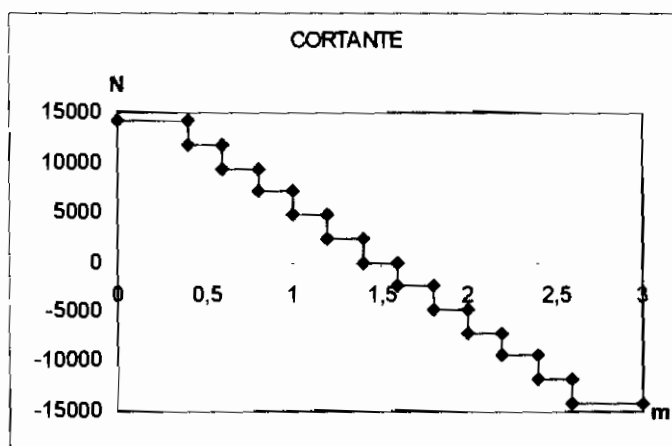


FIG 3.1 B. DIAGRAMA DE CORTANTE DE LA VIGA INFERIOR.

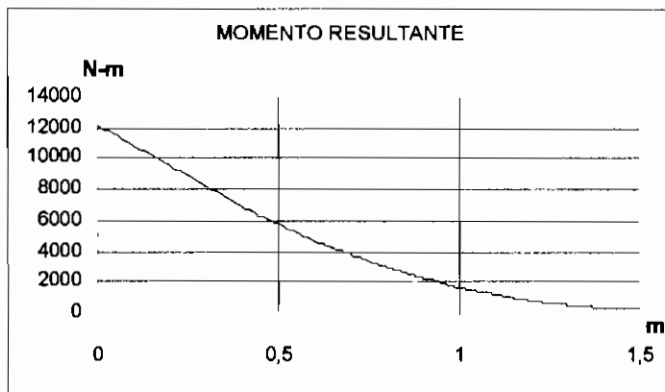


FIG 3.2 A. DIAGRAMA DE MOMENTO RESULTANTE DE LA VIGA SUPERIOR. (SE MUESTRA LA MITAD DEL MISMO)

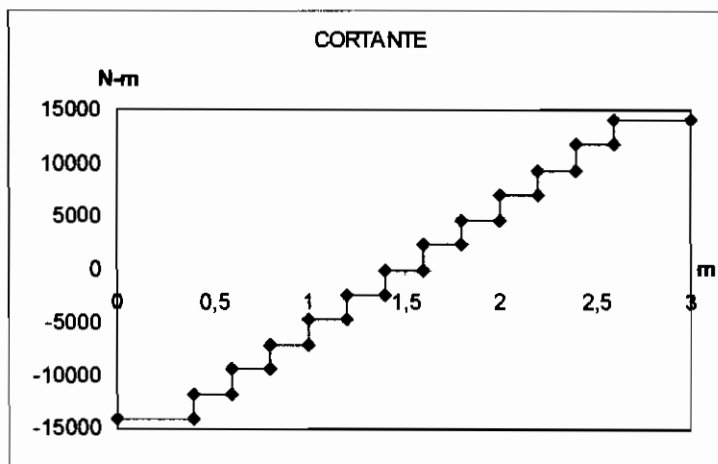


FIG 3.2 B. DIAGRAMA DE CORTANTE DE LA VIGA SUPERIOR.

El esquema de lo que sucede en la realidad en la máquina se muestra a continuación en la figura 3.3.

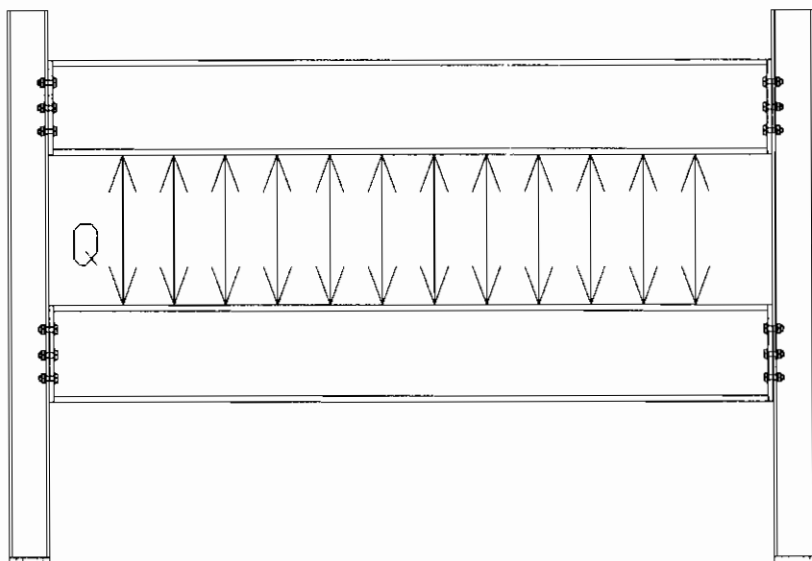


FIG. 3.3. ESQUEMA DE LAS CARGAS PUNTUALES. APLICAN A VIGA SUP. E INF.

En la figura 3.3 se observan vectores cuyas flechas indican ambas direcciones; esto se debe a que al momento en que los electrodos ejercen presión sobre los alambres, ambas vigas, la superior y la inferior soportan la misma fuerza, pero en sentidos distintos.

Ahora bien, se realizará los cálculos de los módulos resistentes necesarios para las vigas superior e inferior por



separado; debido a que ambas soportan cargas de diferente manera. Mientras la viga superior soporta una carga uniformemente distribuida debida a su peso, cargas puntuales debidas al peso de los cilindros neumáticos y cargas puntuales hacia arriba debidas a la fuerza que ejercen los cilindros durante el ciclo de trabajo; la viga inferior soporta cargas uniformemente distribuidas igual al caso de la superior, más las cargas puntuales de los electrodos de cobre y la fuerza ejercida por los cilindros durante el ciclo de trabajo, todas estas hacia abajo. El diagrama de cuerpo libre de la viga superior queda como se muestra en la figura 3.4.

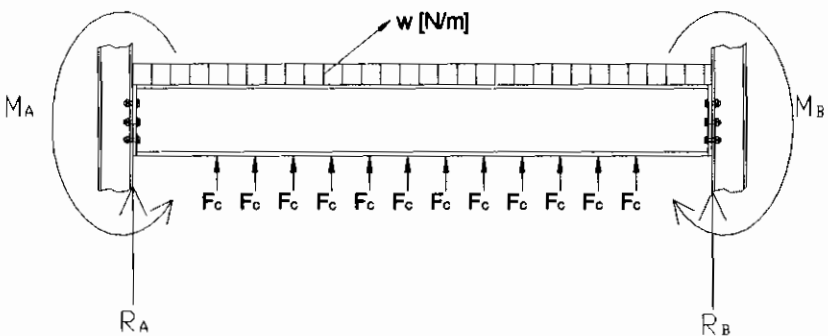


FIG. 3.4. D.C.L. DE LA VIGA SUPERIOR

De las observaciones realizadas en la máquina electro soldadora colombiana se obtuvieron ciertos datos importantes como para comenzar los cálculos de las resistencias:

Diámetro de los cilindros electrodos = 50 mm;

Presión de trabajo del sistema neumático = 8 Bar

Presión a la que abre la válvula de seguridad = 12 Bar

En base a estos datos se estimará las peores condiciones que se pueden presentar para que se den las mayores cargas en el sistema. Esto es, si el regulador no cumple su función y pasa toda la presión del compresor a los cilindros. Esto ocurrirá a los 12 Bar =  $12E5$  Pa.

$$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

$$F = P \cdot A$$

$$P_{\max} = 175 \text{ psi} = 12E5 \text{ Pa}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (50E-3 \text{ mm})^2 = 1.963E-3 \text{ m}^2$$

$$F = 12E5 \times 1.96E-3$$

$$F = 2370 \text{ N}$$

Este valor es la fuerza neumática máxima que puede ejercer cada cilindro neumático hacia arriba. A esta se le resta el peso de cada grupo de cilindro neumático, el

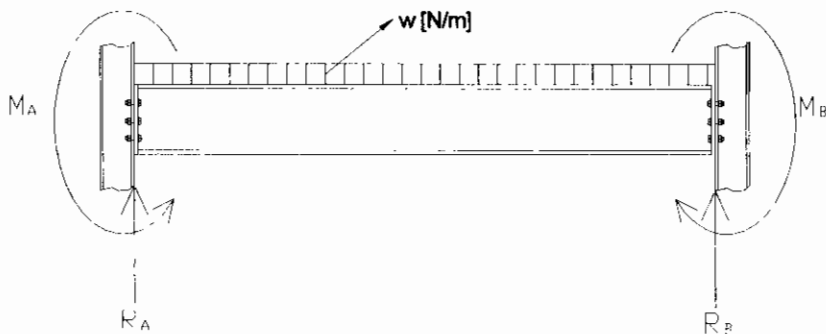
mismo que se ejerce en cada punto de fuerza y que se ha estimado en 20 N por cilindro. El valor restado resultante será

$$F_{unt} = 2370 - 20 = 2350 N$$

Esta será la fuerza máxima unitaria que se ejercerá sobre la viga en cada punto de acople del cilindro a la viga.

Se realizan dos cálculos por separado, usando el principio de superposición para obtener los momentos flectores y fuerzas cortantes máximas que se producen en la viga. El caso 1 es para la viga biempotrada con carga uniformemente distribuida; y el caso 2 es para la viga biempotrada con cargas puntuales a distancias iguales.

#### CASO 1



FI

FIG. 3.5 DCL VIGA CARGADA UNIFORMEMENTE



Para este caso se tomarán los datos de un tramo de viga disponible en la compañía, la misma que tiene las siguientes características:



FIG. 3.6 PERFIL DE LA VIGA DISPONIBLE

La empresa cuenta con aproximadamente 7 m de esta viga. Es una viga construida que fue utilizada en el refuerzo de una estructura metálica. Se analizará si es útil para la aplicación deseada.

En primer lugar se calcula el peso de la viga, tomando en cuenta que está construida de planchas de acero grado SAE A36, cuya densidad es de  $7850 \text{ kg/m}^3$ , se tiene:

$$\begin{aligned}
 V &= [2 \times (20 \times 80) + (20 \times 300)] \times 3000 E - 3 \\
 V &= 0.276 \text{ m}^3 \\
 \rho_{\text{acero}} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\
 m &= V \times \rho = 0.276 \times 7850 & (3) \\
 m &= 216.6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Ahora bien, en vista de que la carga debe ser expresada distribuidamente, se divide este valor entre la longitud de la viga y se obtiene la carga distribuida.

$$W = mg = 216.6 \times 9.8 \quad (4)$$

$$W = 2123.3 \text{ N}$$

$$w = \frac{2123.3}{3}$$

$$w = 708 \text{ N/m}$$

A este valor se le añade un 5% para tomar en cuenta las cargas adicionales que soportará la viga (sensores electroimanes, soportes, tuberías, acoples neumáticos y válvulas), la carga total será igual a

$$w_{\text{trabajo}} = 708 \times 1.05 = 743 \text{ N/m}$$

Con este valor se calcularán las reacciones, los momentos flexionantes y las fuerzas cortantes en la viga.

$$M_1 = M_2 = -\frac{wL^2}{12} = -\frac{743 \times 9}{12} = -557.25 \text{ N} \cdot \text{m} (\downarrow)$$

$$V = \frac{wL}{2}(L - 2x) \Leftrightarrow V_{\text{máx}} = \pm 1114.7 \text{ N} \quad (5)$$

Tanto el momento máximo como el cortante máximo se dan en los extremos de la viga.



## CASO 2

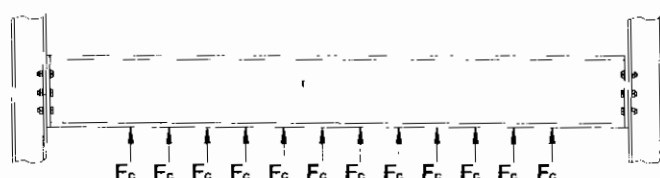


FIG 3.7 DC. DE LA VIGA CON CARGAS PUNTUALES

Este es un caso bastante especial, en la que el diagrama de cortante tiene forma de una función escalón, mientras que el de momento flexionante tiene forma de una parábola formada por rectas de pendientes variables. El máximo cortante está en los extremos y es igual a

$$V_{\text{máx}} = -14100 \text{ N (viga con cargas puntuales)}$$

Mientras que el máximo momento será

$$M_{\text{máx}} = -12690.7 \text{ N-m(1) (viga con cargas puntuales)}$$

Combinando los casos 1 y 2, aplicando el principio de superposición, el cortante máximo que va a soportar la viga sometida a la combinación de cargas es igual a

(1) Los diagramas detallados de cortante y momento se incluyen en el ANEXO A, "Análisis Estático"

$V = 13282.7 \text{ N-m}$ , mientras que el momento máximo de la viga sometida a la combinación de cargas es igual a  $M_{\text{máx}} = 12132.75 \text{ N-m}$ .

Con estos datos determinados, se verifica si las características de rigidez de la viga disponible en la empresa son adecuadas para la aplicación deseada. En primer lugar hay que calcular el momento de inercia de la viga disponible:

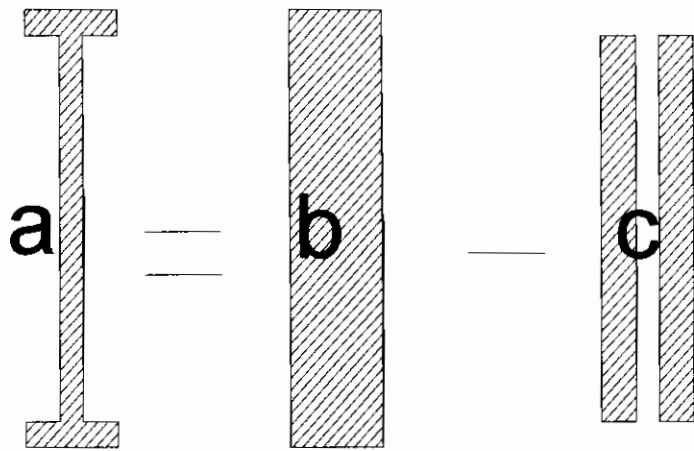


FIG. 3.8. CALCULO DE LOS MOMENTOS DE INERCIA

Para calcular el momento de inercia(2), se calcula el momento de inercia total del área (b) y se restan los momentos de las áreas (c). Ese momento será igual a:

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad (6)$$

$$A_b = \frac{80 \times (340)^3}{12} = 262E6 \text{ mm}^4$$

$$A_c = 2 \cdot \frac{30 \times (300)^3}{12} = 135E6 \text{ mm}^4$$

$$A_a = A_b - A_c = (262 - 135)E6 = 127E6 \text{ mm}^4$$

Este momento es alrededor del eje X que es el buscado, ya que el momento sobre el eje Y es mucho menor.

El módulo resistente de la viga se lo obtiene fácilmente dividiendo el valor del momento para la distancia máxima entre el extremo de la sección transversal y el eje neutro. Ya que la viga tiene una sección simétrica, esta distancia será la mitad de la longitud total de la sección (refiérase a las dimensiones de la sección en el gráfico 3.6).

$$\frac{I}{c} = \frac{127E6}{170} = 747E3 \text{ mm}^3 \quad (7)$$

Este valor representa la máxima resistencia a la flexión que tiene la viga disponible en la empresa.

Ahora se calculará el módulo resistente necesario de la viga para soportar las cargas indicadas.

$$\sigma = \frac{M}{I/c} \Leftrightarrow \frac{I}{c} = \frac{M}{\sigma} \quad (8)$$





donde  $M$  es el momento máximo al que está sometida la viga;  $c$  es la distancia desde la fibra más alejada al eje neutro (el centro de la misma ya que esta es simétrica); y  $\sigma$  es el esfuerzo máximo permisible para el tipo de acero, que se estima es aproximadamente la mitad del límite de proporcionalidad dividida por el factor de seguridad (usualmente 2.5), es decir 48 MPa.

$$\frac{I}{c} = \frac{M}{\sigma} = \frac{12133}{48E6}$$

$$S = 253E3 \text{ mm}^3$$

La viga disponible tiene una rigidez aproximadamente 3 veces superior a la necesaria. En vista de que esta viga está disponible se la podrá utilizar para la aplicación de la presente Tesis de Grado.

### 3.1.2 DISEÑO DE LAS COLUMNAS

Se desea construir las columnas laterales aprovechando retazos de perfiles estructurales remanentes en la empresa, para ello existe un tramo de una viga ASTM W200X57, el cual deberá ser comprobado para resistir los esfuerzos de compresión a los que va a estar sometida. Para ello se utilizará igualmente la información disponible en el Manual de Construcción de Estructuras de Acero de

la AISC; en él existen variadas tablas de resistencias de vigas a diversos tipos de cargas de compresión (axiales, excéntricas, de columnas compactas y esbeltas). Debido a que se cuenta con un tipo específico de perfil, lo que se debe comprobar es si su resistencia de diseño es menor o igual a la resistencia requerida para soportar las cargas que se generarán en la máquina. Estas cargas ya fueron calculadas anteriormente y se exponen con más detalle en el Anexo de Análisis estático.

Viga disponible:	W200X59
Masa por longitud:	59.4 kg/m
Área de sección:	7560 mm <sup>2</sup>
Altura principal:	210 mm
Ancho de ala:	205 mm
Radio de giro mínimo:	51.9 mm sobre Y

Con estas propiedades se calcula la relación de esbeltez para poder determinar la resistencia de diseño de la viga.

$$\frac{KI}{r} = \frac{0.8 \times 2}{51.9E-3} = 30.82 \quad (9)$$

donde K es el factor del tipo de carga (igual a 0.8), correspondiente a su extremo inferior fijo con restricciones a la rotación y traslación, y a su extremo superior con



restricción a la traslación que se lo obtiene de la tabla C-C2.1 del mencionado manual (pág. 6-151).

Con este valor se ingresa a la tabla 3-36 para obtener la resistencia de diseño para compresión. Debido a que en la columna de ingreso no existe el valor exacto de 30.82, se deberá interpolar.

El esfuerzo  $\phi_c F_{cr}$  es igual a 29.1062 ksi (200.6 MPa). La resistencia de diseño se la obtiene multiplicando este valor por el área de sección transversal de la viga.

$$\begin{aligned} (\phi_c F_{cr}) A_g &= 200.6 \text{ MPa} \times 0.00756 \text{ m}^2 & (10) \\ (\phi_c F_{cr}) A_g &= 1517.142 \text{ KN} \end{aligned}$$

Se ha calculado de esta manera la máxima carga que puede resistir la columna sin fallar.

Las cargas que soporta la columna de la máquina, aunque tienen carácter compuesto, es decir axiales más excéntricas, no alcanzan ni al 10% de la resistencia máxima de la viga, por lo que se concluye que este componente será suficiente para resistir las mismas.

El análisis para calcular resistencias de diseño de columnas central y excéntricamente cargadas incluye otros parámetros igualmente importantes como el análisis del pandeo local. Sin embargo, al ser la columna objeto del

presente estudio tan corta, se ha prescindido de dicha comprobación ya que no es posible que las cargas relativamente pequeñas que se tiene sumadas a la robustez de la columna, esta falle por pandeo en el ala del perfil.

### 3.1.3 DISEÑO DE LAS UNIONES

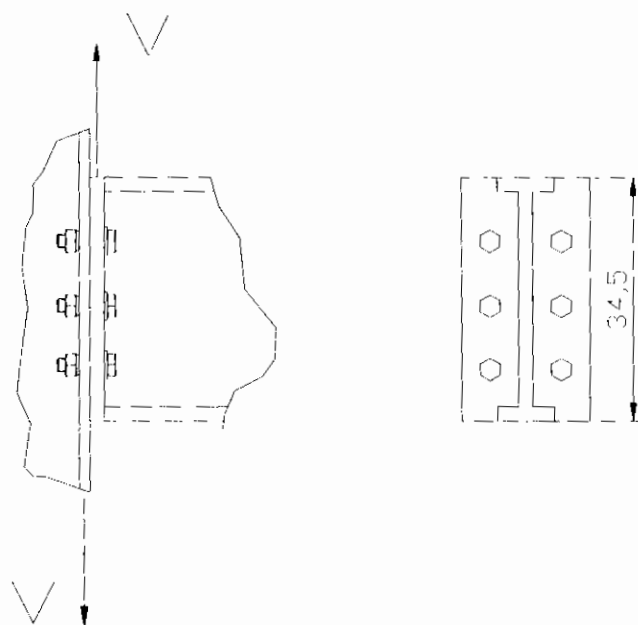


FIG. 3.9. D.C.L. De la junta emperrada

En los extremos de las vigas el tipo de esfuerzo más crítico para el diseño es el cortante; no obstante, existen también esfuerzos de presión y de tensión.

Aunque se podría mostrar toda la metodología del cálculo, existen obras en las que esos cálculos ya están tabulados, y el número de pernos, así como el espesor de la placa que, soldada a la viga, la sostiene a la columna con los pernos de ajuste.

Según Joseph Shigley en su obra "Diseño en Ingeniería Mecánica", <<el esfuerzo por flexión en las piezas unidas o en el perno es

$$\sigma = \frac{M}{I/c}$$

donde  $I/c$  es el módulo de sección correspondiente al elemento sujetado más débil o para el perno o los pernos>>. A pesar de que esta ecuación es útil para determinar el esfuerzo por flexión, su uso no es muy común en el dimensionamiento de elementos mecánicos. En su lugar se utilizará la ecuación del cortante puro:

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{4V}{\pi d^2} \quad (11)$$

El esfuerzo en la junta será igual al cortante en los extremos de la viga:

De acuerdo a los diagramas y cálculos realizados anteriormente, el cortante máximo al que está sometida la viga es igual a  $V_{\text{máx}} = 13282.7 \text{ N}$  en los extremos.

En el manual de Construcciones de Acero, publicado por la "American Society of Steel Constructions", en su capítulo sobre Conexiones (Parte 5) hay una sección para diseño de placas de extremos de vigas y, con la carga facturada en los extremos, las características de la viga y las propiedades del acero se puede directamente obtener una combinación de placa, número y tipo de pernos y filetes de soldadura más apropiados. Esta información se incluye en los Anexos de la presente Tesis.

Lo que se desea seleccionar es una conexión con placa y pernos para la viga de las siguientes características:

Reacción resultante en el extremo:

$$15000 \text{ N} = 3.4 \text{ kip}$$

Resistencia última del material:

$$250 \text{ MPa} = 36 \text{ ksi}$$

Espesor del alma de la viga (thickness):

$$20 \text{ mm} = 0.787''$$

Altura de la viga (depth):

$$340 \text{ mm} = 13.38''$$

Ancho del ala (gage):

$$80 \text{ mm} = 3.5''$$

Con estos datos en unidades compatibles (inglesas) se ingresa a la tabla IX de la sección anteriormente descrita y se procede de la siguiente manera:

- Se ingresa con la altura de la viga, en la última columna de la derecha, se escoge la fila para alturas entre 12 y 18".
- La segunda columna desde la derecha indica la longitud mínima de la placa: igual a 8.5 pulg (216 mm).
- Se selecciona ahora la resistencia más cercana (por arriba) a la mínima resistencia del material (36 ksi), la misma que es igual a 42.9 ksi. Esta corresponde a una placa con un espesor mínimo de 0.14 pulg (4 mm) y a cada lado una columna de tres pernos grado ASTM A307 de 0.75 pulg de diámetro cada uno. El grado de los pernos es equivalente a un perno métrico grado 4.6 de 20 mm.
- Finalmente, esta placa deberá ser soldada a los extremos de la viga por medio de electrodos tipo E70XX (usualmente E7018) en filetes de 3/16 pulg (5 mm).

En conclusión, se utilizará para fijar las vigas a las columnas laterales placas de por lo menos 80 mm de



ancho X 216 mm de largo X 4 mm de espesor con dos columnas, cada una con 3 pernos tipo A307 (métrico 4.6) de 20 mm de diámetro; una a cada lado de la viga. Para fijar la placa al alma de la viga se usarán filetes de 5 mm de espesor a cada lado del alma.

### **3.2 DISEÑO DEL MECANISMO DE AVANCE**

El sistema de avance es bastante sencillo, basado en una mesa con apoyos simples en la que están empotrados dos ejes sobre los cuales desliza una caja metálica que soporta los brazos basculantes que agarran y arrastran la malla después de que se ha producido el punto de soldadura. Dentro de esta caja está protegido el ariete neumático de arrastre cuya carrera se ajusta de acuerdo al tipo de malla que se va a realizar.

El diseño se inicia con la máxima carga que la mesa deberá ser capaz de arrastrar, la misma que está compuesta de varillas de 8 mm de diámetro con claros de 100 mm X 100 mm. Esta malla proporciona las siguientes cargas:

63 varillas de 8.0 mm de diámetro X 2.40 m de longitud

25 varillas de 8.0 mm de diámetro X 6.25 m de longitud

Tomando una densidad del acero igual a  $7850 \text{ kg/m}^3$ , se tiene:



$$V = A \times l \quad (12)$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \times L$$

$$A = 0.7854 \times (8E - 3)^2 = 5.026E - 5m^2$$

donde V es el volumen de la varilla, A es su sección transversal y l su longitud.

Ahora se calcula el volumen de la varilla tanto corta como larga.

$$V_{corta} = 5.026E - 5 \times 2.40 = 1.20E - 4m^3$$

$$V_{larga} = 5.026E - 5 \times 6.25 = 3.14E - 4m^3$$

con estos volúmenes se calcula el peso que tiene la malla, multiplicándolos por la densidad. La carga total será

$$m = 7850(63 \times 1.20 + 25 \times 3.14)E - 4$$

$$m = 121.31 \text{ kg}$$

$$W = 1188 \text{ N}$$

La máxima carga de malla que soportará el bastidor es igual a 1188 N.

El coeficiente de fricción para acero sobre acero sin lubricación en el aire libre es igual a 0.39(1) y la fuerza friccional por causa del arrastre de la malla sobre la estructura metálica será igual a

$$F_r = N \times f \quad (13)$$

Donde  $f$  es el coeficiente de fricción.



(1) Referencia bibliográfica No. 5

$$Fr = 1188 \text{ N} \times 0.39$$

$$Fr = 463.32 \text{ N}$$

Esta es la fuerza que debe arrastrar el mecanismo de avance.

Adicional a esta carga está la fuerza que ejerce el bastidor por efecto de su propio peso; esto es la caja porta ariete, el bastidor basculante, el ariete de avance y los arietes de inclinación del bastidor. Toda esta estructura tiene un peso de 1470 N (150 kg).

La carga de arrastre total será entonces igual a

$$P_{\text{ARRASTRE}} = 1188 + 1470$$

$$P_{\text{ARRASTRE}} = 2658 \text{ N.}$$

### 3.3 DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

El sistema neumático de la máquina es el más importante, ya que la máquina que se está diseñando es básicamente una máquina neumática. Sus componentes motrices funcionan con aire comprimido y es por esto que esta parte del diseño es la más crítica. El sistema consta de un circuito neumático sencillo consistente de los siguientes componentes:

- Dos electroválvulas bidireccionales de 5 lumbreras, 2 posiciones, con accionamientos solenoides. Una, para el

circuito de avance, V1; y la otra, para el circuito de electrodos, V2.

- 1 Válvula de corredera de para la entrada de aire al circuito.
- Unidad de mantenimiento, (lubricador, filtro y regulador), acoplada a la válvula V2; y un regulador acoplado a la válvula V1.
- Doce arietes (cilindros) de doble acción, para los electrodos.
- Dos arietes de doble acción para la mesa basculante.
- Un ariete grande de doble acción para el avance de la malla.
- Dos interruptores de final de carrera.
- Manguera, tubería de presión y accesorios neumáticos.



### 3.3.1 SELECCIÓN DE LOS CILINDROS

En primer lugar se dimensionará el cilindro para el electrodo. De acuerdo al Manual d Materiales, en su sección de soldadura, se debe aplicar una fuerza de entre 1300–1700 N(1) (300 a 400 lb) para lograr un punto de soldadura apropiado entre dos planchas de entre 1/4 y 3/8 pulg (6–9 mm). Estos valores se aproximan a los diámetros utilizados normalmente en la manufactura de mallas, por lo que se

---

(1) Referencia bibliográfica No. 3

concluye que la fuerza necesaria para lograr un punto de soldadura adecuado es de 1500 N promedio.

En el manual didáctico de FESTO, en el diagrama Presión-Fuerza, (Fig. 69, pág. 65), seleccionando con una fuerza de 1500 N a la derecha del gráfico, y escogiendo una presión de trabajo de 9 bar (130 psi), que es una presión de trabajo razonable, se obtiene en la parte inferior un diámetro de cilindro aproximado de 50 mm.

En segundo lugar, se dimensiona el diámetro del vástago, utilizando para el efecto el diagrama de pandeo del manual Didáctico de FESTO (Fig. 70, Pág. 66); se entra con la fuerza por la parte inferior, 1500N, se traza una línea vertical hasta que cruce con un valor mínimo de diámetro de vástago. El primer cruce es con la línea que corresponde a un diámetro de 8 mm, por lo que este sería el diámetro mínimo. Sin embargo de todo esto, no es un factor crítico el diámetro del vástago ya que este análisis se utiliza cuando el cilindro tiene desplazamientos muy largos. En el caso que ocupa al presente trabajo, la carrera va a ser establecida de manera que genere el menor consumo de aire, ya que lo que interesa es la fuerza del cilindro más no cuánto este se desplace.

Con este valor se comprueba los parámetros reales del cilindro para asegurar la fuerza necesaria.

$$F_{real} = F_{teórica} - F_{fricción} \quad (14)$$

$$F_{real} = AP = \frac{1}{4}(50E - 3)^2 \cdot 9E5$$

$$F_{real} = 1767N$$

$$F_{fricción} = 10\% F_{teórica}$$

$$F_{real} = 1767 - 176 = 1590 N$$

Lo que confirma la selección realizada.

Para obtener el consumo de aire de la selección de cilindros para electrodos se ingresa al Diagrama de Consumo de Aire (Fig. 72, Pág. 68), con el diámetro y la presión de trabajo, y se obtiene un consumo por centímetro de carrera igual a 0.2 litros.

Consumo neto de los cilindros electrodos:  $12 \times 10 \times 0.2 = 24$  l de aire normal.

En segundo lugar se dimensiona el cilindro de avance. Para ello, se toma como referencia la fuerza de rozamiento que deberá arrastrar dicho cilindro. En el diseño del carro de avance se calculó la fuerza de rozamiento causada por la malla más pesada, y también el peso de la estructura, estas dos fuerzas producen un rozamiento aproximado igual a 1000 N. Utilizando los mismos diagramas del manual Didáctico de FESTO, se obtuvo el siguiente cilindro:

Diámetro mínimo del cilindro: 60 mm

Diámetro mínimo del vástago: 14 mm

$$F_{real} = F_{teórica} - F_{fricción}$$

$$F_{real} = AP = \frac{1}{4} (60E - 3)^2 \pi \cdot 8E5$$

$$F_{real} = 2261 \text{ N}$$

$$F_{fricción} = 10\% F_{teórica}$$

$$F_{real} = 2261 - 226 = 2000 \text{ N}$$

Se confirma la selección. Este cilindro generará un consumo igual a 40 litros de aire por ciclo.

Finalmente, se seleccionará los cilindros de levantamiento de la barra basculante.

La fuerza que deben levantar es mínima, aproximadamente 400 N, ya que la malla está apoyada en el otro extremo, lo mismo que la barra basculante. Usando los diagramas FESTO, se obtuvo la siguiente selección:

Diámetro mínimo del cilindro: 25 mm

Diámetro mínimo del vástago: 3 mm

Carrera: 25 mm

El valor de la carrera es el necesario para que la barra agarre la malla y la arrastre hasta el siguiente punto de soldadura, por ello no es muy largo. El consumo de estos cilindros será igual a 0.5 litros por ciclo.



El consumo total de los cilindros será igual a 1612.5 litros de aire normal.

### **3.3.2 SELECCIÓN DE LAS VÁLVULAS**

Para el circuito se necesitan 3 válvulas distribuidoras, una para cada sistema, tomando los doce cilindros electrodos como un solo sistema, controlado por una válvula. Las válvulas necesarias son controladas por solenoides eléctricos y activadas con servos neumáticas.

Los cilindros electrodos solo retraen o extienden, lo mismo que los cilindros basculantes. Las válvulas necesarias para controlarlos son sencillamente válvulas de 5 lumbreras y 2 posiciones: retraer y extender.

El cilindro de avance debe tener la capacidad de parar en cualquier momento del avance o de retroceder o avanzar una determinada distancia, por lo que la válvula que lo controla debe tener una posición de bloqueo. Por esta razón se ha seleccionado una válvula distribuidora de 5 lumbreras y 3 posiciones con una posición central cerrada para cortar el flujo en cualquier momento.

### 3.3.3 SELECCIÓN DEL COMPRESOR

En el diseño de los cilindros se había mencionado que el consumo de todos los cilindros en una carrera de extensión y una de retracción es igual a 80 litros de aire comprimido por ciclo de soldadura. Si se hacen 25 ciclos por minuto, el caudal necesario de aire comprimido será igual a 1612 l/min (aprox. 60 cfm). El compresor que se requiere es uno que proporcione por lo menos 60 scfm @ 130 psi de presión (9 bar).

El consumo anteriormente indicado es equivalente a

$$\dot{V} = 56.95 \text{ cfm} = 96.75 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Con este valor y la presión máxima de trabajo, en el gráfico 14 (pág 24) del manual didáctico de FESTO, se elige para 100 m<sup>3</sup>/hr y 10 bar de presión un compresor de EMBOLO; y acorde a la información suministrada en la Pág. 21 del mismo manual, por la presión de trabajo se requiere un compresor de por lo menos 2 etapas (1 etapa, hasta 4 bar; 2 etapas, hasta 15 bar; 3 etapas, más de 15 bar).

Para calcular la potencia del motor se utiliza la ecuación de la compresión isentrópica:

$$H = Q_N \cdot p_1 \cdot \left( \frac{n}{n-1} \right) \cdot \left[ r^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \times 10^{-3} \quad (15)$$



$H$ , es la potencia requerida (kW)

$Q_N$ , es el caudal nominal (en  $m^3/sec$ )

$n$ , es el índice politrópico

$r$ , es la relación de compresión, ( $p_2/p_1$  absolutas)

$p_1$ , es la presión absoluta de entrada (Pa)

$$H = Q_N \cdot p_1 \cdot \left( \frac{n}{n-1} \right) \cdot \left[ r^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \times 10^{-3}$$

$$H = 0.0268 \frac{Nm^3}{sec} \times 1E5 \frac{N}{m^2} \times \left( \frac{1.4}{1.4-1} \right) \left[ 10^{\frac{1.4-1}{1.4}} - 1 \right] \times 10^{-3}$$

$$H = 8.75 kW = 12 Hp$$

La potencia mínima de entrada del compresor deberá ser 12 Hp, 8.75 kW.

En conclusión, el requerimiento de generación de aire comprimido del sistema es el siguiente:

Compresor de pistones; de 2 etapas; presión máxima de entrega, 150 psi; potencia mínima del motor, 12 Hp; caudal, 60 scfm.

### 3.3.4 DISEÑO DEL CIRCUITO



se va a diseñar el circuito neumático, en lo que tiene que ver a su funcionamiento. En primer lugar se detallará un listado de las operaciones que suceden en cada ciclo de operación.

Los cilindros porta-electrodos serán denominados CILINDRO A; los elevadores del bastidor, serán CILINDRO B; y el cilindro de avance será CILINDRO C. Cada uno extiende y retrae en un momento específico dictado por el mando electrónico. Sin embargo en el presente trabajo se detallará a breves rasgos el circuito electroneumático que gobierna los movimientos de la máquina.

La primera operación es el descenso de los cilindros porta electrodos (A extiende o A+)

A continuación se produce el paso de corriente a través de las interfases durante un tiempo determinado (entre 0.3 y 1 seg.).

Una vez soldados los alambres se retraen los porta electrodos (A retrae, A-).

Los cilindros elevadores del bastidor se extienden para "agarrar la malla" (B extiende, B+).

El cilindro de avance extiende haciendo que la malla recorra la distancia preestablecida (C extiende, C+).

Los cilindros de elevación del bastidor descienden liberando la malla (B retrae, B-).

El cilindro de avance regresa a su posición inicial para el inicio del siguiente ciclo (C retrae, C-).

El cilindro de avance extiende haciendo que la malla recorra la distancia preestablecida (C extiende, C+).

Los cilindros de elevación del bastidor descienden liberando la malla (B retrae, B-).

El cilindro de avance regresa a su posición inicial para el inicio del siguiente ciclo (C retrae, C-).

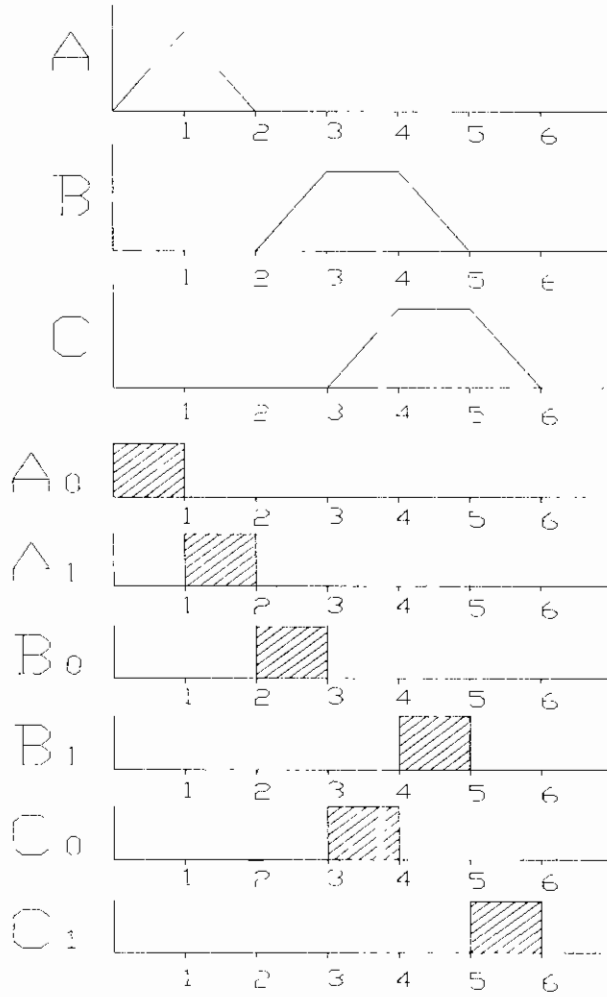
En resumen, la secuencia de funcionamiento es:

A+ A- B+ C+ B- C-

En base a esta secuencia se diseñará un circuito en cascada para el mando.

Para este circuito en cascada(1) se requiere un relé de enclavamiento, 3 válvulas de derivación accionadas por solenoides, 12 cilindros neumáticos porta-electrodos (A), 2 cilindros de levantamiento (B) y un cilindro de avance (C).

La secuencia indicada produce el siguiente diagrama de fase y de mando:



**FIG. 3.10 DIAGRAMAS DE FASE Y MANDO**

**El circuito electro neumático quedaría de la siguiente forma:**

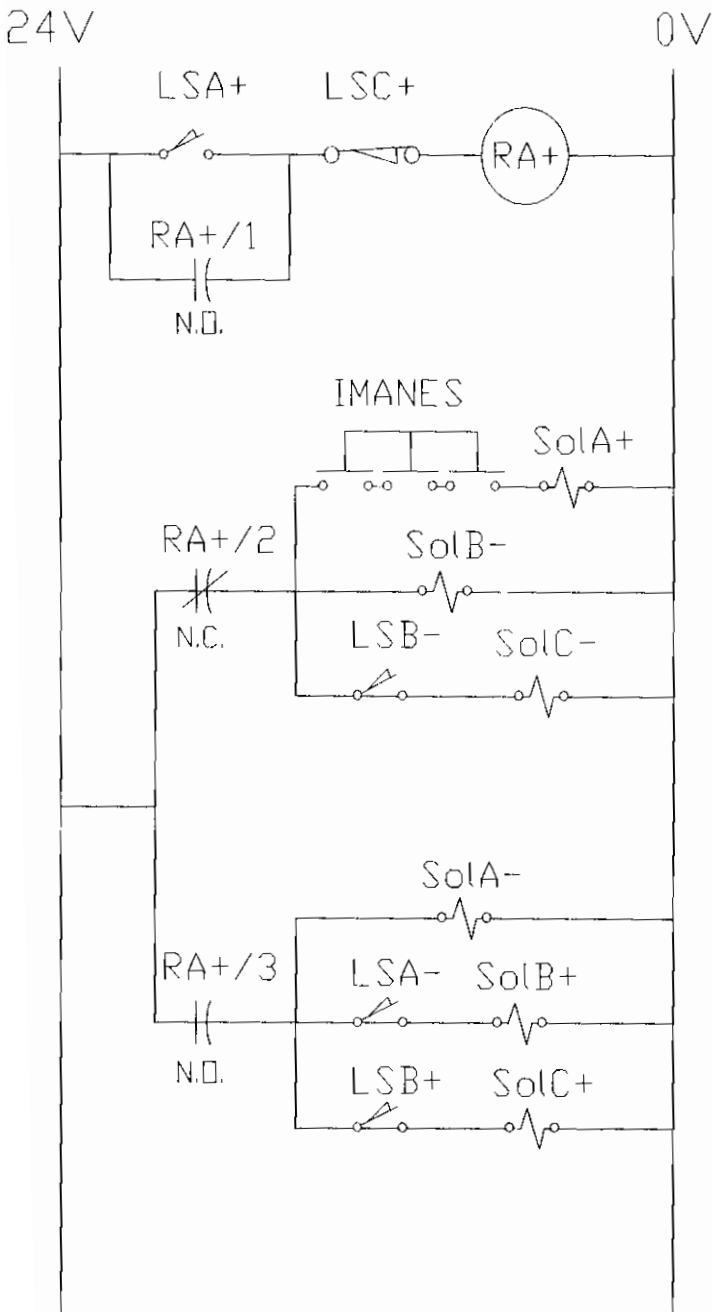


FIG. 3.11 CIRCUITO ELECTRO NEUMÁTICO

Este circuito produce los siguientes procesos:

1. El relé RA+/2 (normalmente abierto, NO) mantiene cerrado el circuito. Con la varilla tocando los imanes se inicia el ciclo energizándose Sol A+ produciéndose la extensión de A (A+).
2. El sensor LSA+ (NO) que en la práctica es un temporizador electrónico cierra el circuito (en la línea 1) y, sumado al sensor LSC+ (normalmente cerrado NC) energizan al relé RA+.
3. El relé RA+ enclava RA+/1 (NO) para que mantenga el circuito de la línea 1 cerrado; también enclava RA+/3 (NO) para cerrar el circuito GII (línea 2) y desenclava RA+/2 (NC) que energiza al circuito GI (línea 2).
4. RA+/3 energiza a Sol A- que produce la retracción de A (A-).
5. El sensor LSA- que en la práctica es un temporizador electrónico produce el accionamiento de Sol B+ y el grupo de cilindros B se extiende (B+).
6. El sensor LSB+ que en la práctica es un temporizador electrónico produce el accionamiento de Sol C+ y el cilindro C se extiende (C+).

7. El sensor LSC+ (línea 1), normalmente cerrado se abre con la con la extensión de C y corta la energía a RA+, con lo que RA+/1 que es normalmente cerrado se cierra; y RA+/2 que es normalmente abierto se abre.
8. Al cerrarse RA+/2, cierra el circuito de la línea 2 y se acciona Sol B- produciéndose la retracción del grupo de cilindros B (B-).
9. El sensor LSB- que es un temporizador electrónico acciona Sol C- y se produce la retracción del cilindro C (C-).
10. Esta retracción de C desactiva LSC+, y como éste es normalmente cerrado, se cierra parcialmente el circuito de la línea 1 para el inicio del siguiente ciclo.

Con esto se ha logrado completar el circuito neumático para un ciclo de soldadura. Este se repetirá aproximadamente 20 veces por minuto.

### 3.3.5 DISEÑO DE LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN



Para finalizar el capítulo referente al diseño de estructuras y sistemas, se dimensionará la tubería del tendido neumático de la planta.

El manual didáctico de FESTO indica un nomograma para calcular el diámetro aproximado mínimo de la tubería necesaria, así como las longitudes supletorias por los accesorios colocados a lo largo del tendido. Así pues el tendido cuenta con los siguientes accesorios:

En el nomograma de la página 33 (Fig. 25) se entra con la longitud de la tubería y el caudal, en el lado izquierdo; y con la pérdida de presión máxima y la presión de trabajo, en el lado derecho. Uniendo los dos ejes se encontró que el diámetro mínimo a usarse debe ser 30 mm (1-1/2 pulg.)

Longitud de tubería [m]:	12
Caudal [m <sup>3</sup> /hr]:	100
Presión del sistema [kPa]:	9
Pérdida de presión [kPa]:	0.2

El nomograma se encuentra en los anexos.

Ahora se calculará la longitud supletoria por los accesorios del sistema:

Codos:	8
Válvulas de cierre:	1
Compuertas:	1

En el gráfico 26 de la pág 34 del referido manual, ingresando con el diámetro ya encontrado intersecando



este valor con la curva respectiva de cada accesorio se obtiene la siguiente longitud supletoria(1) :

Accesorios	Cantidad	Longitud sup.
Codos a 90°	8	8 X 02 = 1.6 m
Compuerta	1	0.3 m
Válvula de cierre	1	6 m
Total longitud adicional		7.9 m

**TABLA 2. LONGITUD ADICIONAL POR ACCESORIOS**

Con 20 metros de longitud se comprueba de nuevo en el nomograma y se concluye que el diámetro seleccionado está correcto.

---

(1) Referencia bibliográfica No. 7

# **CAPÍTULO 4**

## **4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE**

En el presente capítulo se desarrolla todo el trabajo de planificación, ejecución del montaje y pruebas de funcionamiento de la máquina diseñada. Para esto se tiene como punto de partida los planos detallados de cada uno de los sistemas relacionados con la Ingeniería Mecánica que se utilizarán en la misma; esto es, estructura, sistema de soldadura, sistema de avance, sistema de alimentación y circuito neumático, anclajes. En cada uno de estos sub-procesos detallados se indicará las normas bajo las cuales fueron construidos, los materiales utilizados y los costos, para llegar a determinar al final del capítulo el costo total de la máquina.

### **4.1 PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE**

La construcción de los diferentes sistemas de la máquina se van a realizar, por una parte en las instalaciones de la empresa

auspiciante; y por otra, en talleres externos tanto de metal mecánica como de máquinas herramientas. Se utilizará para el efecto un contratista de taller metal-mecánico que trabaja directamente con el jefe de montaje para agilizar la construcción mediante la realización de trabajos paralelos.

Se ha planificado que la estructura sea construida por el contratista; tomando en cuenta que la empresa cuenta con la viga de mayor dimensión a la requerida en los cálculos y que será utilizada en dicho componente, el contratista deberá cortarla, dejar sus alas a la medida de los electrodos (tanto superiores como inferiores), acoplar las vigas a las columnas para formar la estructura. Se deberá construir una caja protectora en la parte inferior de la estructura, como se muestra en la figura, para los componentes eléctricos. Este trabajo deberá durar 20 días con dos personas trabajando.



## 4.2 EJECUCION DEL MONTAJE



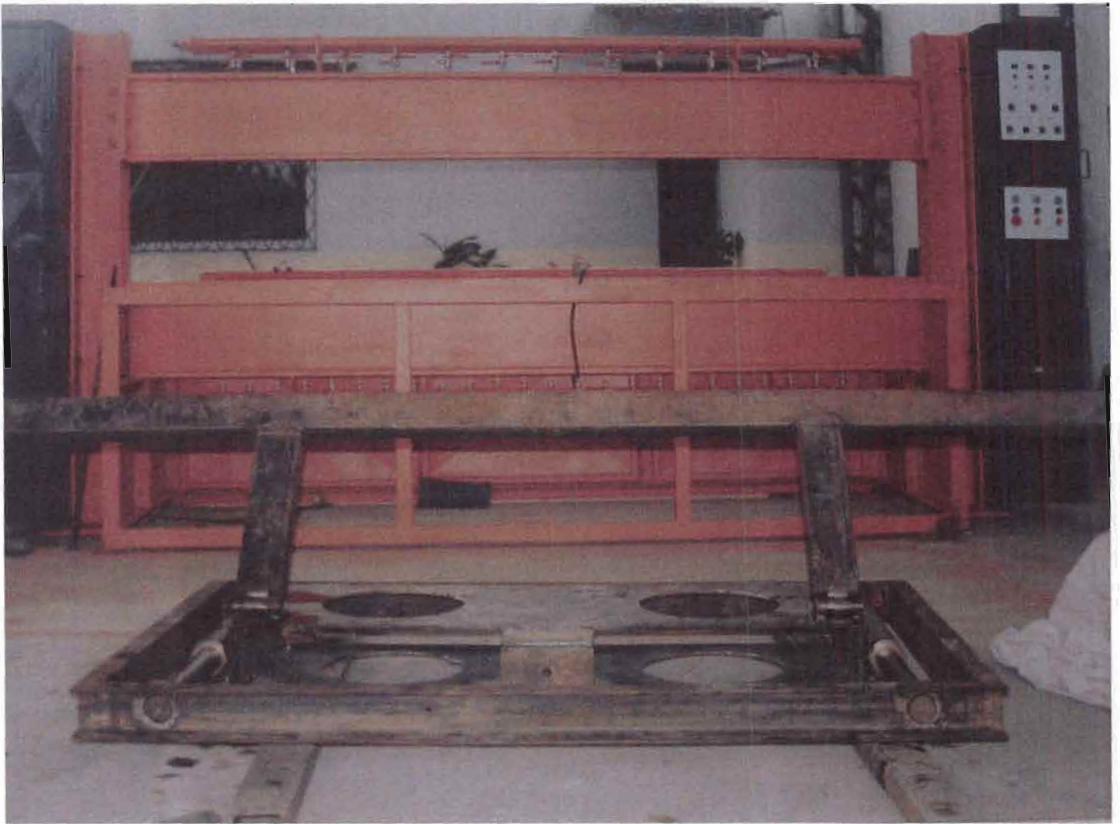
FOTOGRAFÍA. 1  
VISTA DEL BASTIDOR O ESTRUCTURA EN CONSTRUCCIÓN

La mesa de entrada de materia prima y la de salida de producto terminado van a ser construidas en las instalaciones de la empresa auspiciante, con la participación de maestros soldadores proporcionados por el contratista. Trabajarán dos personas durante 10 días. La lista de materiales detallada así como su costo se incluye en el ANEXO.



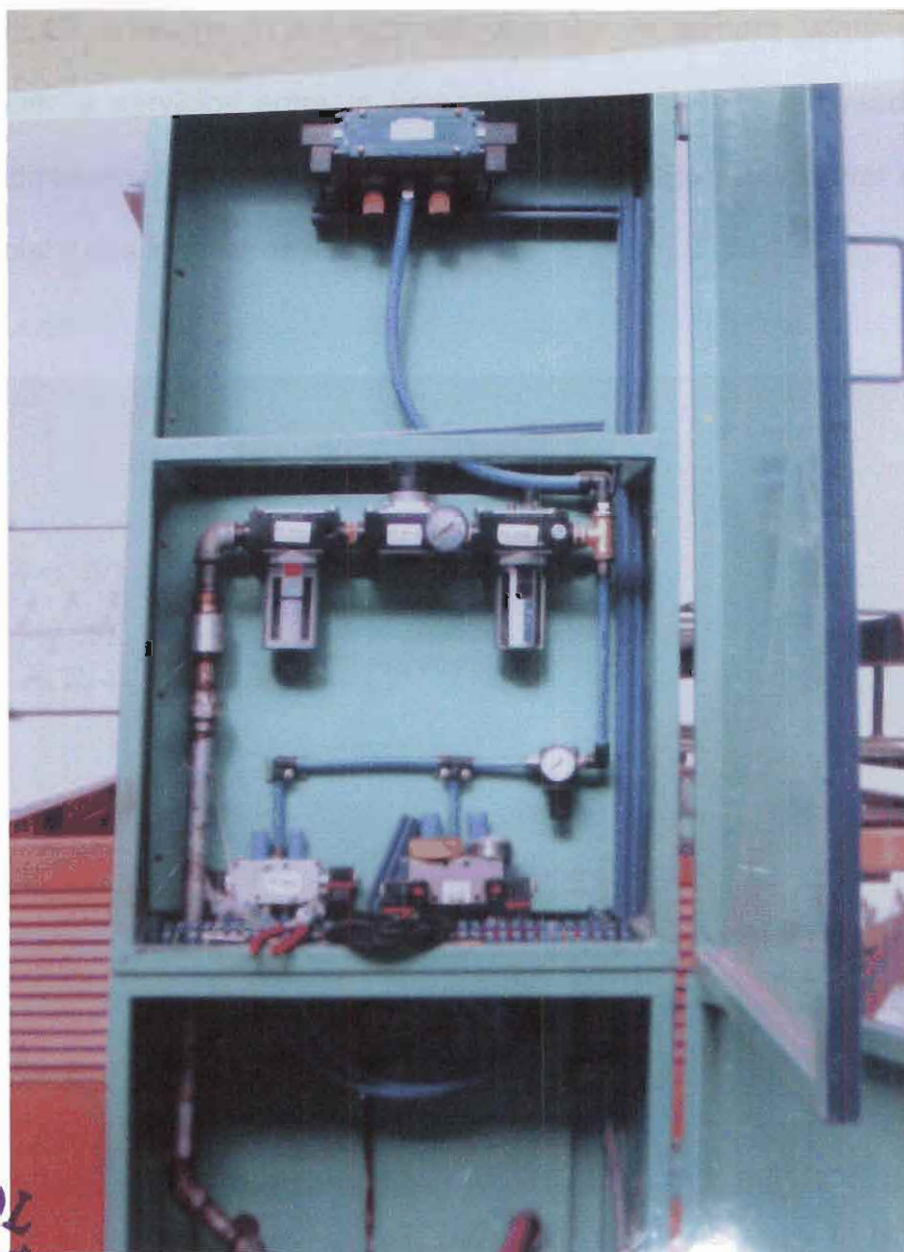
FOTOGRAFÍA. 2  
VISTA DEL BASTIDOR CON LA ESTRUCTURA DE LA MESA DE  
ALIMENTACIÓN DE MATERIA PRIMA

Parte del mecanismo de avance será construido en las instalaciones de la planta, y otra en talleres externos de máquinas herramientas, principalmente por la necesidad de realizar piezas mecanizadas para los bocines. El costo de estos trabajos se incluye en el Anexo respectivo y el armado de la estructura en sí será realizado por tres personas durante 8 días.



FOTOGRAFÍA 3  
SISTEMA DE AVANCE EN CONSTRUCCIÓN

El sistema neumático se ha montado en su totalidad en la planta industrial; sin embargo, los componentes fueron adquiridos directamente al proveedor colombiano del sistema eléctrico y de control de la máquina. Los detalles del costo de estos componentes importados se incluyen en el análisis de costos de los ANEXOS.



FOTOGRAFÍA 4  
CIRCUITO NEUMÁTICO

Estos componentes son de marca MICRO de procedencia argentina y el listado detallado de los mismos se adjunta en el



ANEXO referente a la copia del contrato de compra venta de bienes y servicios entre la empresa auspiciante y el proveedor colombiano. En el armado del circuito neumático participaron un oficial y dos ingenieros durante 10 días.

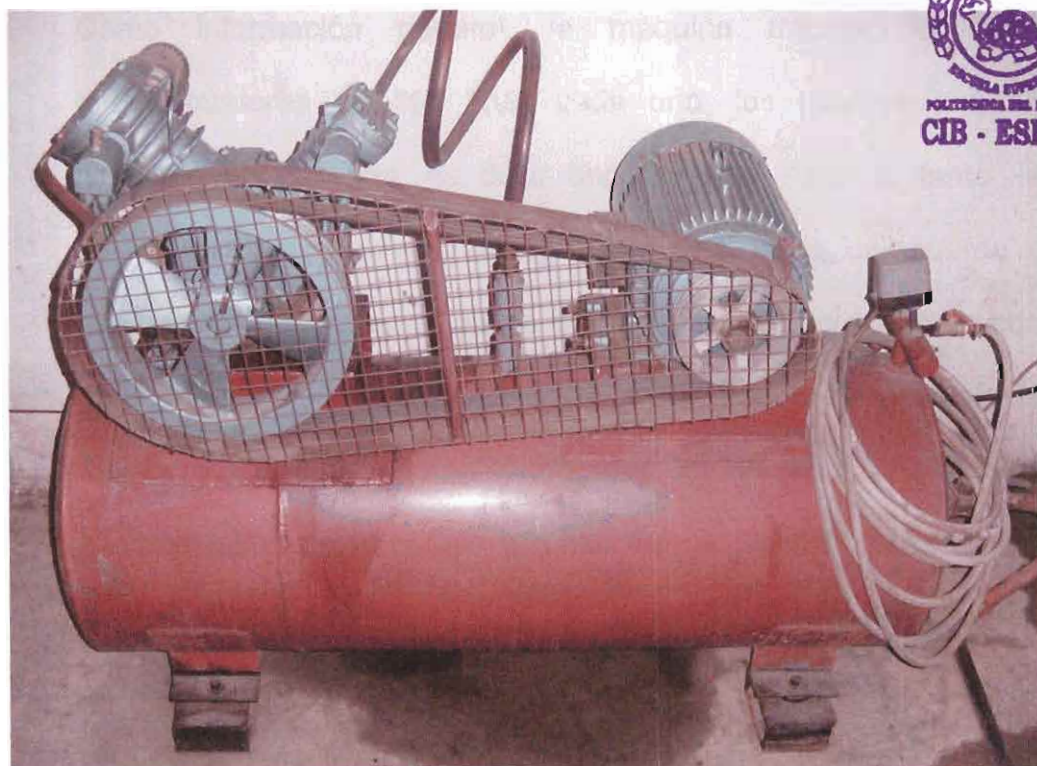


FOTOGRAFÍA. 5  
CILINDROS NEUMÁTICOS.

El compresor fue adquirido al contratista y este suministró la instalación tanto eléctrica como neumática del mismo. Los detalles de estos costos también se incluyen en el ANEXO de costos.



Participaron montando el compresor y las líneas dos oficiales, dos albañiles y un ingeniero supervisando durante 10 días. El montaje del compresor incluye los aisladores y los pernos de anclaje para su sujeción con el piso. Asimismo, se ha realizado por parte del proveedor colombiano la instalación eléctrica del compresor de manera que funcione conjuntamente con la máquina y pueda ser controlado desde el panel de control de esta.



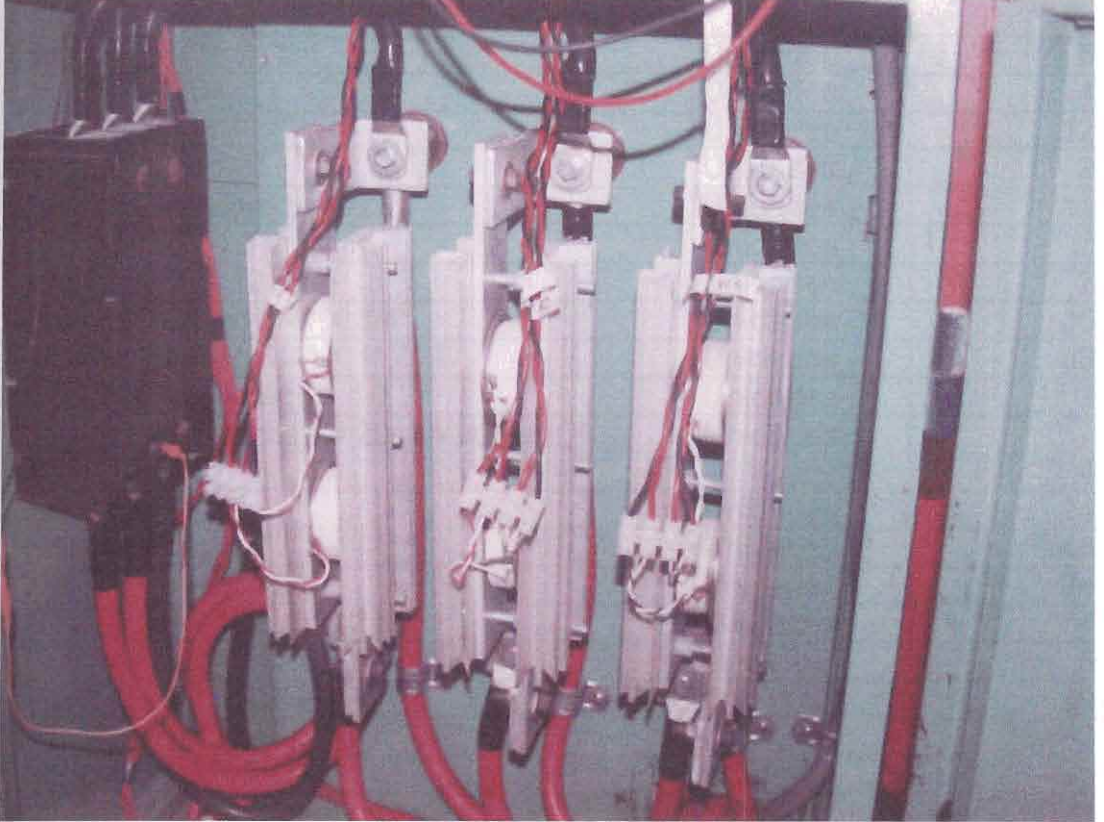
FOTOGRAFÍA. 6. COMPRESOR

En lo referente a las instalaciones eléctricas y electrónicas de alimentación y control de los sistemas motrices de la máquina, aunque esto no es tema del presente trabajo, estas fueron realizadas íntegramente por el proveedor colombiano de los componentes importados. Las instalaciones eléctricas fueron montadas mientras se ejecutaban los trabajos mecánicos y es por ello que se adjuntan también en los costos totales de la máquina; sin embargo, no se hace ningún análisis o cálculo para su diseño.

Como información general, la máquina trabaja con tres transformadores de 100 KVA cada uno, los mismos que se accionan en cascada, es decir uno por uno. Por lo tanto, la soldadura se produce en tres segmentos de la malla, de acuerdo al tiempo preseleccionado. Estos transformadores se accionan con bajo voltaje y entregan elevados amperajes para producir la fundición del acero. Están controlados por un circuito de tarjetas electrónicas de control, las mismas que a su vez controlan las electro válvulas neumáticas y las especificaciones del ciclo de soldadura.

En la fotografía 7 se muestra el armario eléctrico con el breaker principal y tres tiristores que controlan cada uno a un transformador eléctrico. Los sistemas eléctrico, electrónico y de control trabajan

con un voltaje continuo de 24 V, reducido desde un voltaje de entrada de 440V.



FOTOGRAFÍA 7  
ARMARIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO



## EJECUCIÓN Y MATERIALES DEL MONTAJE

<b>MATERIALES PARA LA ESTRUCTURA</b>		
<b>Incluye Armarios laterales y caja inferior.</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
vigas tipo S modificadas	Metros	7
tramo de perfil H 7"X1/2" 340 mm de altura, 80 mm ancho de ala, 20 mm de espesor de alma y ala	Metros	3.40
ángulos 50X6	Unidades	5
ángulos 40X6	Unidades	4
tubo cuadrado 1"	Unidades	12
platinas 3/4" X 1/8"	Unidades	2
planchas de acero t = 1/20"	Unidades	11
platinas 2 1/2" X 9 mm	Unidades	2
platina de 1" X 12 mm	Unidades	2
Prisioneros allen 1/4" X 3/4"	Unidades	35
Prisioneros allen 1/4" X 1"	Unidades	88
tubo cédula 40 diám. 1 1/2"	Unidades	2
pedazos de plancha t = 20, t = 20 mm; 340X180 mm	Unidades	4
pernos 3/4 X 2"	Unidades	24
anillos planos 3/4"	Unidades	48
anillos de presión 3/4"	Unidades	24
planchas de acero t = 12 mm	Unidades	4
Pintura anticorrosivo	Galones	5
TIEMPO DE EJECUCIÓN	Días	20
Número de oficiales	Personas	2
Horas hombre	Horas	400

TABLA 3  
MATERIALES PARA LA EJECUCIÓN DEL MONTAJE DE LA ESTRUCTURA

**MATERIALES PARA EL CIRCUITO****Incluye compresor y líneas de alimentación.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
Cilindros hidráulicos 50 X 50 mm con dispositivo Antigiro	Unidad	12
Cilindros hidráulico 25 X 25 mm	Unidad	2
Cilindro hidráulico 400 X 80 mm	Unidad	1
Unidad de mantenimiento FLR diámetro ¾"	Unidad	1
Válvulas de escape rápido de ½"	Unidad	2
Electro válvula 5-2, ¼" de dos posiciones	Unidad	1
Electro válvula 5-3, 3/8" de tres posiciones	Unidad	1
Electro válvula 5-2, 3/4" de dos posiciones	Unidad	1
Válvula de corredera de ½"	Unidad	1
Distribuidor	Unidad	1
Reducción ¾" - ½"	Unidad	5
Acoplamiento doble ¾"	Unidad	2
Racor rápido recto 3/8"-10	Unidad	1
Unión tubo c/reducción 10-8	Unidad	1
Racor rápido L ¼-8	Unidad	3
Racor rápido L 3/8-10	Unidad	5
T acoples rápidos 3/8-10	Unidad	1
Tubo poliuretano φ 8 mm	Metros	10
Tubo poliuretano φ 10 mm	Metros	20
Tubo poliuretano φ 16 mm	Metros	2
Derivación en T 8	Unidad	2
Racor rápido L ½"16	Unidad	4
Racor rápido L ¼"-10	Unidad	25
Racor rápido L 1/8"-8	Unidad	4
Racor rápido recto ½-16	Unidad	3
Racor rápido recto ¼-10	Unidad	26
Acoplamiento doble de bronce ½-3/4	Unidad	1
Reducción ½-3/8	Unidad	1
Tapón ciego ¼"	Unidad	1
Unión de tubos 10	Unidad	1
Derivación en T 10	Unidad	1
Unión de tubo L 16	Unidad	1
Racor rápido recto 3/8-10	Unidad	3
Racor rápido recto ¼-8	Unidad	1
Válvulas de bola de ¼"	Unidad	50
Tiempo de ejecución	Días	15
Número de oficiales	Personas	2
Horas hombre	horas	300



**TABLA 4**  
**MATERIALES PARA LA EJECUCIÓN DEL MONTAJE DEL CIRCUITO**  
**NEUMÁTICO**

<b>MATERIALES PARA EL MECANISMO DE AVANCE</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
Canal rolado 100 mm de altura y 50 mm de ala para el marco	Unidad	1
Acero para transmisión diámetro 50 mm	Metro	3
Canal doblado de 100 mm para el bastidor basculante	Unidad	1
Plancha de acero de 10 mm de espesor para la caja	Unidad	1
Bocines de bronce diámetro externo 70 mm, diámetro interno 50 mm	Unidad	4
Eje hueco de acero diámetro interno 70 mm, diámetro externo 85 mm,	Metro	2
Tubería de acero cédula 40, diámetro 1 ½ "	Unidad	1
Bisagras de acero para los brazos basculantes, diámetro externo 50 mm	Unidad	2
Soldadura E7018	Kilogramo	2
Número de oficiales	Personas	2
Tiempo de trabajo	Días	10
Horas hombre	horas	200

**TABLA 5**  
**MATERIALES PARA LA EJECUCIÓN DEL MONTAJE DEL MECANISMO DE AVANCE**

#### 4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y PUESTA A PUNTO

Una vez terminado el montaje, se inició una fase de pruebas y puesta a punto de la máquina, el mismo que duró 8 días. Se corrigió principalmente problemas electrónicos del control del avance y de la intensidad de soldadura para lograr una penetración adecuada de los alambres. Las pruebas de soldadura fueron realizadas con varilla grafilada de 6.0 mm de diámetro tanto en sentido longitudinal como transversal. Los sistemas de avance y alimentación funcionaron según lo esperado sin que se presentasen problemas de desviación de la malla terminada, con lo que se hubiera tenido que corregir las guías de alimentación de los alambres longitudinales.

#### 4.4 RESUMEN DE COSTOS DEL PROYECTO

En la tabla No. 5 se indica un resumen general de los costos de la construcción y montaje de la máquina. Si bien es cierto se ha realizado un contrato por casi el 50% del valor de la máquina con el contratista colombiano, se deduce que si se hubieran adquirido los elementos amparados en este contrato en el Ecuador, los costos hubieran variado muy poco, principalmente debido a los altos costos de importación y al esquema de dolarización bajo el cual fue construida la máquina.

HOJA DE INVENTARIOS						M-001		
ELECTROSOLDADORA			ARMACERO		MOD	CEON 300-20	VALOR	
FECHA	CODIGO	DESCRIPCION	CANTID	MOD	SERIE	OBSERVACIONES		
A.1 COSTO EQUIPO MATRIZ (CIF)							4838,27	
Proveedor						40.000,00		
Gasto DUA 11113M						1.883,11		
N/A						757,34		
LOS DEMAS						574,38		
Bodega						100,52		
N/A bodega						14,02		
Alfaro						3,25		
N/A alfaro						16,8		
A.2 COMPONENTE ELECTRICO								
Ene-01 CI D1-01/04 Transformadores 100 KVA, 440 V CA, BV, CA								
CI D2-01/24 Electrodo en sobre electrolitico managador refrigerado, aislado, con puentes conector								
CI D3-01/04 Resistencias DAMPING								
CI D4-01/04 Electroimanes con Circuito Sensor								
CI D5-01 Fuente D.C. Para electroimanes								
CI D6-01 Transformador Tablero de Control								
A.3 COMPONENTE ELECTRONICO								
CI E1-01/04 Tiristores montados en disipadores								
CI E2-01 Interface para tiristores								
CI E2-02 Electro válvula para Tiristores								
CI E2-03 Resistencias DAMPING								
CI E3-01 Tablero de Control								
CI E4-01 Fuente alimentadora para sistema de control								
A.4 COMPONENTE NEUMÁTICO								
CI N1-01 Cilindro 80 x 400 amortiguado								
CI N2-01/12 Cilindro 50 x 50 amortiguado incluye placas delanteras anillo y accesorio de presión								
CI N4-01 Filtro KBA 3/4								
CI N5-01 Regulador KBA 3/4								
CI N6-01 Regulador KBA 1/4								
CI N7-01/02 Válvulas de Escape rápido 1/2 sin silenciador								
CI N8-01 Electro válvula 5/2 1/4 biestable								
CI N9-01 Electro válvula 5/2 3/8 biestable								
CI N10-01 Electro válvula 5/2 3/4								
CI N11-01 Regulador KBA 3/4								
A.5 COMPONENTE MANO DE OBRA PROVEEDOR (véase técnico)								
							2.400,00	
							8.366,03	
FECHA	DESCRIPCION	COD	SUB-TOTAL					
B.1 COMPONENTE MECANICO								
17-05-01 Varas MY-008 31,3								
21-05-01 Manguera MY-010 21,37								
21-05-01 Brocas MY-018 13,48								
31-05-01 Siam MY-023 2,46								
11-06-01 Tubos 2" x 6 JN-003 9,67								
08-06-01 Placas JN-005 131,62								
13-06-01 Abrazaderas y otros JN-013 20,67								
13-06-01 Pernos JN-014/19 71,48								
18-06-01 Guantes Mascara JN-021 4,89								
28-06-01 Vigas MAQUINA JN-028 720,00								
28-06-01 Tableros JN-028 875,00								
28-06-01 Vigas MAQUINA JN-028 720,00								
03-07-01 varas JL-003/004 13,46								
18-07-01 varas JL-010-013 38,95								
30-07-01 varas de pintura JL-018-022 58,30								
11-07-01 KRO MULTIPORP JL-026 42,39								
10-07-01 Angulo JL-030 44,48								
08-08-01 Varas AG-003-006 85,08								
27-08-01 VRIOS AG-011-021 1.885,00								
18-09-01 Filtros EP-004 15,64								
01-10-01 Polvos OC-001 30,00								
B.2 COMPONENTE ELECTRICO								
10-05-01 Conalatas y pulsadores MY-004 66,53								
11-05-01 Cables rígidos JN-008/012 31,53								
18-05-01 Anclajes JN-020 6,00								
18-06-01 Varas JN-023/025 140,88								
18-06-01 Varas JN-028/027 22,28								
28-06-01 Lámparas JN-028 50,00								
03-07-01 Placa de contacto JL-28 17,78								
B.3 COMPONENTE ELECTRONICO								
27-04-01 Rieles y conalatas - tablero AB-105 13,01								
09-05-01 Barra de cobre para bobinas MY-005 150,00								
23-05-01 Cuerdo unipolar MY-017 40,78								
B.4 COMPONENTE NEUMÁTICO								
03-05-01 Aceleramientos Eq. Neumático MY-001 275,42								
07-05-01 Aceleramientos Eq. Neumático MY-002 41,40								
10-05-01 Contactos y lances MY-006 190,85								
24-05-01 Tubos polietileno MY-018 48,88								
B.5 COMPONENTE MANO DE OBRA NACIONAL								
25-06-01 Instalación Hidráulica JN-030 215,00								
18-07-01 Varas JN-013/014 87,40								
28-06-01 Mano de Obra JN-028 1.600,85								
27-09-01 Mano de obra 870,00								
<b>TOTAL ELECTRO - SOL SANGRIA</b>								
							62.349,14	
Ajuste Inflationario Agosto Agosto 2002							22%	11.518,81
Costo Gestión							15%	7.853,97
Utilidad comercial							20%	10.496,63
<b>VALOR COMERCIAL ELECTRO - SOLDADORA</b>							<b>82.188,16</b>	



TABLA 6. RESUMEN DE COSTOS DE LA MÁQUINA



# CAPÍTULO 5



## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se construyó una máquina versátil que permite variar las características generales de la malla que se desea fabricar a un precio referencial de \$ 82,000 dólares americanos.
2. El costo de la soldadora constituye aproximadamente el 70% del valor comercial de una máquina similar adquirida en Colombia o hasta el 50% del valor de una adquirida en Estados Unidos o Europa.
3. La construcción de la máquina no sólo evitó la fuga del capital invertido a empresas proveedoras extranjeras, sino que generó fuentes de trabajo.
4. Todos los componentes pueden ser comprados en el país, lo que hace posible construir la máquina localmente en su totalidad Sin embargo, algunos elementos utilizados fueron importados desde Colombia,

especialmente en la parte neumática y electrónica como parte de un contrato de compraventa de bienes y servicios de la empresa proveedora de la tecnología eléctrica-electrónica (ANEXO E).

5. La máquina soldadora de mallas de acero se encuentra prestando servicio ininterrumpido desde junio del 2001, sin haber presentado mayores contratiempos con intervalos regulares de mantenimiento, y varias obras de ingeniería civil de la ciudad se han construido con mallas fabricadas por el mencionado equipo.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la FIMCP difunda de manera más agresiva la posibilidad de que sus estudiantes egresados realicen proyectos similares en empresas nacionales; ya que con ello ambas partes son beneficiadas y se está aportando al desarrollo tecnológico del Ecuador.
2. Como corolario de la recomendación anterior, se recomienda que dicha difusión se haga en industrias con mayor necesidad de maquinaria sencilla, por ejemplo, la industria de la construcción, industria de conformación de metales e industria alimenticia primaria.

3. Un porcentaje importante de la estructura fue construida con materiales disponibles (sobrantes) en la compañía auspiciante; esto redujo los costos del montaje de manera sensible. La mayoría de empresas locales guardan gran cantidad de material de 'desecho' que podría servir como materia prima para la construcción de maquinaria sencilla. Es recomendable realizar proyectos de ingeniería con este material.

**ANEXO A**  
**ANÁLISIS ESTÁTICO**



## **ANEXO A**

### **ANÁLISIS ESTÁTICO**

A continuación se presenta el análisis estático de las vigas superior e inferior de la máquina, el mismo que no se incluye en los capítulos de la tesis por su extensión.

#### **VIGA SUPERIOR**

La viga superior está sometida a dos diferentes tipos de cargas: el primer tipo es una carga uniformemente distribuida debida al peso propio de la viga y de todos los elementos que se encuentran acoplados a su extensión; mientras que el segundo tipo es la suma algebraica de cargas puntuales hacia abajo (que son el peso de los arietes neumáticos y sus implementos) más cargas puntuales hacia arriba (que son las fuerzas neumáticas ejercidas hacia arriba cuando se está produciendo el ciclo de soldadura).

En el gráfico A1-1 se muestran los dos tipos de carga a los que se somete la viga superior: el caso (a) muestra a la viga empotrada en sus dos extremos soportando una carga uniformemente distribuida; y el caso (b) muestra la viga empotrada en sus extremos soportando cargas puntuales hacia abajo y

## **ANEXO A**

### **ANÁLISIS ESTÁTICO**

A continuación se presenta el análisis estático de las vigas superior e inferior de la máquina, el mismo que no se incluye en los capítulos de la tesis por su extensión.

#### **VIGA SUPERIOR**

La viga superior está sometida a dos diferentes tipos de cargas: el primer tipo es una carga uniformemente distribuida debida al peso propio de la viga y de todos los elementos que se encuentran acoplados a su extensión; mientras que el segundo tipo es la suma algebraica de cargas puntuales hacia abajo (que son el peso de los arietes neumáticos y sus implementos) más cargas puntuales hacia arriba (que son las fuerzas neumáticas ejercidas hacia arriba cuando se está produciendo el ciclo de soldadura).

En el gráfico A1-1 se muestran los dos tipos de carga a los que se somete la viga superior: el caso (a) muestra a la viga empotrada en sus dos extremos soportando una carga uniformemente distribuida; y el caso (b) muestra la viga empotrada en sus extremos soportando cargas puntuales hacia abajo y

hacia arriba en los mismos puntos, lo que da como resultado una fuerza resultante ( $F_R$ ) que, para este caso, tiene un sentido hacia arriba ya que la fuerza neumática ( $F_{pn}$ ) es mayor al peso de los implementos en cada punto ( $w$ ).

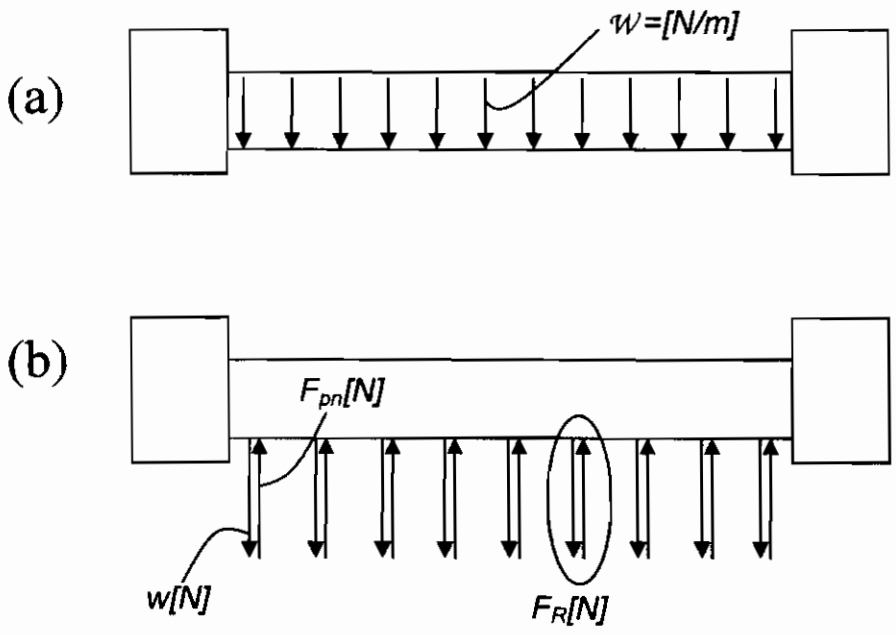


FIG A1-1. DIAGRAMAS DE CARGAS DE LA VIGA SUPERIOR

Se había mencionado en el CAP 3 que las condiciones extremas se darían si el regulador de presión fallara y toda la presión del compresor llegase a los arietes. Ya que la presión máxima del compresor es de 175 psi (12 bar), con este dato se empieza a calcular la fuerza neumática máxima en cada punto de soldadura.

$$P_{\text{máx}} = 175 \text{ psi} = 12 \text{ bar} = 12E5 \text{ Pa}$$

$$P = \frac{F}{A} \Leftrightarrow F = PA \quad \text{A1.1}$$

$$A = \frac{1}{4}(5E - 2)^2 \cdot \pi = 1.963E - 3 \text{ m}^2$$

$$F = 12E5 \times 1.963E - 3$$

$$F = 2369.11 \text{ N hacia } \uparrow$$

Esta es la fuerza neumática máxima que generaría cada cilindro sobre la viga inferior; por el principio de acción y reacción la viga superior soportará la misma fuerza hacia arriba. A esta fuerza se le suma algebraicamente el peso de cada electrodo que llega aproximadamente a 20 N cada uno, es decir 20 N hacia ↓.

La fuerza resultante será igual a 2350 N hacia ↑ en cada punto de soldadura.

El caso más crítico será entonces cuando el máximo número posible de electrodos esté montado en la viga (12)

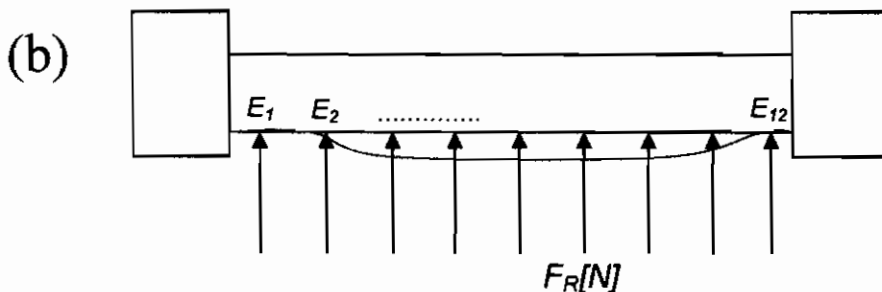


FIG. A1-2. CARGAS PUNTUALES DE LOS ELECTRODOS



De acuerdo a la teoría de resistencia de los materiales la viga doblemente empotrada tiene las siguientes relaciones de fuerza cortante, momento flector y patrón de deformación:

$$R_1 = R_{12} = \frac{\sum F_n}{2} = \frac{12 \times 2350}{2} = 14100 \text{ N}$$

Las reacciones en los extremos será igualmente la máxima fuerza cortante que soportará la viga (igualmente en los extremos) y en cada tramo entre electrodo y electrodo, esa fuerza se irá reduciendo en un valor fijo e igual a 2350 N hasta llegar a ser cero en el centro, de la siguiente manera:

TRAMO	CORTANTE
0- 1 V <sub>1</sub>	-14100
1- 2 V <sub>2</sub>	-11750
2- 3 V <sub>3</sub>	-9400
3- 4 V <sub>4</sub>	-7050
4- 5 V <sub>6</sub>	-4700
5- 6 V <sub>7</sub>	-2350
6- 7 V <sub>8</sub>	0
7- 8 V <sub>9</sub>	2350
8- 9 V <sub>10</sub>	4700
9-10 V <sub>11</sub>	7050
10-11 V <sub>12</sub>	9400
11-12 V <sub>13</sub>	11750
12- 0 V <sub>14</sub>	14100



**TABLA A1-1. FUERZA CORTANTE EN CADA TRAMO DE LA VIGA**

La curva que se forma es una función escalón con el valor de cortante constante en cada tramo, y debido a que la fuerza resultante del ariete en cada punto es hacia arriba, la curva se verá invertida a la que usualmente

resulta, es decir con los valores negativos en la mitad izquierda, y positivos en la mitad derecha.:

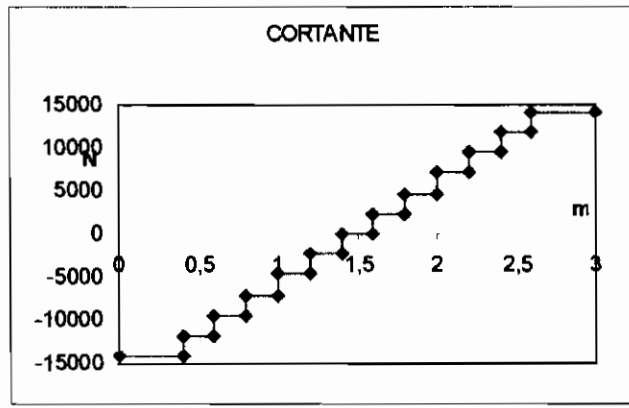


FIG A1-3. DIAGRAMA DE CORTANTE VIGA SUPERIOR

Ahora bien, el momento flexionante de esta viga será la integral de la función cortante, lo que da como resultado los siguientes valores:

TRAMO	CORTANTE
0- 1 $V_1$	$-14100 X$
1- 2 $V_2$	$-11750 X$
2- 3 $V_3$	$-9400 X$
3- 4 $V_4$	$-7050 X$
4- 5 $V_6$	$-4700 X$
5- 6 $V_7$	$-2350 X$
6- 7 $V_8$	0
7- 8 $V_9$	$2350 X$
8- 9 $V_{10}$	$4700 X$
9-10 $V_{11}$	$7050 X$
10-11 $V_{12}$	$9400 X$
11-12 $V_{13}$	$11750 X$
12- 0 $V_{14}$	$14100 X$

TABLA A1-2 FUNCIÓN MOMENTO DE LA VIGA SUPERIOR CARGAS UNIFORMES

Hay que tener cuidado con las funciones listadas para cada tramo, ya que ellas representan únicamente la pendiente de cada curva en ese tramo. A continuación se calcularán los valores para cada límite:

PUNTO	1	2	3	4	5	6	
DISTANCIA DESDE EL EXTREMO (d)	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	
FUERZA EN EL PUNTO ( $F_n$ )	2350	2350	2350	2350	2350	2350	TOTAL
MOMENTO EN EL O DEBIDO A N ( $F_n \times d$ )	940	1410	1880	2350	2820	3290	12690
MOMENTO EN 1	0	470	940	1410	1880	2350	7050
MOMENTO EN 2	0	0	470	940	1410	1880	4700
MOMENTO EN 3	0	0	0	470	940	1410	2820
MOMENTO EN 4	0	0	0	0	470	940	1410
MOMENTO EN 5	0	0	0	0	0	470	470
MOMENTO EN 6	0	0	0	0	0	0	0

**TABLA A1-3. MOMENTOS FLECTORES EN CADA POSICIÓN DE ELECTR.**

En la tabla anterior se presentan los momentos que se producen en cada punto desde el extremo izquierdo hasta la mitad de la viga, produciéndose el máximo momento en el extremo O de la viga y el mínimo (igual a 0) en la mitad de ella. El método de cálculo es sencillo: en cada punto se suman todos los momentos producidos por las fuerzas resultantes, por ejemplo en el punto 3 que se encuentra a 0.8 m del extremo O hay una fuerza fija igual a 2350 N. Esta fuerza produce un momento sobre el extremo O igual a:

$$M = F \times d = 2350 \times 0.8 = 1880 \text{ N-m}$$

Que es el valor que se encuentra en el casillero de momento en el origen debido a n.



En segundo lugar se suman los valores de momentos en cada punto por efecto de las fuerzas restantes para obtener el momento total en ese punto.

El aspecto de la curva es similar a una curva cuadrática pero formada por rectas de diferente pendiente en cada tramo, de la siguiente manera:

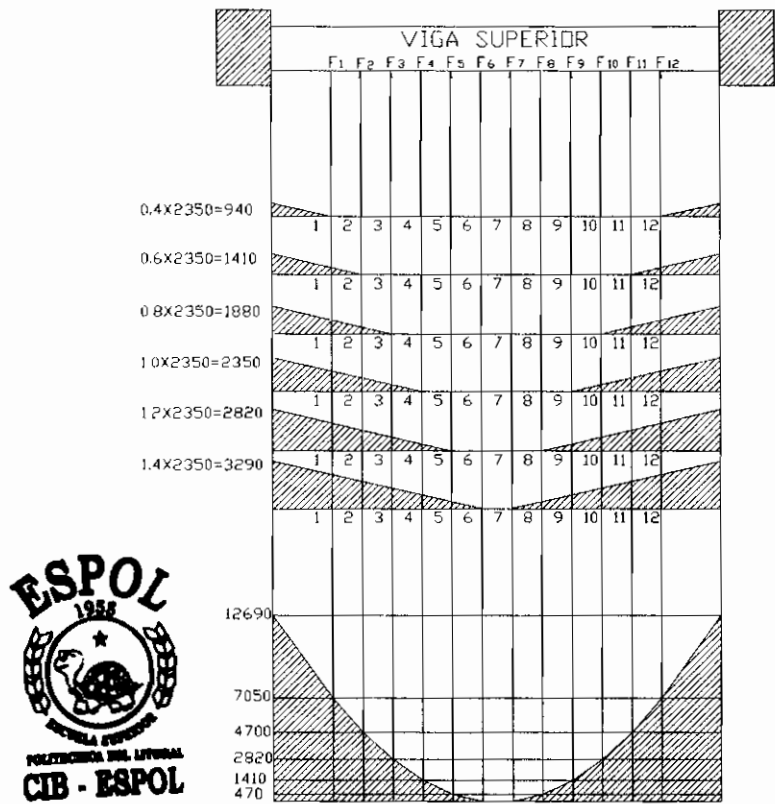


FIG. A1-4 DIAGRAMA DE MOMENTOS VIGA SUPERIOR

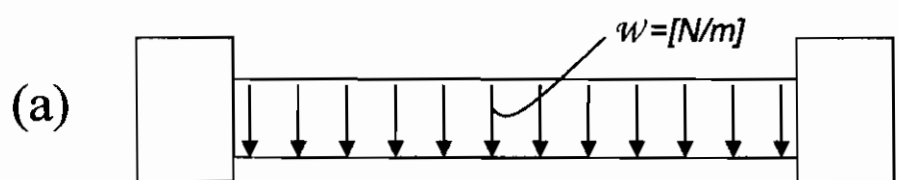


FIG. A1-5. VIGA SUPERIOR UNIFORMEMENTE CARGADA

El segundo tipo de carga que soporta la viga es una uniformemente distribuida debida al peso propio de la misma y de los elementos que se encuentran a lo largo de ella.

Se había indicado en el CAP 3 que la viga disponible tiene un peso propio igual a  $W_{VIGA} = 2123.27 \text{ N}$ ; el mismo que dividido entre la longitud de la viga da el valor distribuido de  $w = 707.76 \text{ N/m}$ . Asumiendo un peso adicional por los elementos por la viga soportados del 5%, el peso distribuido de la viga será igual a  $w = 743 \text{ N/m}$ . Este valor será el que se utilice para los cálculos a realizarse.

Las relaciones de reacciones, cortantes y momentos queda de la siguiente manera:

$$R_1 = R_2 = \frac{wl}{2} = \frac{743 \times 3}{2} = 1114.7 \text{ N}$$
$$M_1 = M_2 = -\frac{wl^2}{12} = -\frac{743 \times 3^2}{12} = -557.25 \text{ N}$$
$$V = \frac{w}{2}(l - 2x); \quad M = \frac{w}{12}(6lx - 6x^2 - l^2)$$

La forma de las curvas se la puede obtener de cualquier libro de resistencia de materiales, o igualmente graficando las funciones de V y M arriba descritas.

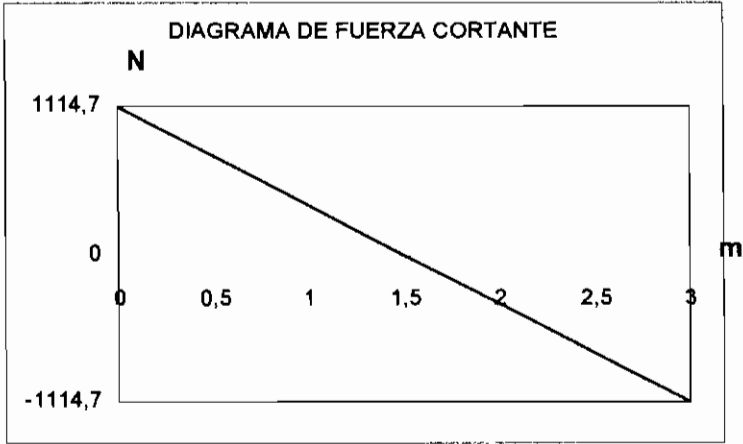


FIG. A1-6-A DIAGRAMA DE CORTANTE DE LA VIGA CARGADA UNIFORMEMENTE

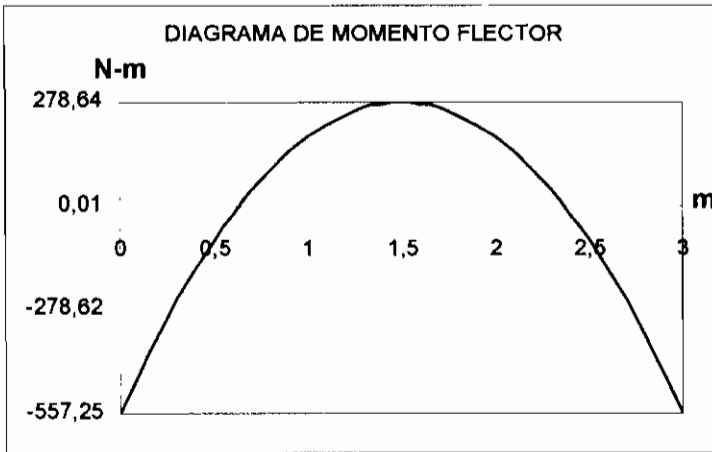


FIG. A1-6-B DIAGRAMA DE MOMENTOS DE LA VIGA CARGADA UNIFORMEMENTE

Las áreas bajo las curvas de estos diagramas indican los cortantes y momentos a que está sometido cada tramo de la misma. Haciendo la suma algebraica de las áreas en cuestión se llega a determinar que el resultante es igual a 0, lo que indica que la viga es simétrica y soporta cargas igualmente simétricas, por lo que las cargas que afectan a un lado de la viga se anulan

con las que afectan al otro lado. Es por ello que para tener conclusiones significativas se debe analizar una de las dos mitades de las curvas.

La curvas resultantes de cortante y momento de la viga superior no son otra cosa que las sumas de los dos diagramas de cortante y de los dos de momento, respectivamente.

La curva final de fuerza cortante fue obtenida sumando algebraicamente las funciones de las curvas para el caso (a) y (b).

Curva de cortante para el caso (a):  $1114.5 - 743X$

Curva de cortante para el caso (b):  $nFX$

Donde  $X$  es la distancia desde el origen de la viga;  $n$  es el punto de ubicación del electrodo y  $F$  es la fuerza constante que se ejerce en cada punto. En consecuencia la ecuación para cada tramo quedará de la siguiente manera:

$$V_n = -nF + 1114.5 - 743X$$

X inicial	X final	N	$V_n$ inicial	$V_n$ final
0	0.4	6	-13282.7	-12985.5
0.4	0.6	5	-11081.3	-10932.7
0.6	0.8	4	-8879.9	-8731.3
0.8	1.0	3	-6678.5	-6529.9
1.0	1.2	2	-4477.1	-4328.5
1.2	1.4	1	-2275.7	-2127.1
1.4	1.6	0	-74.3	74.3

**TABLA A1-4 FUERZA CORTANTE RESULTANTE EN CADA PUNTO DE LA CURVA**

Ya que el comportamiento de la viga es simétrico, los valores entre 1.6 m y 3.0 m se repiten con signos contrarios.

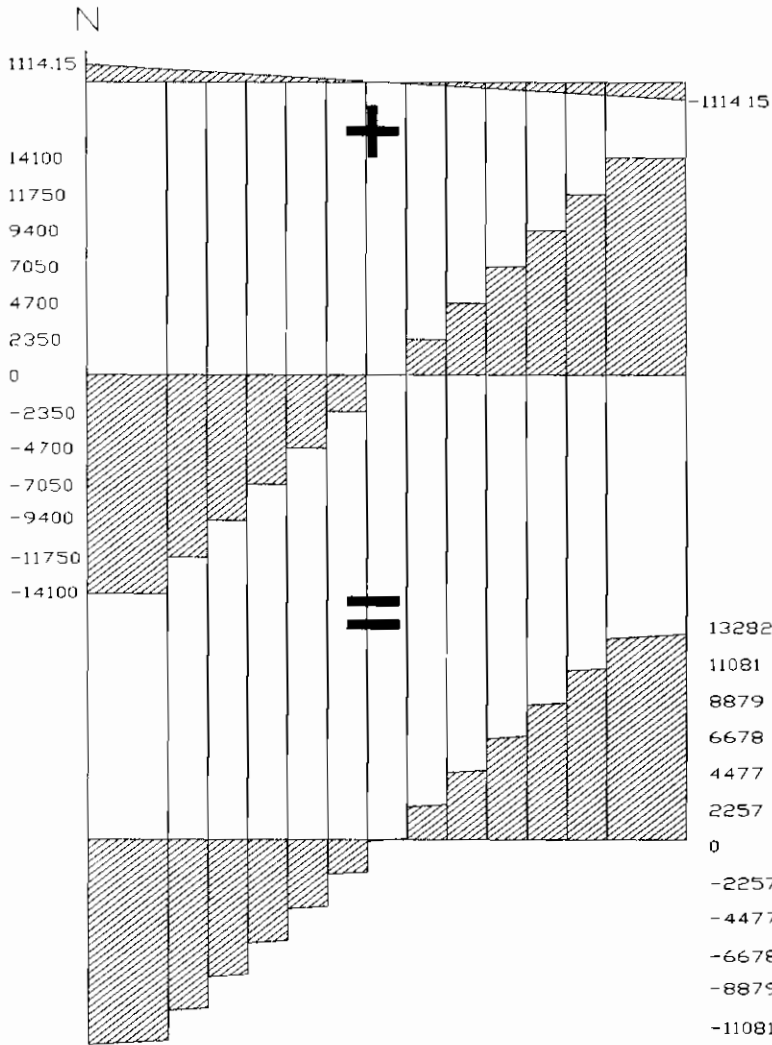


FIG A1-7. FUERZA CORTANTE RESULTANTE (SUMA DE LOS CASOS A Y B)

La curva resultante de momento flector es una función de segundo grado, que resulta de la suma de la ecuación de la curva de momento para la viga



uniformemente cargada, más la ecuación en cada tramo de la viga con cargas puntuales:

Ecuación de la viga con carga uniforme:  $1114.5X - 371.4 X^2 - 557.25$

Ecuaciones de la viga con cargas puntuales:

Tramo	Ecuación
0 – 0.4 m	12690-14100X
0.4 – 0.6 m	11750-11750 X
0.6 – 0.8 m	10340 – 9400 X
0.8 – 1.0 m	8460 – 7050 X
1.2 – 1.4 m	6111-4700X
1.4 – 1.5 m	3290 – 2350X

TABLA A1-4. ECUACIONES RESULTANTES DE MOMENTO POR TRAMO DE VIGA (SUPERIOR)

La resultante de la suma de estas ecuaciones en el tramo desde 0 hasta 1.5 m (la mitad de la viga) es la siguiente:

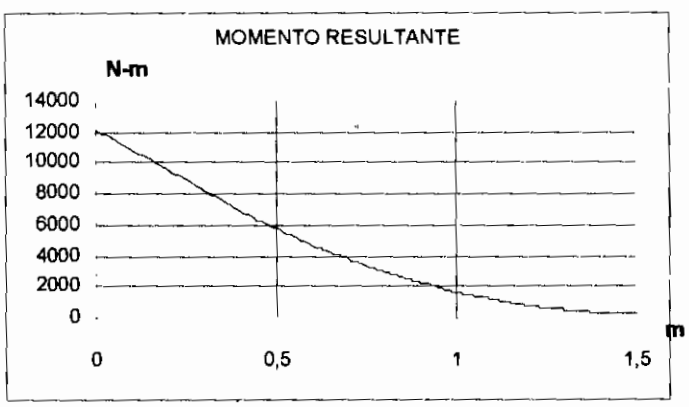


FIG. A1-8. DIAGRAMA DE MOMENTO RESULTANTE

Este diagrama es simétrico, es decir que es idéntico para la segunda mitad de la viga, pero en sentido opuesto. De acuerdo al gráfico el máximo momento al que estará sometida la viga será igual a

$$M_{MAX} = 12132.75 \text{ N-m}$$

### VIGA INFERIOR.

El caso de la viga inferior es diferente, ya que todas las fuerzas a las que está sometida la misma tienen el mismo sentido hacia abajo, por ende es la viga que soportará mayores cargas. Igualmente, se hará dos análisis, uno para la viga uniformemente cargada similar al caso de la viga superior; y otro, con las cargas puntuales hacia abajo, contrario al caso de la viga superior.

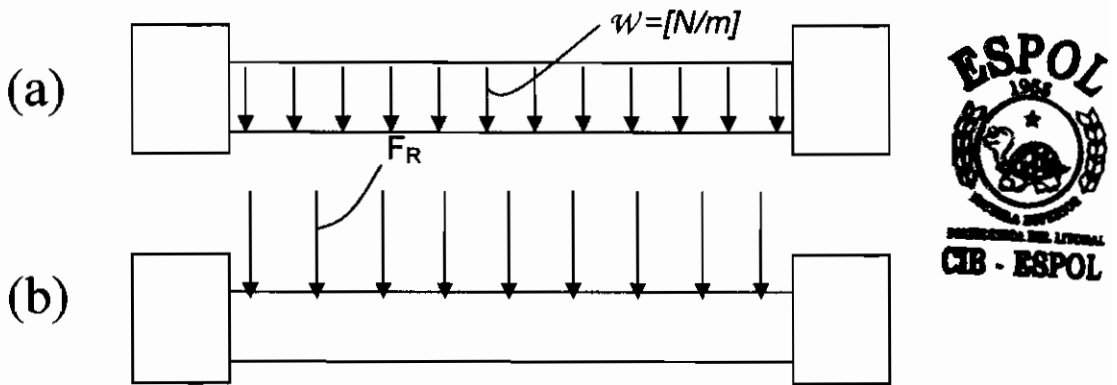
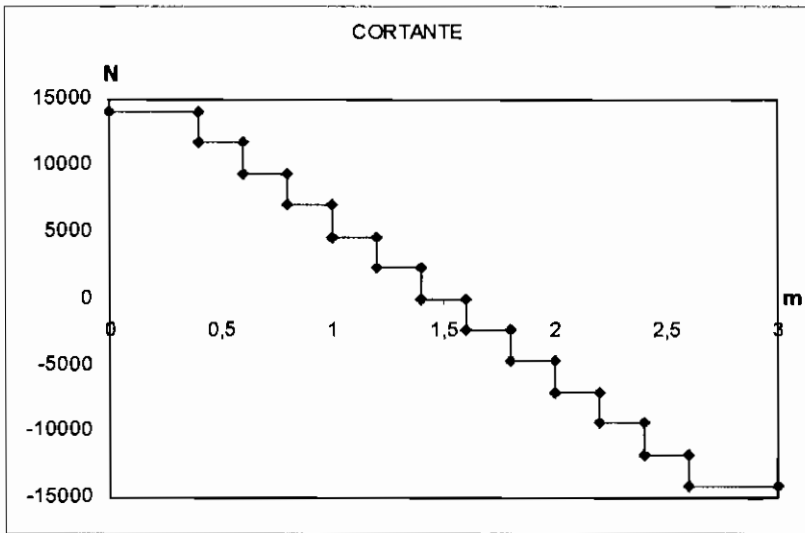


FIG. A1-9. TIPOS DE CARGA DE LA VIGA INFERIOR

Para el caso del cortante de la viga con cargas puntuales, el diagrama resulta similar al de la viga superior, pero con la diferencia de que es inverso a aquél, es decir, con pendiente negativa.



**FIG A1-10. DIAGRAMA DE CORTANTE DE LA VIGA INFERIOR CARGAS PUNTUALES.**

El diagrama resultante queda como se muestra en la FIG. A1-10. Nótese que la pendiente de la curva resultante es opuesta a la de la curva que se muestra en la FIG. A1-6, lo que indica que las cargas puntuales son hacia abajo, siendo las máximas cargas soportadas por la viga las que están en los extremos

El diagrama de momento flector de la viga con cargas puntuales es opuesta al diagrama de la viga superior, es decir abierta hacia abajo, de la siguiente forma:

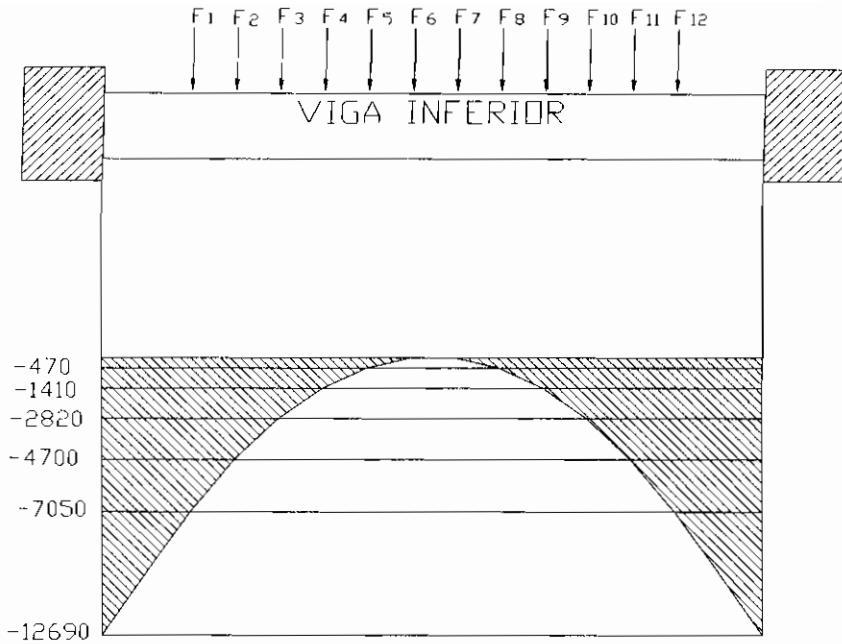


FIG. A1-11 DIAGRAMA DE MOMENTO DE LA VIGA CARGA PUNTUAL.

La suma de las curvas de momento flector se muestra en la figura A-12, se la obtuvo de la suma de las curvas A1-11 más la A1-4B. Igual que el anterior diagrama, se muestra solo la mitad del mismo ya que la viga es simétrica y su mitad derecha es igual pero opuesta.



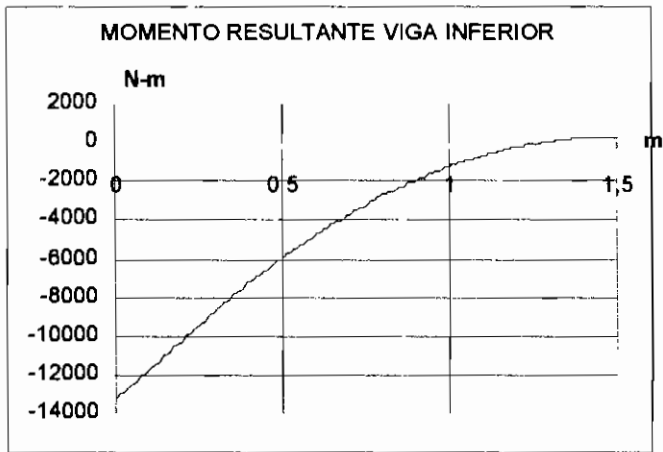


FIG A1-12 DIAGRAMA DE MOMENTO RESULTANTE. VIGA INFERIOR

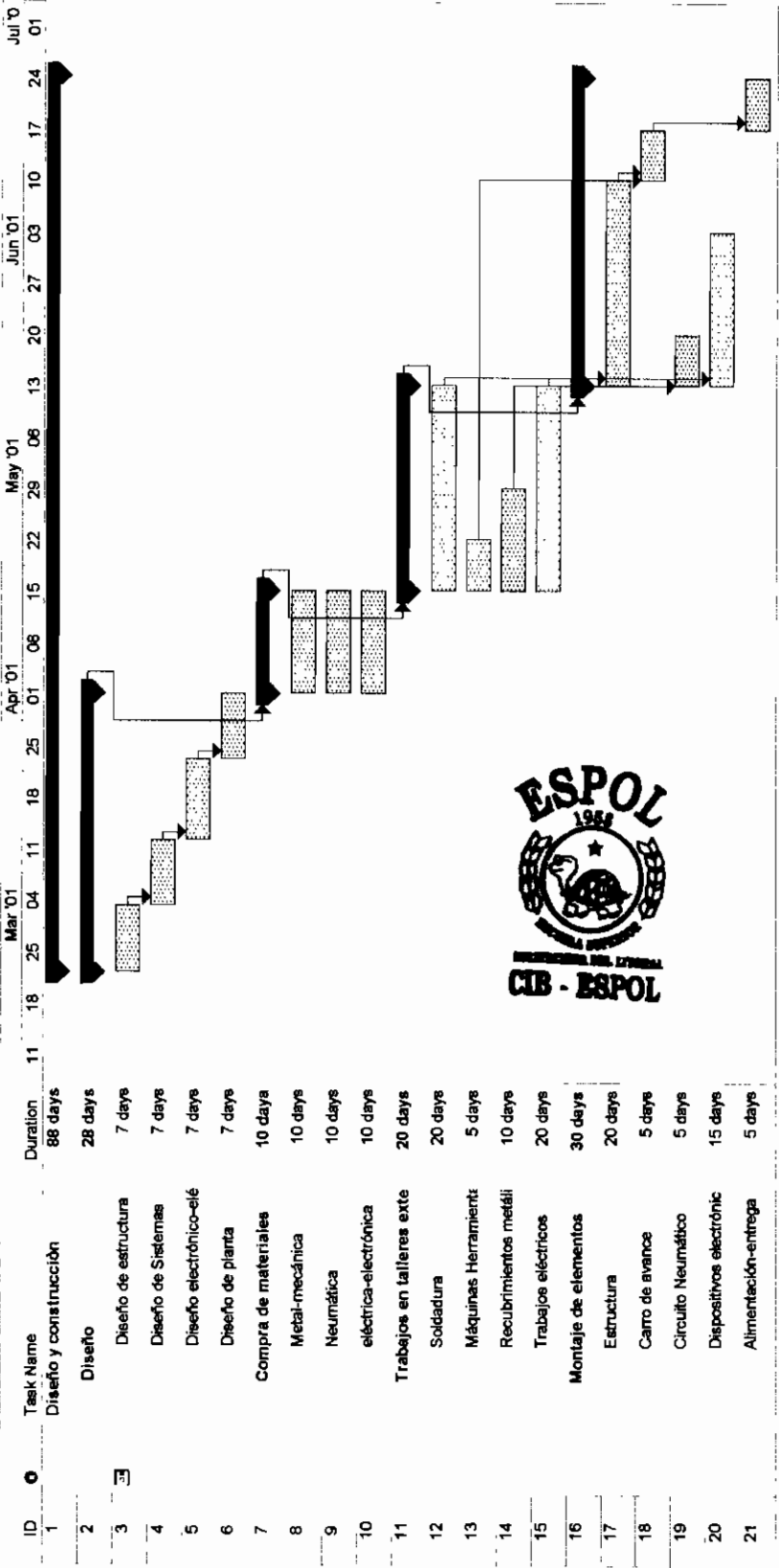
El máximo momento que soporta la viga inferior es

$$M_{MÁX} = 13247.25 \text{ N-m}$$

## **ANEXO B**

**PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO  
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MÁQUINA**

# ANEXO B PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE FLUJO DE PROCESOS



Project: Project1  
 Date: Sun 15/02/04

**Task** (Solid bar)  
**Split** (Dotted bar)  
**Progress** (Thick solid bar)

**Milestone** (Diamond)  
**Summary** (Double bar)  
**Project Summary** (Thick double bar)

**External Tasks** (Thin bar)  
**External Milestone** (Diamond)  
**Deadline** (Arrow)

**ANEXO C**

**GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS PARA EL  
DIMENSIONAMIENTO NEUMÁTICO**





Figura 14: Diagrama de caudal

En este diagrama están indicadas las zonas de cantidades de aire aspirado y la presión para cada tipo de compresor.

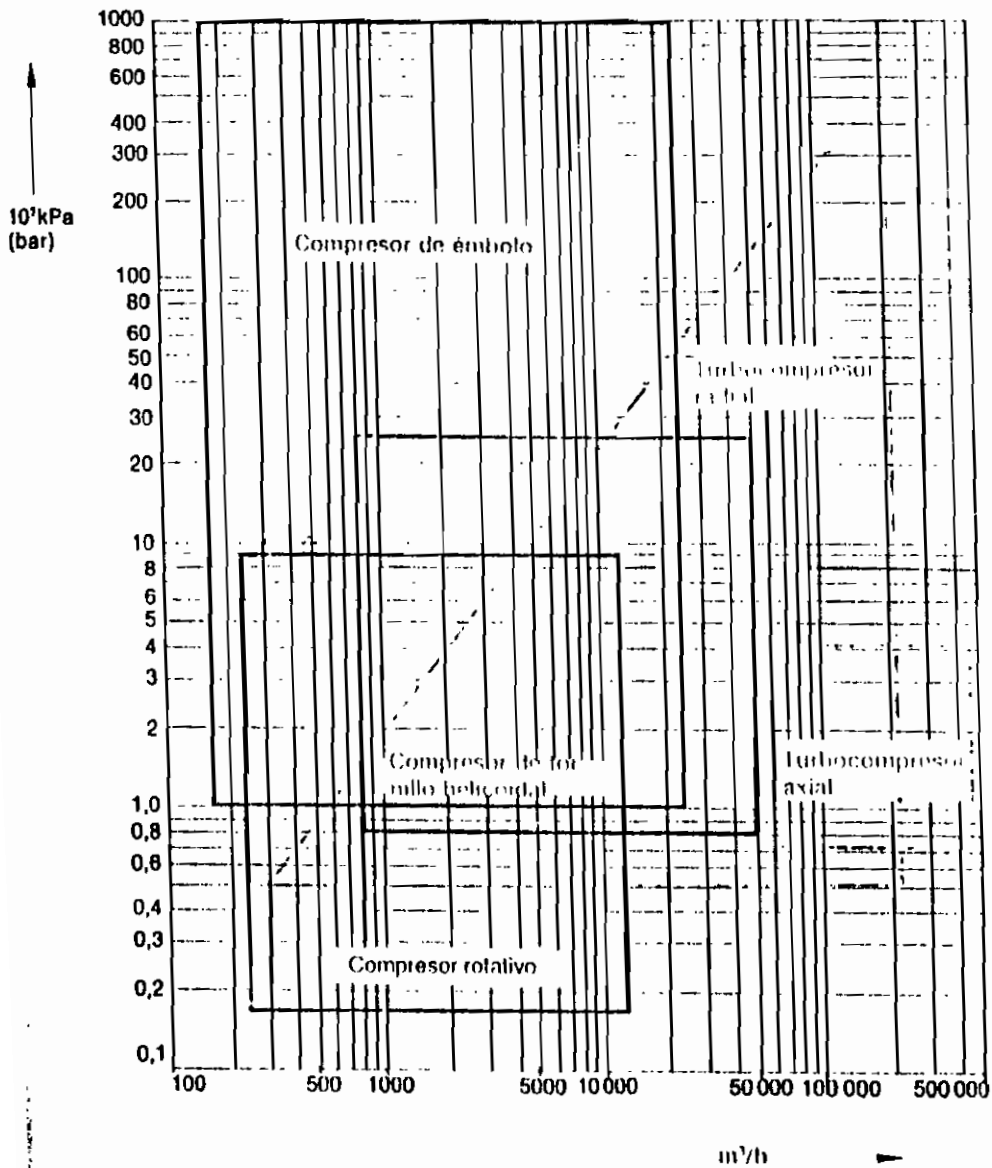
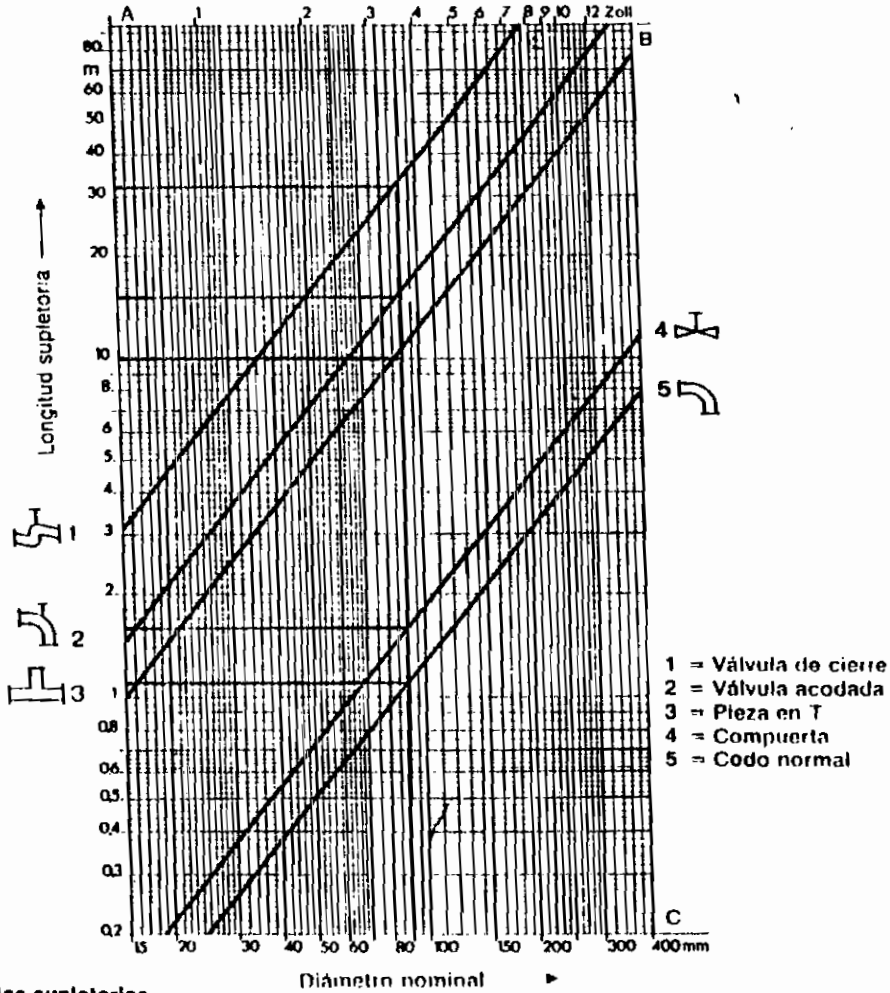




Figura 26: Nomograma (longitudes supletorias)



**Longitudes supletorias**

6 piezas en T (90 mm)	- 6 · 10,5 m = 63 m
1 válvula de cierre (90 mm)	= 32 m
5 codos normales (90 mm)	= 5 · 1 m = 5 m
	<hr/>
	100 m

Longitud de la tubería 280 m

Longitud supletoria 100 m

Longitud total de tubería 380 m

Con esta longitud total de tubería de 380 m, el consumo de aire, la pérdida de presión y la presión de servicio se puede determinar, como en el problema anterior, con ayuda del nomograma (figura 25) el diámetro definitivo de las tuberías

En este caso, el diámetro es de 95 mm.

Figura 69: Diagrama Presión-Fuerza

© by FESTO DIDACTIC

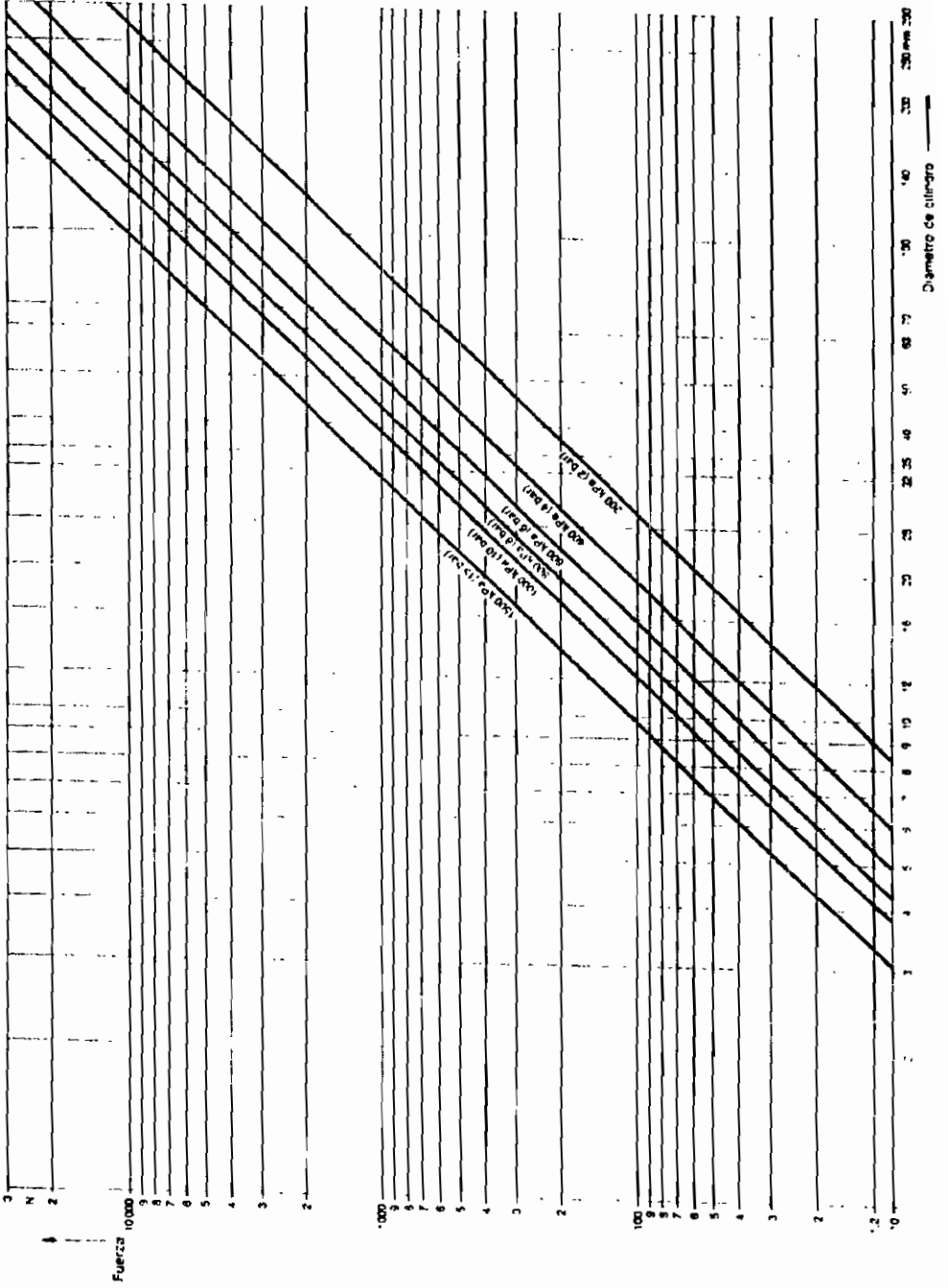


Figura 70: Diagrama de pandeo

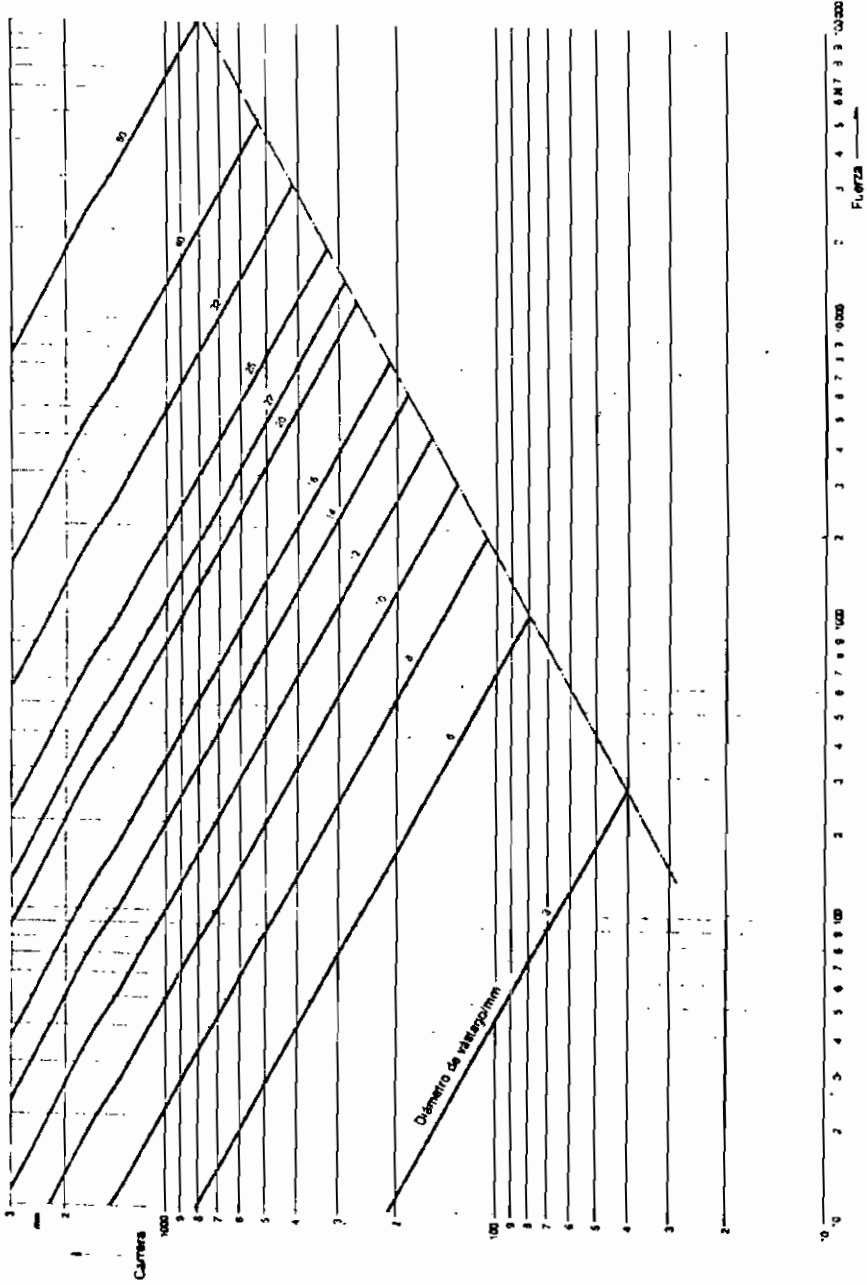


Figura 71: Valores de aproximación

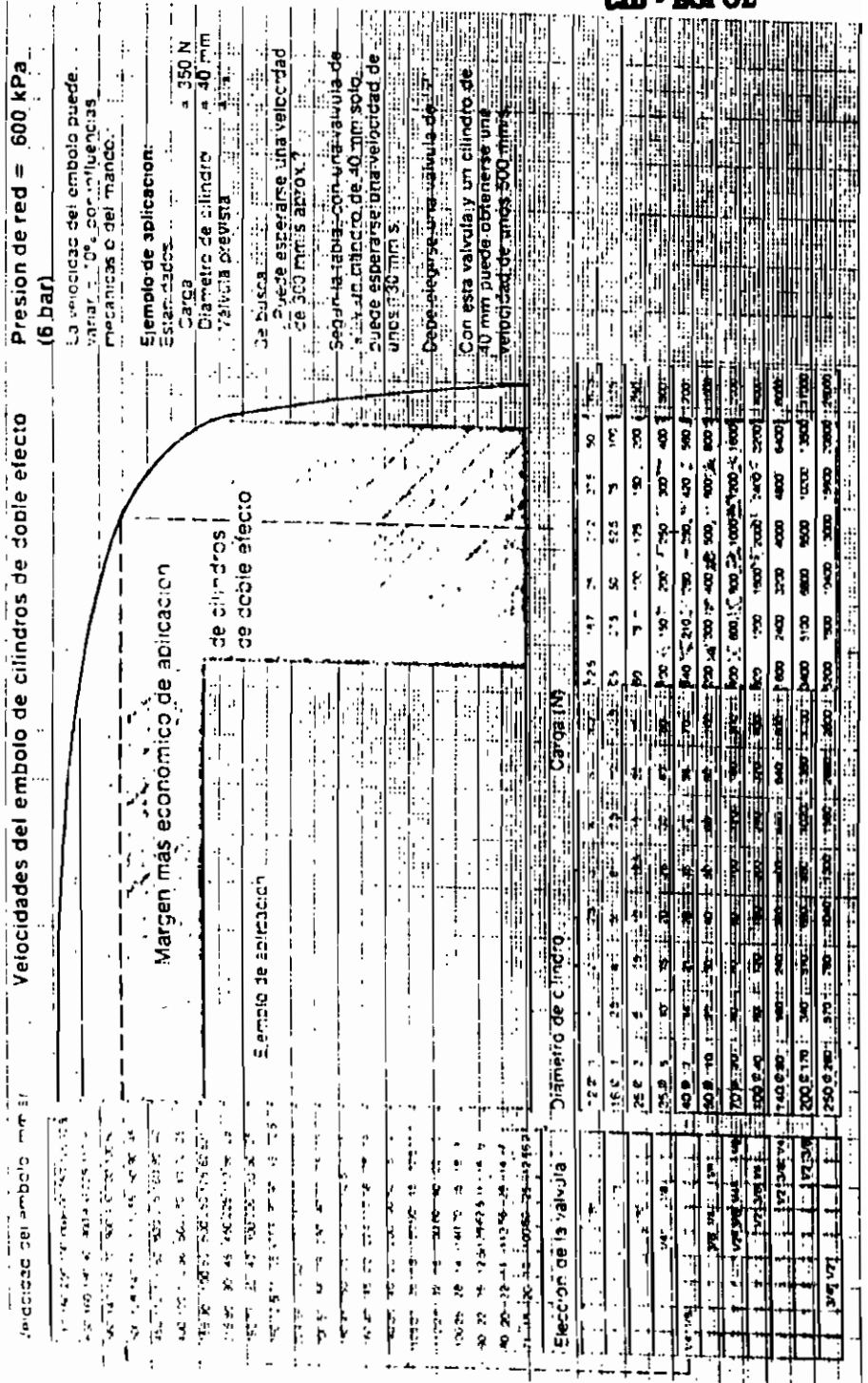
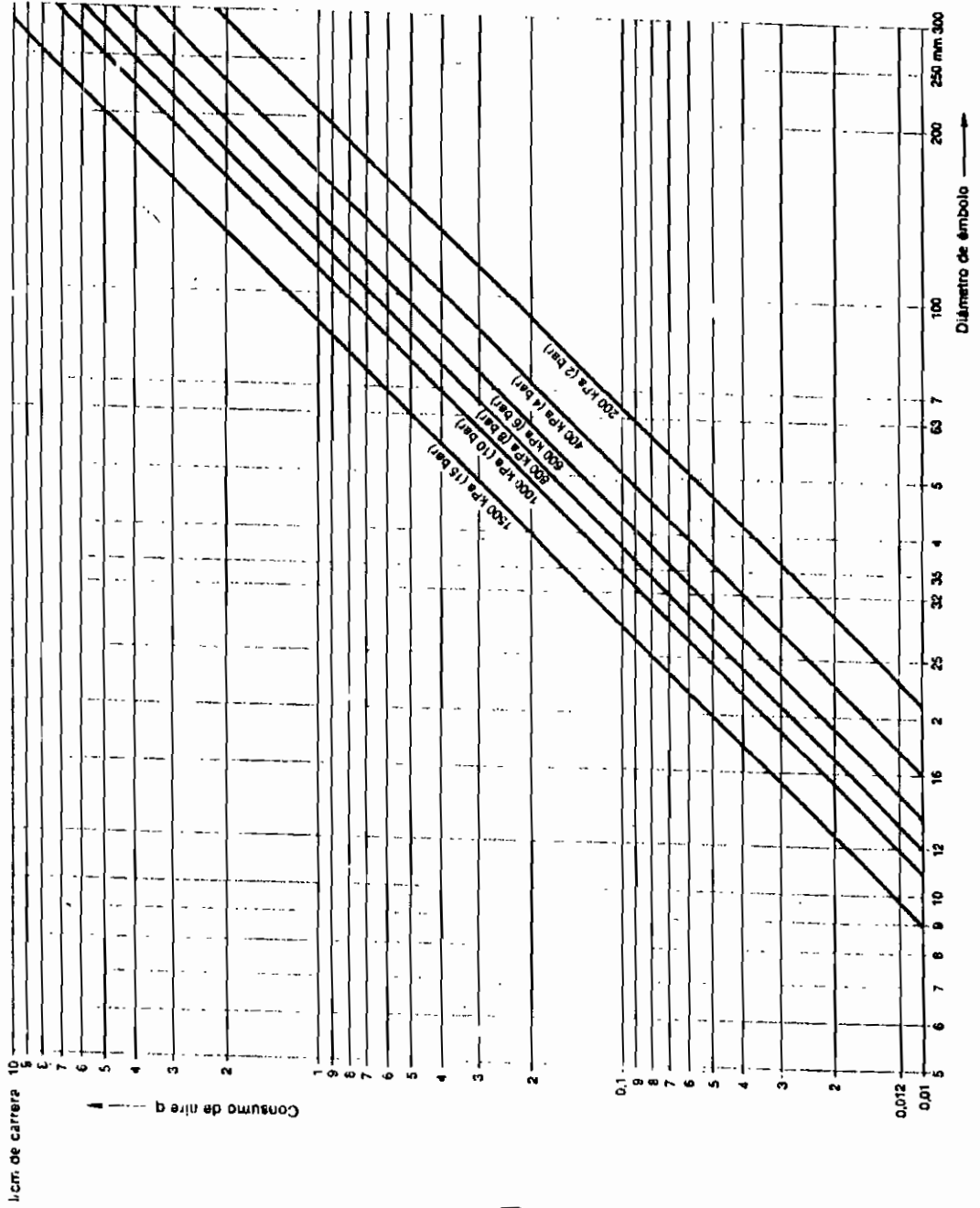


Figura 72: Diagrama de consumo de aire



© by FESTO DIDACTIC


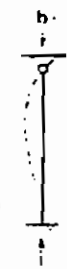
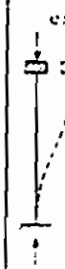

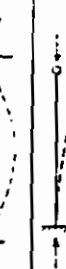









## **ANEXO D**

### **TABLAS USADAS EN EL CÁLCULO ESTÁTICO**



Table C-C2.1

Buckled shape of column is shown by dashed line						
Theoretical $K$ value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code						
			Rotation fixed and translation fixed	Rotation free and translation fixed	Rotation fixed and translation free	Rotation free and translation free

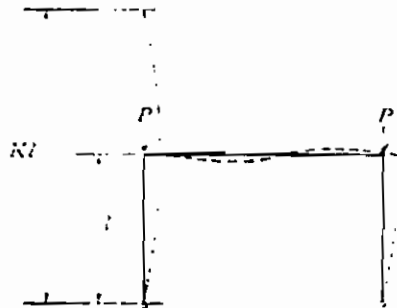


Figure C-C2.1



Two conditions, opposite in their effect upon column strength under axial loading, must be considered. If enough axial load is applied to the columns in an unbraced frame dependent entirely on its own bending stiffness for resistance to lateral deflection of the tops of the columns with respect to their bases (see Fig. C-C2.1), the effective length of these columns will exceed the actual length. On the other hand, if the same frame were braced to resist such lateral movement, the effective length would be less than the actual length, due to the restraint (resistance to joint rotation) provided by the bracing or other lateral support. The ratio  $K$ , effective column length to actual unbraced length, may be greater or less than 1.0.

The theoretical  $K$ -values for six idealized conditions in which joint rotation and translation are either fully realized or nonexistent are tabulated in Table C-C2.1. Also shown are suggested design values recommended by the Structural Stability Research Council (formerly the Column Research Council) for use when these conditions are approximated in actual design. In general, these suggested values are slightly higher than theoretical values.

TABLE 3-36

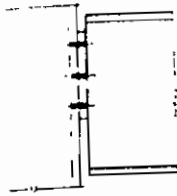
Design Stress for Compression Members of  
36 ksi Specified Yield stress Steel,  $\phi_c = 0.85^a$

$\frac{Kl}{r}$	$\phi_c F_{cr}$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$\phi_c F_{cr}$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$\phi_c F_{cr}$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$\phi_c F_{cr}$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$\phi_c F_{cr}$ (ksi)
1	30.60	41	28.01	81	21.68	121	14.16	161	8.23
2	30.59	42	27.89	82	21.48	122	13.98	162	8.13
3	30.59	43	27.76	83	21.29	123	13.80	163	8.03
4	30.57	44	27.64	84	21.11	124	13.62	164	7.93
5	30.56	45	27.51	85	20.92	125	13.44	165	7.84
6	30.54	46	27.37	86	20.73	126	13.27	168	7.74
7	30.52	47	27.24	87	20.54	127	13.09	167	7.65
8	30.50	48	27.11	88	20.36	128	12.92	168	7.56
9	30.47	49	26.97	89	20.17	129	12.74	169	7.47
10	30.44	50	26.83	90	19.98	130	12.57	170	7.38
11	30.41	51	26.68	91	19.79	131	12.40	171	7.30
12	30.37	52	26.54	92	19.60	132	12.23	172	7.21
13	30.33	53	26.39	93	19.41	133	12.06	173	7.13
14	30.29	54	26.25	94	19.22	134	11.88	174	7.05
15	30.24	55	26.10	95	19.03	135	11.71	175	6.97
16	30.19	56	25.94	96	18.84	136	11.54	176	6.89
17	30.14	57	25.79	97	18.65	137	11.37	177	6.81
18	30.08	58	25.63	98	18.48	138	11.20	178	6.73
19	30.02	59	25.48	99	18.27	139	11.04	179	6.66
20	29.96	60	25.32	100	18.08	140	10.89	180	6.59
21	29.90	61	25.16	101	17.89	141	10.73	181	6.51
22	29.83	62	24.99	102	17.70	142	10.58	182	6.44
23	29.76	63	24.83	103	17.51	143	10.43	183	6.37
24	29.69	64	24.67	104	17.32	144	10.29	184	6.30
25	29.61	65	24.50	105	17.13	145	10.15	185	6.23
26	29.53	66	24.33	106	16.94	146	10.01	186	6.17
27	29.45	67	24.16	107	16.75	147	9.87	187	6.10
28	29.36	68	23.99	108	16.56	148	9.74	188	6.04
29	29.28	69	23.82	109	16.37	149	9.61	189	5.97
30	29.18	70	23.64	110	16.19	150	9.46	190	5.91
31	29.09	71	23.47	111	16.00	151	9.36	191	5.85
32	28.99	72	23.29	112	15.81	152	9.23	192	5.79
33	28.90	73	23.12	113	15.63	153	9.11	193	5.73
34	28.79	74	22.94	114	15.44	154	9.00	194	5.67
35	28.69	75	22.76	115	15.26	155	8.88	195	5.61
38	28.58	76	22.58	116	15.07	156	8.77	196	5.55
37	28.47	77	22.40	117	14.89	157	8.66	197	5.50
36	28.38	78	22.22	118	14.70	158	8.55	198	5.44
39	28.25	79	22.03	119	14.52	159	8.44	199	5.39
40	28.13	80	21.85	120	14.34	160	8.33	200	5.33

<sup>a</sup>When element width-to-thickness ratio exceeds  $\lambda_r$ , see Appendix B5.3.



Tabla 3-36 del Manual de construcciones de acero, utilizada para determinar la resistencia de diseño para compresión de las columnas



# END PLATE SHEAR CONNECTIONS

Welded—E70XX electrodes

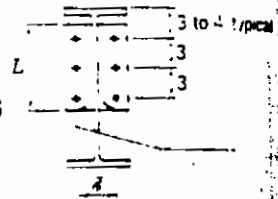


TABLE IX

Bolt Line	Bolt Designation	1/2" Dia.		5/8" Dia.		Plate Length L, in.	Beam Depth Limit, in.
		Total Capacity, Kips	Min Plate Thickness t, in.	Total Capacity, Kips	Min Plate Thickness t, in.		
1	A307	14.3	0.13	19.5	0.18	3	5-8
	A325-N	31.0	0.27	42.2	0.39		
	A325-X	41.4	0.36	—	—		
2	A307	28.6	0.14	39.0	0.21	5 1/2	8-12
	A325-N	62.0	0.31	84.4	0.45		
	A325-X	92.7	0.41	—	—		
3	A307	42.9	0.14	58.4	0.19	8 1/2	12-18
	A325-N	93.0	0.30	—	—		
	A325-X	124	0.40	—	—		
4	A307	57.3	0.13	77.9	0.19	11 1/2	15-24
	A325-N	124	0.29	169	0.41		
	A325-X	165	0.38	—	—		
5	A307	71.6	0.13	97.4	0.19	14 1/2	18-30
	A325-N	155	0.29	211	0.41		
	A325-X	206	0.38	—	—		
6	A307	85.9	0.13	117	0.19	17 1/2	21-36
	A325-N	186	0.28	253	0.42		
	A325-X	248	0.38	—	—		

WELD CAPACITY, Kips

Weld Size	Thickness, in.		Plate Length L, in.					
	$F_u = 36$	$F_y = 50$	3	5 1/2	8 1/2	11 1/2	14 1/2	17 1/2
3/8	.41	.30	21.9	42.8	67.8	92.9	118	143
1/2	.55	.40	27.9	55.7	89.1	123	156	189
5/8	.69	.50	33.0	67.8	110	152	194	231
3/4	.82	.60	37.7	79.4	129	180	230	281

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION



Tabla IX del manual de construcciones de acero. Tipo de junta entre las vigas y las columnas. Incluye espesor del filete de soldadura y el tipo de electrodo.

TABLA B-1. Propiedades físicas medias de los metales más comunes

METALES	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Coeficiente de dilatación lineal [ $\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ]	Límite de proporcionalidad (MPa) <sup>a</sup>		Resistencia última (MPa)		Módulo de elasticidad (GPa)		Elongación % (en 50 mm)	
			Tensión	Cortante	Tensión	Compr. Cortante	E	G		
Acerro, 0.2% carbono, laminado en caliente	7 850	Varía de 11.0 a 13.2  El valor medio es 11.7	240	150	410	b	310	200	80	35
0.2% carbono, laminado en frío	7 850		420	250	550	b	420	200	80	18
0.6% carbono, laminado en caliente	7 850		420	250	690	b	550	200	80	15
0.8% carbono, laminado en caliente	7 850		480	290	830	b	730	200	80	10
Fundición gris	7 200	10.8	c	d	140	520	d	100	40	Pequeño
Fundición maleable	7 200	11.9	250	160	370	b	330	170	90	18
Hierro forjado	7 700	12.1	210	130	350	b	240	190	70	35
Aluminio fundido	2 650	23.1	60		90	b	70	70	30	20
Aluminio, aleación 17ST	2 700	23.1	220	150	390	b	220	71	30	—
Latón, laminado (70% Cu)(30% Zn)	8 500	18.7	170	110	380	b	330	100	40	30
Bronce, fundido	8 200	18.0	140		230	390	—	80	35	10
Cobre, estirado	8 800	16.8	260	160	380	b	—	120	40	4

NOTAS

<sup>a</sup> El límite de proporcionalidad y el módulo elástico, a compresión, pueden tomarse los mismos que a tensión, excepto en la fundición o hierro fundido cuyo límite de proporcionalidad es aproximadamente 180 MPa.

<sup>b</sup> Como resistencia última a compresión en materiales dúctiles puede tomarse el punto de cedencia o fluencia que es ligeramente superior al límite de proporcionalidad a tensión.

<sup>c</sup> No está bien definido, aproximadamente vale 40 MPa.

<sup>d</sup> La fundición falla por tensión diagonal.

Tabla B-1. Propiedades físicas medias de los metales más comunes (Tomado del texto "Resistencia de Materiales" por F. Singer).

TABLA B-2. (Continuación)

Denominación	Masa (aprox.) (kg/m)	Área (mm <sup>2</sup> )	Altiman (mm)	Ala (o patín)			Eje X-X			Eje Y-Y		
				Ancho (mm)	Espesor (mm)	Espesor (mm)	$I$ (10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup> )	$S = \frac{I}{c}$ (10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )	$r = \frac{I}{\sqrt{I/A}}$ (mm)	$I$ (10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup> )	$S = \frac{I}{c}$ (10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )	$r = \frac{I}{\sqrt{I/A}}$ (mm)
W250 x 167	167.4	21 300	289	265	31.8	19.2	300	2 080	119	98.8	746	68.1
x 149	148.9	19 000	282	263	28.4	17.3	259	1 840	117	86.2	656	67.4
x 131	131.1	16 700	275	261	25.1	15.4	221	1 610	115	74.5	571	66.8
x 115	114.8	14 600	269	259	22.1	13.5	189	1 410	114	64.1	495	66.2
x 101	101.2	12 900	264	257	19.6	11.9	164	1 240	113	55.5	432	65.6
x 89	89.6	11 400	260	256	17.3	10.7	143	1 100	112	48.4	378	65.1
x 80	80.1	10 200	256	255	15.6	9.4	126	982	111	43.1	338	65.0
x 73	72.9	9 280	253	254	14.2	8.6	113	891	110	38.8	306	64.6
x 67	67.1	8 550	257	204	15.7	8.9	104	806	110	22.2	218	51.0
x 58	58.2	7 420	252	203	13.5	8.0	87.3	693	108	18.8	186	50.4
x 49	49.0	6 250	247	202	11.8	7.4	70.6	572	106	15.1	150	49.2
x 43	44.9	5 720	266	148	13.0	7.6	71.1	534	111	7.03	95.1	35.1
x 39	38.7	4 920	262	147	11.2	6.6	60.1	459	110	5.94	80.8	34.7
x 33	32.7	4 170	258	146	9.1	6.1	48.9	379	108	4.73	64.7	33.7
x 28	28.5	3 630	260	102	10.9	6.4	40.0	307	105	1.78	34.8	22.1
x 25	25.3	3 230	257	102	8.4	6.1	34.2	286	103	1.49	29.2	21.5
x 22	22.4	2 850	254	102	6.9	5.6	28.9	227	101	1.23	24.0	20.7
x 18	17.8	2 270	251	101	5.3	4.8	22.4	179	99.3	0.913	18.1	20.0
W200 x 100	99.5	12 700	229	210	23.7	14.5	113	989	94.5	36.6	349	33.8
x 86	86.7	11 100	222	209	20.6	13.0	94.7	853	92.6	31.4	300	33.3
x 71	71.5	9 110	216	206	17.4	10.2	76.6	709	91.7	25.4	246	32.8
x 59	59.4	7 560	210	205	14.2	9.1	61.1	582	89.9	20.4	199	31.9
x 52	52.3	6 660	206	204	12.6	7.9	52.7	512	89.0	17.8	175	31.8
x 46	46.0	5 860	203	203	11.8	7.2	45.5	448	88.1	15.3	151	31.2
x 42	41.7	5 310	205	166	11.8	7.2	40.9	399	87.7	9.00	108	41.2
x 36	35.9	4 580	201	165	10.2	6.2	34.4	342	86.7	7.64	92.6	40.9
x 31	31.4	4 000	210	134	10.2	6.4	31.4	299	86.6	4.10	61.1	32.0
x 27	26.6	3 390	207	133	8.4	5.8	25.8	249	87.5	3.30	49.6	31.2
x 22	22.4	2 860	206	102	8.0	6.2	20.0	194	83.6	1.42	27.8	22.3
x 19	19.4	2 480	203	102	6.5	5.8	16.6	163	81.7	1.15	22.6	21.6
x 15	15.0	1 900	200	100	5.2	4.3	12.7	127	81.8	0.869	17.4	21.4
W150 x 97	37.1	4 730	162	154	11.6	8.1	22.2	274	68.5	7.07	91.6	38.7
x 80	29.8	3 790	157	153	9.3	6.6	17.2	219	67.3	5.56	72.6	38.3
x 72	22.3	2 850	152	152	6.6	5.8	12.1	159	65.1	3.87	50.9	36.9
x 54	24.0	3 060	160	102	10.3	6.6	13.4	168	66.3	1.83	35.8	24.4
x 48	18.0	2 290	153	102	7.1	5.8	9.16	120	63.3	1.26	24.7	23.5
x 34	13.6	1 730	150	100	5.5	4.3	6.87	91.5	63.0	0.918	18.4	23.0
W130 x 28	28.2	3 590	131	128	10.9	6.9	11.0	168	55.3	3.81	59.6	32.6
x 24	23.7	3 020	127	127	9.1	6.1	8.84	139	54.1	3.11	49.0	32.1
W100 x 19	19.4	2 470	106	103	8.8	7.1	4.76	89.9	43.9	1.61	31.2	25.5

\* Producido exclusivamente por Aluma Steel (Canada).



Tabla B-2 (parcial). Propiedades de perfiles H ala ancha (Tomado del texto "Resistencia de Materiales" de F. Singer).

## **ANEXO E**

# **CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DEL PROVEEDOR EXTRANJERO**



## CONTRATO DE COMPRA VENTA

En la ciudad de Guayaquil, a los 20 días del mes de Octubre del año Dos Mil comparecen por una parte el SEÑOR CORONEL. INGENIERO EDUARDO SILVA MARIDUEÑA y por otra ARMACERO LTDA. por intermedio del SEÑOR DOCTOR ARMANDO JOSÉ RIZO ARDILLA, para la suscripción de este Contrato de Compra Venta, que se lo estipula en los términos siguientes:

### PRIMERO: INTERVINIENTES.-

Por una parte, el Sr. Crnl. Ing. Eduardo Nicolás Silva Maridueña de nacionalidad ecuatoriana con Cédula de Ciudadanía # 1701759910 como persona natural y con domicilio en esta ciudad de Guayaquil en la Urb. Río Guayas Club, Av. Pedro Menéndez Gilbert, parroquia Tarqui, a quien en adelante se llamará El Comprador, Por otra, La Compañía ARMACERO LTDA., representada por su Gerente General y Representante Legal, Dr. Armando José Rizo Ardilla, es de nacionalidad Colombiana, con domicilio en la ciudad de Santafé de Bogotá, a quien en adelante se le llamará El Vendedor.

### SEGUNDO: OBJETO.-

El Comprador procede a contratar con ARMACERO LTDA., quien vende de manera pura, simple y sin ninguna reserva, condición, ni limitación, al Crnl. Eduardo Silva Maridueña, las partes y piezas necesarias para la construcción de una Máquina Electrosoldadora Semiautomática, nueva, CFON 300-24 (Control Electrónico, Operación Neumática), alimentadas por varillas precortadas, tanto las longitudinales como las transversales para la fabricación de malla de refuerzo de concreto, cuyas características están consignadas en la oferta emitida y suscrita por el Sr. Armando José Rizo Ardilla, Gerente General de ARMACERO LTDA. de Colombia, en el documento del 9 de Agosto del 2000. Los grupos cotizados abarcan los siguientes tópicos:

#### ELÉCTRICO.

- 4 Transformadores ( 1 de repuesto ) de 100 KVA, 440 V.C.A, 8 V.C.A.
- 24 Electrodo en cobre electrolítico maquinados, refrigerados, aislados, con puentes conectores.
- 4 Resistencias DAMPING
- 4 Electroimanes con Circuito Sensor.
- 1 Fuente D C para Electroimanes.
- 1 Transformador tablero control

#### ELECTRONICA

- 4 Módulos de tiristores montados en disipadores ( 1 de repuesto ).
- 1 Juego de interfaces para tiristores, electroválvulas, electroimanes y seguridad de breaker de encendido.
- 1 Sistema controlador electrónico con programa prefijado ( reemplaza P.C ) con posibilidades de expansión, acceso directo a mandos manuales
- 1 Fuente alimentadora para sistema controlador.

#### NEUMATICA.

- 1 Cilindro 80 x 400 amortiguado, camisa de acero, vástago de cromo duro.
- 12 Cilindros 50 x 50 amortiguados, camisa de acero, vástago de cromo duro.
- 12 placas delanteras antigiro.
- 1 Filtro KB4 ¼.
- 1 Lubricador KB4 ¼
- 1 Regulador KB4 ¼.
- 1 regulador KB4 ¼
- 2 Válvulas de escape rápido de ½ sin silenciador
- 1 Electroválvula 5 / 2 ¼ biestable.



### TERCERO: PRECIO Y FORMA DE PAGO.-

El precio único y total del objeto de este contrato que El Comprador, pagará a ARMACERO LTDA. es el de USD 40.000,00 (CUARENTA MIL 00/100 DOLARES), en condiciones FOB-Ípiales, valor que se pagará de la siguiente manera:

El 60% en calidad de anticipo, esto es, la cantidad de USD. \$ 24.000,00 (VEINTE Y CUATRO MIL 00/100 DOLARES), y contra entrega de un cheque, por esa misma cantidad del FIRST UNION NATIONAL BANK de MIAMI - U.S.A. como garantía por el buen uso del anticipo.

El 40%, esto es: la cantidad de USD. \$ 16.000,00 (DIEZ Y SEIS MIL 00/100 DOLARES) contra la entrega a satisfacción y funcionamiento de la máquina que será construida por El Comprador en la ciudad de Guayaquil.

La Empresa ARMACERO LTDA., tendrá a su cargo la supervisión del montaje de la máquina y puesta en marcha, por parte de un técnico especialista durante el tiempo que sea necesario. Los gastos de transportación aérea, hospedaje y movilización interna serán por cuenta del Comprador, quien cancelará al técnico especialista la cantidad de USD. \$ 60,00 diarios como honorarios.

### CUARTO: PLAZO -

ARMACERO LTDA. se obliga a entregar, en condiciones FOB - Ípiales, Al Comprador, el objeto de este Contrato en sesenta días calendario, que se contará desde el momento de la confirmación de la Entrega Recepción del anticipo del 60% y quede perfeccionado con sus respectivas firmas el presente contrato

### QUINTO: GARANTÍAS ECONÓMICAS Y TÉCNICAS.-

El Vendedor, otorgará y entregará a favor del Comprador, un cheque que garantiza el buen uso del Anticipo por los USD. \$ 24.000,00 (VEINTE Y CUATRO MIL 00/100 DOLARES). Dicha garantía, cubrirá, además, el envío de los correspondientes documentos de embarque: Factura Comercial; Certificado de Origen; y otros normales de embarque, necesarios para la importación del objeto de este contrato a la República del Ecuador, hasta la entrega a satisfacción de la electrosoldadora al Comprador.

Por efecto de esta garantía El Vendedor, sustituirá o reparará, bajo su cuenta y cargo, las partes y piezas defectuosas y proveerá de los respectivos repuestos, de manera que se preserve el mantenimiento y funcionamiento del equipo adquirido, con la suficiente oportunidad y calidad.

### SEXTO: OTRAS ESTIPULACIONES -

Para el perfeccionamiento en la construcción de la electrosoldadora El Comprador deberá suministrar los siguientes elementos:

- Chasis según planos con dispensador de varilla transversal.
- Sistema de refrigeración (racores, mangueras, flautas de distribución, motobomba y tanque).
- Armarios con bandeja interior para la incorporación de todos los elementos de control eléctricos y electrónicos.
- Sistema de arrastre para montaje de cilindro principal.
- Sistema de distribución neumática (mangueras, racores, flautas de distribución, acoples, etc.)
- Compresor principal de 150 P.S.I y tanque de 500 Litros
- Camas tanto de suministro de varillas como de recepción de la malla.
- Obras civiles y adecuaciones locativas.
- Sistema de recirculación y enfriamiento de agua.
- Distribución neumática e hidráulica hasta los puntos de toma.
- Cableado de media y baja tensión y acometida.
- Conexiones, anclajes, modificaciones y adaptaciones necesarias.
- Transporte y descargue en territorio ecuatoriano.
- Todo elemento no especificado en el contrato



El Comprador podrá efectuar una inspección de maquinarias y equipos en sus lugares de fabricación , para cuyo efecto El Vendedor otorgará todas las facilidades que fueren necesarias

El Vendedor otorgará al Comprador todos los estudios de ingeniería, documentación técnica, planos y especificaciones que sean necesarios para el funcionamiento futuro de la máquina. La propiedad de los bienes y equipos objeto de este contrato, se transfieren incondicionalmente al Comprador

Las partes, suscribirán una acta de Entrega-Recepción definitiva cuando El Comprador reciba a satisfacción el objeto del presente contrato

#### SEPTIMO CONTROVERSIAS MEDIACIÓN Y CONVENIO ARBITRAL -

Las diferencias que pudieren suscitarse en el cumplimiento y ejecución de este Contrato, se resolverán, en primera instancia, por la vía extrajudicial, mediante negociaciones directas de las partes y durante un plazo no mayor de 30 días. Superado este plazo y de no llegarse a ninguna solución, las partes solicitarán la asistencia de un mediador de la Cámara de Comercio de Guayaquil, y se sujetarán a su resolución.

CRNI ING EDUARDO SILVA MARIDUEÑA

**ARMACERO Ltda.**

DR. ARMANIX JOSÉ RIZO ARDILLA  
GERENTE GENERAL  
ARMACERO LTDA



**ANEXO F**

**NORMAS DE LA ASTM PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE MALLAS ELECTRO SOLDADAS**



*Tentative Specifications for*  
**WELDED STEEL WIRE FABRIC FOR CONCRETE  
REINFORCEMENT<sup>1</sup>**



**ASTM Designation: A 185 — 61 T**

ISSUED, 1953; REVISED, 1954, 1956, 1958, 1961.<sup>2</sup>

These Tentative Specifications have been approved by the sponsoring committee and accepted by the Society in accordance with established procedures, for use pending adoption as standard. Suggestions for revisions should be addressed to the Society at 1916 Race St., Philadelphia 3, Pa.

**Scope**

1. These specifications cover welded wire fabric to be used for the reinforcement of concrete.

**Description**

2. The term "welded wire fabric" as herein used designates a material composed of cold-drawn steel wires, "as drawn" or galvanized, fabricated into sheet (or so-called "mesh") formed by the process of electric welding. The finished material shall consist essentially of a series of longitudinal and transverse wires arranged substantially at right angles to each other and welded together at all points of intersection.

**Grade of Wire**

3. The wire used in the manufacture of welded wire fabric shall conform to the Specifications for Cold-Drawn Steel Wire for Concrete Reinforcement (ASTM Designation: A 82).<sup>3</sup>

**Fabrication**

4. (a) The wires shall be assembled by automatic machines or by other suitable mechanical means which will assure accurate spacing and alignment of all members of the finished fabric.

(b) Longitudinal and transverse members shall be securely connected at every intersection by a process of electrical-resistance welding which employs the principle of fusion combined with pressure.

(c) Wire of proper grade and quality when fabricated in the manner herein required shall result in a strong, serviceable mesh-type product having substantially square or rectangular openings. It shall be fabricated and finished in a

<sup>1</sup> Under the standardization procedure of the Society these specifications are under the jurisdiction of the ASTM Committee A 1 on Steel.

<sup>2</sup> Latest revision accepted by the Society at the Annual Meeting, June, 1961.

Prior to their present publication as tentative, these specifications were published as tentative from 1936 to 1937. They were published as standard from 1937 to 1956. Tentative Specifications were issued as a revision of the Standard, and published from 1953 to 1956, being revised in 1954 and 1956.

<sup>3</sup> Appears in this publication, see Contents in Numeric Sequence of ASTM Designations at front of book.



workmanlike manner, shall be free from injurious defects, and shall conform to these specifications.

**Mechanical Properties**

5. (a) All wire of the finished fabric shall meet the minimum requirements for tensile properties and shall also withstand the bend test as prescribed for the wire before fabrication in the Specifications for Cold-Drawn Steel Wire for Concrete Reinforcement (ASTM Designation: A 82).<sup>3</sup>

(b) In order to assure adequate weld shear strength between longitudinal and transverse wires, weld shear tests as described in Section 6(c) shall be made. The minimum average shear value of the weld in pounds for fabric having a wire size differential of up to and including four gages shall be not less than 35,000 multiplied by the area of the longitudinal wire in square inches. Typical examples of a wire size differential of four gages are as follows:

Longitudinal	Transverse
No. 0 gage . . . . .	No. 4 gage
No. 2 gage . . . . .	No. 6 gage

(c) Fabric having a wire gage differential between longitudinal and transverse wires of five or greater shall not be subject to a weld shear requirement.

**Tension Tests and Weld Shear Tests**

6. (a) Tests for determination of conformance to the requirements of Section 5(a) may be made on the welded wire fabric after fabrication either across or between the welds. Not less than 50 per cent of the samples tested shall be across a weld.

(b) Reduction of area may be determined by measuring the ruptured section of a specimen which has been tested either across or between the welds. However, in the case of a specimen which has been tested across a weld, the measurement shall be made only when rup-

ture has occurred at a sufficient distance from the center of the weld to permit an accurate measurement of the fractured section.

(c) Weld shear tests for determination of conformance to the requirements of Section 5(b) shall be conducted using a fixture of such design as to prevent rotation of the transverse wire. The transverse wire shall be placed in the anvil of the testing device which is secured in the tensile machine and the load then applied to the longitudinal wire. Four welds selected at random from a specimen representing the entire width of the fabric, exclusive of the selvage wire, shall be tested for weld shear strength.

The lot shall be deemed to conform to the requirements for weld shear strength if the average of the four samples is equal to, or exceeds 35,000 psi. If this average fails to meet the prescribed minimum value, all the welds across the specimen shall then be tested. The fabric will be acceptable if the average of all weld shear test values across the specimen meets the prescribed minimum value.

**Bend Tests**

7. The bend test shall be made on a specimen between the welds.

**Test Specimens**

8. (a) Test specimens for testing tensile properties shall be obtained by cutting from the finished fabric, units of suitable size to enable proper performance of the intended tests.

(b) Specimens used for testing tensile properties across a weld shall have the welded joint located approximately at the center of the wire being tested, and the cross wire forming the welded joint shall extend approximately 1 in. beyond each side of the welded joint.

(c) Tests specimens for determining weld shear properties shall be obtained by cutting from the finished fabric a



section, including one transverse wire, across the entire width of the sheet or roll. From this specimen, four welds exclusive of the selvage, shall be selected at random for testing.

(d) Tests for conformance to dimensional characteristics shall be made on full sheets or rolls.

(e) If any test specimen shows defects or develops flaws it may be discarded and another substituted.

#### Number of Tests

9. (a) One test for conformance with the provisions of Section 5(a) shall be made for each 75,000 sq ft of fabric or fraction thereof.

(b) One specimen for each 300,000 sq ft of fabric or fraction thereof as defined in Section 8(c) shall be tested for conformance to the requirements of Section 5(b).

#### Gages, Spacing, and Dimensions

10. Gages, spacing, and arrangement of wires, and dimensions of units in flat sheet form or rolls shall conform to the requirements specified by the purchaser.

#### Width of Fabric

11. (a) The width of fabric shall be considered to be the center-to-center distance between outside longitudinal wires, unless otherwise specified.

(b) Transverse wires shall not project beyond the centerline of each longitudinal edge wire more than a distance of 1 in., unless otherwise specified.

#### Permissible Variations in Wire Diameter

12. The permissible variation in diameter of any wire in the finished fabric shall conform to the tolerances prescribed for the wire before fabrication in the ASTM Specifications A 82.

#### Spacings

13. The average spacing of wires shall be such that the total number of wires contained in a sheet or roll is equal to or

greater than that determined by the specific spacing, but the center-to-center distance between individual members may vary not more than  $\frac{1}{8}$  in. from the specified spacing. It is understood that sheets of fabric of the same specified length may not always contain an identical number of transverse wires and, therefore, may have various lengths of longitudinal overhang.

#### Over-all Dimensions

14. (a) The over-all length of flat sheets, measured on any wire, may vary  $\pm 1$  in. or 1 per cent, whichever is greater.

(b) In case the width of flat sheets or rolls is specified as the over-all width (tip-to-tip length of cross wires), the width shall not be more than 1 in. greater or less than the specified width.

#### Rolls or Sheets

15. Welded wire fabric may be furnished either in flat sheets or in rolls as specified by the purchaser. Rolls of fabric made of 10 gage wire or larger shall be furnished with a core diameter of not less than 10 in.

#### Bundling

16. (a) When fabric is furnished in flat sheets, it shall be assembled in bundles of convenient size containing not more than 150 sheets and securely fastened together.

(b) When fabric is furnished in rolls, each roll shall be secured so as to prevent unwinding during shipping and handling.

#### Marking

17. Each bundle of flat sheets and each roll shall have attached thereto a suitable tag bearing the name of the manufacturer, description of the material and such other information as may be specified by the purchaser.

#### Inspection

18. (a) The inspector representing the purchaser shall have free entry at all

times while work on the contract of the purchaser is being performed to all parts of the manufacturer's works that concern the manufacture of the material ordered. The manufacturer shall afford the inspector, without charge, all reasonable facilities to satisfy him that the material is being furnished in accordance with these specifications.

(b) Except for yield strength, all tests and inspection shall be made at the place of manufacture prior to shipment, unless otherwise specified. Such tests shall be so conducted as not to interfere unnecessarily with the operation of the works.

(c) If the purchaser considers it desirable to determine compliance with the yield strength requirements of ASTM Specifications A 82, he may have yield strength tests made in a recognized laboratory, or his representative may make the test at the mill if such tests do not interfere unnecessarily with the mill operations.

#### Rejection and Retests

19. (a) Material which does not meet the requirements of these specifications may be rejected. Unless otherwise specified, any rejection shall be reported to the manufacturer within five days from the time of selection of test specimens.

(b) In case a specimen fails to meet the tension, or bend test, the material shall not be rejected until two additional specimens taken from other wires in the same sheet or roll, have been tested. The material shall be considered as meeting these specifications in respect to any prescribed tensile property, provided the tested average for the three specimens, including the specimen originally tested, is at least equal to the required minimum for the particular property in question and provided further that none of the three specimens develops less than 80 per cent of the required minimum for the tensile property in question. The material shall be considered as meeting these

specifications in respect to bend test requirements, provided both additional specimens satisfactorily pass the prescribed bend test.

(c) Any material which shows injurious defects subsequent to its acceptance at the manufacturer's works may be rejected and the manufacturer shall be promptly notified.

(d) Welded joints shall withstand normal shipping and handling without becoming broken, but the presence of broken welds, regardless of cause, shall not constitute cause for rejection unless the number of broken welds per sheet exceeds 1 per cent of the total number of joints in a sheet, or if the material is furnished in rolls, 1 per cent of the total number of joints in 150 sq ft of fabric and, furthermore, provided not more than one-half the permissible maximum number of broken welds are located on any one wire.

(e) In case rejection is justified, by reason of failure to meet the weld shear requirements, four additional specimens shall be taken from four different sheets or rolls and tested in accordance with Section 6(c). If the average of all the weld shear tests does not meet the requirement, the lot shall be rejected.

In case rejection is justified by reason of failure to meet the requirements for dimensions, the amount of material rejected shall be limited to those individual sheets or rolls which fail to meet these specifications. If, however, the total number of sheets or rolls thus rejected exceeds 25 per cent of the total number in the shipment, the entire shipment may be rejected.

#### Rehearing

20. Rejected materials shall be preserved for a period of at least two weeks from the date of inspection, during which time the manufacturer may make claim for a rehearing and retesting.



Designation: A 497 - 72



American National Standard G497  
American National Standards Institute

## Standard Specification for WELDED DEFORMED STEEL WIRE FABRIC FOR CONCRETE REINFORCEMENT<sup>1</sup>

This Standard is issued under the fixed designation A 497; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision; a number in parentheses indicates the year of last reappraisal.

### 1. Scope

1.1 This specification covers welded wire fabric made from cold-worked, deformed wire, or a combination of deformed and non-deformed wires, to be used for the reinforcement of concrete.

NOTE 1—The values stated in U.S. customary units are to be regarded as the standard.

### 2. Applicable Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

- A 32, Specification for Cold-Drawn Steel Wire for Concrete Reinforcement.<sup>2</sup>
- A 496, Specification for Deformed Steel Wire for Concrete Reinforcement.<sup>2</sup>

### 3. Description of Term

3.1 *Welded Wire Fabric*, as used in this specification, designates a material composed of cold-drawn steel wires ("as drawn" or galvanized, fabricated into sheet (or so-called "mesh") formed by the process of electric welding. The finished material shall consist essentially of a series of longitudinal and transverse wires arranged substantially at right angles to each other and welded together at all points of intersection.

### 4. Grade of Wire

4.1 The wire used in the manufacture of welded wire fabric shall conform to Specification A 496, either solely or in combination with Specification A 32.

### 5. Fabrication

5.1 The wires shall be assembled by automatic machines or by other suitable mechanical means which will assure accurate spacing

and alignment of all members of the finished fabric.

5.2 Longitudinal and transverse members shall be securely connected at every intersection by a process of electrical-resistance welding which employs the principle of fusion combined with pressure.

5.3 Wire of proper grade and quality when fabricated in the manner required in this specification shall result in a strong, serviceable, mesh-type product having substantially square or rectangular openings. It shall be fabricated and finished in a workmanlike manner, shall be free from injurious defects, and shall conform to this specification.

### 6. Mechanical Requirements

6.1 All wire of the finished fabric shall meet the minimum requirements for tensile properties and shall also withstand the bend test as prescribed for the wire before fabrication in Specification A 496 and, where applicable, Specification A 32.

6.2 In order to assure adequate weld shear strength between longitudinal and transverse wires, weld shear tests as described in 7.2 shall be made. The minimum average shear value in pounds-force shall be not less than 20,000 multiplied by the area of the larger wire in square inches (or in newtons shall not be less than 138 multiplied by the area in square millimeters) where the area of the

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-1 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys, and is the direct responsibility of Subcommittee A1.02 on Steel Reinforcement.

<sup>2</sup> Current edition approved April 3, 1972. Published June 1972. Originally published as A 497-64. Last previous edition A 497-70.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Part 4.

smaller wire is 35 percent or more of the area of the larger wire, and provided that the smaller wire is not smaller than D-4.

6.3 Fabric having a relationship of larger and smaller wires other than that covered in 6.2 shall meet an average weld shear strength requirement of not less than 300 lbf (13.0 kN) provided that the smaller wire is not smaller than D-4.

### 7. Tension Tests and Weld Shear Tests

7.1 Tests for determination of conformance to the requirements of 6.1 may be made on the welded wire fabric after fabrication either across or between the welds. Not less than 50 percent of the samples tested shall be across a weld.

7.2 Weld shear tests for determination of conformance to the requirements of 6.2 shall be conducted using a fixture as described in Section 10.

7.3 Four welds selected at random from a specimen representing the entire width of the fabric shall be tested for weld shear strength. The material shall be deemed to conform to the requirements for weld shear strength if the average of the four samples complies with the values stipulated in 6.2. If this average fails to meet the prescribed minimum value, all the welds across the specimen shall then be tested. The fabric will be acceptable if the average of all weld shear test values across the specimen meets the prescribed minimum value.

### 8. Bend Tests

8.1 The bend test shall be made on a specimen between the welds.

### 9. Test Specimens

9.1 Test specimens for testing tensile properties shall be obtained by cutting from the finished fabric units of suitable size to enable proper performance of the intended tests.

9.2 Specimens used for testing tensile properties across a weld shall have the welded joint located approximately at the center of the wire being tested, and the cross wire extending the welded joint shall extend approximately 1 in. (25 mm) beyond each side of the welded joint.

9.3 Test specimens for determining weld properties shall be obtained by cutting the finished fabric a section, including

one transverse wire, across the entire width of the sheet or roll. From this specimen four welds shall be selected at random for testing. The transverse wire of each test specimen shall extend approximately 1 in. (25 mm) on each side of the longitudinal wire. The longitudinal wire of each test specimen shall be of such length below the transverse wire so as to be adequately engaged by the grips of the testing machine and of such length above the transverse wire that its end shall be above the center line of the upper bearing of the testing device.

9.4 Tests for conformance to dimensional characteristics shall be made on full sheets or rolls.

9.5 If any test specimen shows defects or develops flaws, it may be discarded and another substituted.

### 10. Weld Shear Test Apparatus and Methods

10.1 As the welds in welded wire fabric contribute to the bonding and anchorage value of the wires in concrete it is imperative that the weld acceptance tests be made in a jig which will stress the weld in a manner similar to which it is stressed in concrete. In order to accomplish this the longitudinal wire in the jig must be stressed in an axis close to its center line. Also the transverse wire must be held closely to the longitudinal wire, and in the same relative position, so as to prevent rotation of the transverse wire.

10.2 Figure 12 shows the complete details of a typical testing jig together with two anvils which make it possible to test welds for wires up to  $\frac{3}{8}$  in. (9.53 mm) in diameter. This testing jig can be used in most tension testing machines and should be hung in a ball and socket arrangement at the center of the machine. This, or a similarly effective fixture designed on the same principle, is acceptable.

10.3 Test specimens should be inserted through the notch in the anvil using the smallest notch available in which the longitudinal wire will fit loosely. The longitudinal wire will be in contact with the surface of the free rotating rollers while the transverse wire shall be supported by the anvil on each side of the slot. The bottom jaws of the testing ma-

The detailed drawing may be obtained from ASTM Headquarters, 1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19103 Request Adjunct No. 12-104970-00





stress shall give the same rate of longitudinal wire and the load shall be applied at a rate of stressing not to exceed 100,000 psi (689 MPa)/min.

## 11. Number of Tests

11.1 One test for conformance with the provisions of 6.1 shall be made for each 75,000 ft<sup>2</sup> (6968 m<sup>2</sup>) of fabric, or remaining fraction thereof.

11.2 One specimen for each 300,000 ft<sup>2</sup> (27,870 m<sup>2</sup>) of fabric, or remaining fraction thereof and as defined in 9.3, shall be tested for conformance to the requirements of 6.2.

## 12. Sizes, Spacing, Deformations, and Dimensions

12.1 Sizes, spacing, presence of deformations, arrangement of wires, and dimensions of units in flat sheet form or rolls shall conform to the requirements specified by the purchaser.

## 13. Width of Fabric

13.1 The width of the fabric shall be considered to be the center-to-center distance between outside longitudinal wires. The permissible variation shall not exceed  $\pm 1$  in. (25 mm) greater or less than the specified width.

13.2 Transverse wires shall not project beyond the centerline of such longitudinal edge wire more than a distance of 1 in. (25 mm) unless otherwise specified.

13.3 When transverse wires are specified to project a specific length beyond the centerline of a longitudinal edge wire, the permissible variation shall not exceed  $\pm 1$  in. (25 mm) greater or less than the specified length; however, the over-all width (total of projection one side plus width plus projection other side) shall not exceed 1 in. (25 mm) greater or less than specified.

## 14. Variations in Wire Diameter and Weight

14.1 The permissible variation in weight of any deformed wire in the fabric or the permissible variation in diameter of any nondeformed wire shall conform to the tolerances prescribed in the appropriate wire specification before fabrication (see Section 4). Such measurements shall be made between the welds.

## 15. Spacing

15.1 The average spacing of wires shall be such that the total number of wires contained in a sheet or roll is equal to, or greater than that determined by the specific spacing, but the center-to-center distance between individual members may vary not more than  $\pm 1$  in. (25.4 mm) from the specified spacing. It is understood that sheets of fabric of the same specified length may not always contain an identical number of transverse wires and, therefore, may have various lengths of longitudinal overhang.

## 16. Over-All Dimensions

16.1 The over-all length of flat sheets, measured on any wire, may vary  $\pm 1$  in. (25.4 mm) or 1 percent, whichever is greater.

16.2 In case the width of flat sheets or rolls is specified as the over-all width (tip-to-tip length of cross wires), the width shall be not more than  $\pm 1$  in. (25.4 mm) of the specified width.

## 17. Rolls or Sheets

17.1 Welded wire fabric may be furnished either in flat sheets or in rolls as specified by the purchaser.

## 18. Bundling

18.1 When fabric is furnished in flat sheets, it shall be assembled in bundles of convenient size containing not more than 150 sheets securely fastened together.

18.2 When fabric is furnished in rolls, each roll shall be secured so as to prevent unwinding during shipping and handling.

## 19. Marking

19.1 Each bundle of flat sheets and each roll shall have attached thereto a suitable tag bearing the name of the manufacturer, a description of the material, and such other information as may be specified by the purchaser.

## 20. Inspection

20.1 The inspector representing the purchaser shall have free entry at all times while work on the contract of the purchaser is being



longitudinal wire and the load shall be applied at a rate of stressing not to exceed 100,000 psi (689 MPa)/min.

#### 11. Number of Tests

11.1 One test for conformance with the provisions of 6.1 shall be made for each 75,000 ft<sup>2</sup> (6968 m<sup>2</sup>) of fabric, or remaining fraction thereof.

11.2 One specimen for each 300,000 ft<sup>2</sup> (27,870 m<sup>2</sup>) of fabric, or remaining fraction thereof and as defined in 9.3, shall be tested for conformance to the requirements of 6.2.

#### 12. Sizes, Spacing, Deformations, and Dimensions

12.1 Sizes, spacing, presence of deformations, arrangement of wires, and dimensions of units in flat sheet form or rolls shall conform to the requirements specified by the purchaser.

#### 13. Width of Fabric

13.1 The width of the fabric shall be considered to be the center-to-center distance between outside longitudinal wires. The permissible variation shall not exceed  $\pm 0.13$  in. (3.3 mm) greater or less than the specified width.

13.2 Transverse wires shall not project beyond the centerline of each longitudinal edge wire more than a distance of 1 in. (25 mm) unless otherwise specified.

13.3 When transverse wires are specified to project a specific length beyond the centerline of a longitudinal edge wire, the permissible variation shall not exceed  $\pm 0.13$  in. (3.3 mm) greater or less than the specified length; however, the over-all width (total of projection one side plus width plus projection other side) shall not exceed 1 in. (25 mm) greater or less than specified.

#### 14. Variations in Wire Diameter and Weight

14.1 The permissible variation in weight of any deformed wire in the fabric or the permissible variation in diameter of any nondeformed wire shall conform to the tolerances prescribed in the appropriate wire specification before fabrication (see Section 4). Such measurements shall be made between the welds.

#### 15. Spacing

15.1 The average spacing of wires shall be such that the total number of wires contained in a sheet or roll is equal to, or greater than that determined by the specific spacing, but the center-to-center distance between individual members may vary not more than  $\pm 0.13$  in. (3.3 mm) from the specified spacing. It is understood that sheets of fabric of the same specified length may not always contain an identical number of transverse wires and, therefore, may have various lengths of longitudinal overhang.

#### 16. Over-All Dimensions

16.1 The over-all length of flat sheets, measured on any wire, may vary  $\pm 1$  in. (25.4 mm) or 1 percent, whichever is greater.

16.2 In case the width of flat sheets or rolls is specified as the over-all width (tip-to-tip length of cross wires), the width shall be not more than  $\pm 1$  in. (25.4 mm) of the specified width.

#### 17. Rolls or Sheets

17.1 Welded wire fabric may be furnished either in flat sheets or in rolls as specified by the purchaser.

#### 18. Bundling

18.1 When fabric is furnished in flat sheets, it shall be assembled in bundles of convenient size containing not more than 150 sheets securely fastened together.

18.2 When fabric is furnished in rolls, each roll shall be secured so as to prevent unwinding during shipping and handling.

#### 19. Marking

19.1 Each bundle of flat sheets and each roll shall have attached thereto a suitable tag bearing the name of the manufacturer, a description of the material, and such other information as may be specified by the purchaser.

#### 20. Inspection

20.1 The inspector representing the purchaser shall have free entry at all times while work on the contract of the purchaser is being

## **ANEXO G**

# **INFORMACIÓN SOBRE SOLDADURA DE RESISTENCIA DEL MANUAL DE METALES**



## 474/Resistance Welding

more difficult to set up and adjust than foot- or air-operated machines. These machines are best suited for long production runs or for use where compressed air is at a premium or unavailable.

**Press-type machines** have an upper electrode and welding head that move vertically in a straight line. The welding head is guided in bearings or ways of sufficient proportions to withstand the offset loads put on them. These machines have throat depths up to 48 in. and transformer capacities from 5 to 600 kV · A and greater. Some bench-type models used for radio, instrument, dental, and jewelry work have throat depths of only a few inches, and may be rated at less than 5 kV · A. Welding force is provided by air or hydraulic cylinders; manual operation is used on small bench-type machines.

Air cylinders are generally used in machines that have welding transformers with capacities up to 300 kV · A. Hydraulic operation is seldom used in machines with capacities of less than 200 kV · A, but is used in practically all machines with transformer capacities greater than 500 kV · A.

Press-type welding machines generally are designed for both spot and projection welding. Tables or platens are provided for mounting dies for projection welding and fixtures and electrode holders for spot welding. The platens, ram, and air or hydraulic cylinder have a common centerline. On standard machines, the spot welding electrodes are mounted 6 in. in front of this centerline. The knee supporting the lower platen can be vertically adjusted to compensate for reasonable variations in thickness of projection welding dies or in length of spot welding electrodes. For some spot welding applications, the knee can be replaced with an arm or horn to obtain clearance for the workpiece.

**Portable machines** or guns are used in spot welding when it is impractical or inconvenient to bring the work to the machine and usually consist of.

- Portable welding gun
- Electrical controls (welding contactor and sequence timer)
- Welding transformer
- Secondary cables and hose needed to carry power between the transformer and the welding gun

The portable welding gun consists of water-cooled electrode holders, an air or hydraulic actuating cylinder, hand grips, and an initiating switch. The gun usually is suspended from an adjustable balancing unit. Welding force is supplied by the air

or hydraulic cylinder. Hydraulic pressure usually is supplied by an air-hydraulic booster. Because of the high secondary losses of portable machines, transformers used in these machines have secondary voltage two to four times as great as the voltage of transformers used in stationary machines of equal rating.

The transformer, tap switches, electrical controls, and air-line accessories are mounted on one end of a beam balancer above the work area. On the other end of the beam is a spring balancer that counterbalances the welding gun. The gun has a capacity for vertical movement equal to that of the balancer and equal to or greater than the reach of the operator. The beam can be rotated 360° and provides an operating area dependent only on the length of the secondary cables.

Welding current is transmitted between the transformer terminals and gun terminals through a secondary cable, usually of the low-impedance or kickless type. The reactance of this type of cable is near zero, which results in a high power factor and reduced kV · A demand. However, water cooling is necessary. Included with the secondary electric cables are air or hydraulic pressure hoses, cooling-water hoses, and cable to the initiating switch. This switch is usually operated at low voltage, for reasons of safety.

Current density in low-reactance water-cooled cables is as high as 50 000 A, 1 000 000 circular mils. Cable sizes are in American Wire Gage (AWG) or thousand circular mils (MCM). Some types of portable RSW machines combine the gun and transformer in one portable unit, but these have lower capacity than the separate units described.

Many large unassembled sheet metal components without reinforcement are awkward to handle, position, and clamp for welding because of their bulk and lack of rigidity and may require more than one person to manipulate them. When production volume is high enough to justify the capital investment, it may be economical to adapt a portable gun to a special welding machine to allow efficient handling by one person.

**Example 1. Use of a Portable Spot Welding Gun to Improve Weld Quality and Reduce Labor Requirements.** The tractor fender assembly illustrated in Fig. 5(a) was made by spot welding a 2-by-5-ft fender top to a 3-by-5-ft side panel. The lap joint was approximately 5 ft long and required about 60 spot welds spaced 1 in. apart. A section through the spot welded joint is shown in Fig. 5(b).

Originally, the two parts were pinned

together through alignment holes in each part and were welded in a standard press-type spot welding machine. Two people were needed to handle the pinned assembly, and production rate was eight fenders per hour. Weld quality was impaired by warping of the formed sheet metal fender top during welding. The resulting mismatch and opening of the joint caused changes in the faying surface contact area and therefore in the electrical resistance of the workpieces. These changes affected the dimensions of the weld nugget and the strength of the welded joint and could not be tolerated.

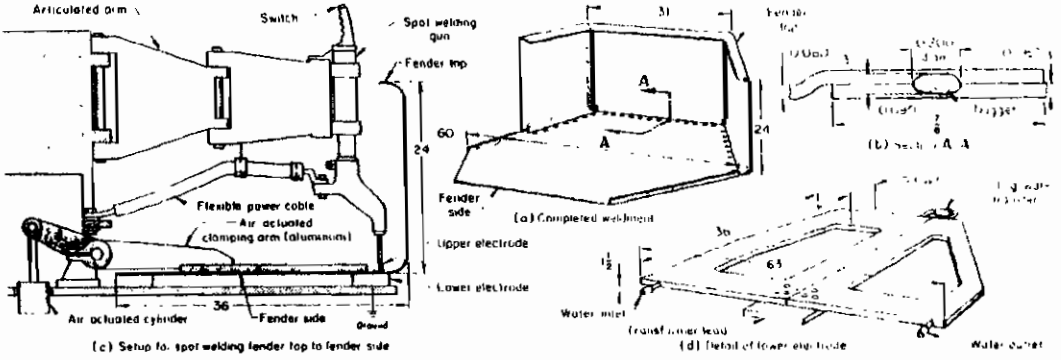
To avoid these difficulties and to allow the job to be performed by one person, a special welding machine was built that incorporated a portable spot welding gun (Fig. 5c). A flexible mounting allowed the gun to be moved to any position along the weld line, following a guide (not shown in Fig. 5) attached to the clamping arm.

In operation, insulated pins were passed through the lower electrode and into positioning holes in the side panel and fender top to align the lap joint. The clamping arm was then lowered and held down by an air cylinder, and the welding gun was moved by hand progressively into position for each spot weld along the joint. Once placed in position, the welding gun was triggered, and the spot weld was completed automatically. To minimize changes in impedance due to variations in the length of the lower electrode as the welding gun was moved along the joint, the lower electrode was a casting (Fig. 5d) that provided support for the parts along the weld line and a path of fairly uniform resistance for the electrical return to the transformer.

Using this welding machine, one person placed the side panel and fender top on the clamping fixture, raised the locating pins, activated the clamping arm, and made the 60 spot welds along the joint. After being welded and unclamped, the fender assembly was removed by the same operator.

Nondestructive testing of the spot welds was done by attempting to pull the end welds apart manually, and the die side (outer side) of the welded assembly was inspected visually. In addition, test coupons were made and tested to destruction to ensure that the welding machine settings had not changed. The test coupons used for destructive testing were random samples obtained during production. The aluminum clamping arms had little effect on the reactance of the machine. Also, the amount of steel in the throat of the machine did not vary enough to affect the resistance or the power factor. These conditions helped in maintaining consistent

Fig. 5 Use of a portable spot welding gun to improve weld quality and production rate



Equipment details		Welding conditions	
Power supply . . . . .	220-V, 3-phase frequency converter	Heat control setting . . . . .	70%
Welding gun . . . . .	Heavy duty, portable, mounted on an articulated arm	Electrode force . . . . .	500 lb max
Rating at 50% duty cycle . . . . .	75 kV·A	Squeeze time . . . . .	15 cycles
Upper electrode . . . . .	Adapter shank with No. 5 taper, Type A (painted) cap, RWMA class 2	Weld time, approx . . . . .	72 cycles (4 or 6 low-frequency 12-cycle pulses)
Lower electrode . . . . .	Casting, RWMA class 2	Hold time . . . . .	15 cycles
Welding controls . . . . .	Synchronous electronic with phase shift heat control	Production rate(a) . . . . .	15 h
		Fenders(b) . . . . .	500/h
		Welds(b) . . . . .	500/h

(a) With one operator; previous method required two (b) Production rate in previous method had been 8 fenders (480 welds) per hour

weld quality. Production was increased from 8 fenders (480 welds/h) to 15 fenders (900 welds/h). Equipment details and welding conditions are given in the table that accompanies Fig. 5.

**Multiple-electrode machines** are considered special-purpose machines, usually designed and built for a specific job. These machines are used when there are so many assemblies to be welded or so many welds per assembly that, even though the machines have a high initial cost, it is more economical to use them than to make the spot welds one at a time. Most of these machines are of the multiple-transformer type, in which each welding gun or pair of guns is connected to an individual transformer and all welds can be made simultaneously, as well as sequentially. Transformers built for such service are provided with two secondaries, enabling each transformer to supply two guns. Often two welds can be made in series, allowing four welds for each transformer.

Guns with 2-in.-diam tandem air cylinders are used for spot welding 0.025-in.-thick cold rolled steel. Tandem cylinders 4 in. in diameter can weld steel up to 0.125 in. thick. Spacing of spot welds is governed by the cylinder diameter. Guns with

small-diameter, high pressure hydraulic cylinders can be used for thicker metal.

**Roll spot welding machines** are essentially the same as resistance seam welding machines, which are described in the article "Resistance Seam Welding" in this Volume.

### Direct and Series (Indirect) Welding

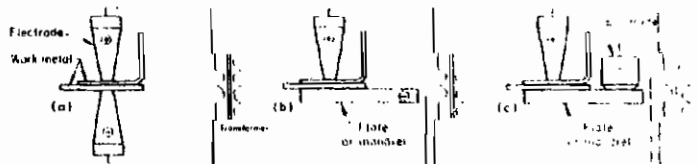
The arrangement of the electrodes and workpieces in the secondary circuit in RSW determines whether welding is direct or series (indirect). Welding is direct if all of the secondary current passes through the weld nugget, or nuggets, being formed, so that no effective shunt path bypasses the nugget. Welding is series if there is a shunt path that allows a portion of the secondary

current to bypass the weld nugget. Some arrangements of secondary circuits for direct and series welding of two thicknesses of metal are described below, in general. These arrangements also apply for welding of three or more thicknesses.

**Direct Single-Spot Welding.** Single spot welds are usually made by direct welding. Figure 6 shows schematically three arrangements used for making this type of weld; these arrangements may be modified to meet special requirements. In all of the arrangements shown, one transformer secondary circuit makes one spot weld.

The simplest and most common arrangement, in which two workpieces are sandwiched between opposing upper and lower electrodes, is shown in Fig. 6(a). In

Fig. 6 Setup of work metal and electrodes for making single spot welds



**Fig. 7 Setup of work metal and electrodes for making multiple spot welds using direct and series welding**

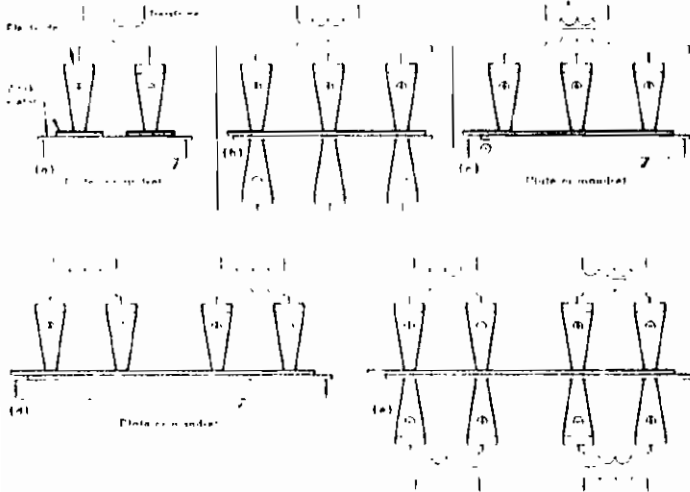


Fig. 7(b), a conductive plate or mandrel having a large contacting surface is used as the lower electrode; this reduces marking on the lower workpiece and conducts heat away from the weld more rapidly and may be necessary because of the shape of the workpiece. In the arrangement in Fig. 7(c), a conductive plate or mandrel beneath the lower workpiece is used for the same purposes but in conjunction with a second upper electrode. Because this second upper electrode is intended to serve as a contact only and not to make a weld, it may be larger (Fig. 7(c)) to avoid overheating.

**Direct Multiple-Spot Welding.** Three arrangements of the secondary circuit for making two or more spot welds simultaneously by direct welding are shown in Fig. 7(a), (b), and (c). One transformer secondary circuit can be arranged as shown in Fig. 7(a) to make two spot welds, joining two upper workpieces to one lower workpiece. In this application, the plate or mandrel need not be an electrical conductor.

A single transformer secondary circuit can also be arranged as shown in Fig. 7(b) and (c) to make two, three, or more spot welds simultaneously by direct welding, joining two workpieces. Special care must be taken in this method (sometimes called parallel spot welding) to ensure that resistance, or impedance, in the circuit for each spot weld is the same as for all the others; otherwise, current will not be uniform for each weld. Tip contour and surface con-

dition must be the same for each electrode. Also, the force exerted by all the electrodes on the workpieces must be equal, regardless of inequalities in work-metal thickness. The force can be equalized by using a spring-loaded electrode holder or a hydraulic equalizing system. The use of a conductive plate or mandrel, as in Fig. 7(c), minimizes weld marks on the lower workpiece.

**Series Multiple-Spot Welding.** Two arrangements for making a number of spot welds simultaneously by series welding are shown in Fig. 7(d) and (e). In Fig. 7(d), each of the two transformer secondary circuits makes two spot welds. A portion of the current bypasses the weld nuggets through the upper workpiece. Four spot

welds are conveniently made simultaneously in this way, using the two separate secondary circuits of a standard package-type resistance welding transformer. Several transformers of this type can be combined to make a larger number of spot welds simultaneously, or one of the two secondary circuits can be used alone to make just two welds at a time.

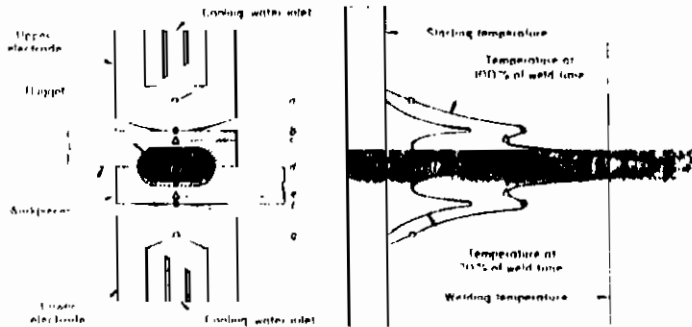
Figure 7(e) shows the arrangement for push-pull, or over-and-under, series multiple spot welding. In this arrangement, each weld is made between a pair of opposing electrodes of opposite polarity, with each electrode being connected to a separate transformer secondary winding, and only one weld is produced for each secondary circuit. This arrangement provides a relatively high voltage at the welds, because the voltages of the two secondary windings for each pair of spot welds reinforce each other. This arrangement also permits the use of transformers having lower kV · A ratings than can be used with the arrangement shown in Fig. 7(d), but care is needed to limit shunting to an acceptable amount.

### Heat for Resistance Welding

The secondary circuit of a RSW machine, including the work being welded, is a series of resistances, the total of which affects the flow of current. The current flow (in amperes) must be the same in all parts of the circuit, regardless of the resistance at any point; however, the heat generated at any point is directly proportional to the resistance at that point. Electrical systems in the secondary circuit are designed to produce heat where it is wanted, leaving the other components of the circuit relatively cool.

Figure 8 shows the composite effects of

**Fig. 8 Resistance spot welding setup.** Showing major points of heat generation and temperature gradients after 20 and 100% of weld time



**Table 2 Recommended practices for single-impulse resistance spot welding of 1010 steel with class 2 electrodes(a)**

Thickness of thinnest outside piece (f), in. (h)	Electrode dimensions		Net electrode force, lb	Weld time, cycles (60 cps)	Welding current (approx), A	Contacting overlap (min), in.	Weld spacing (d)(min), in.	Nugget diameter (approx), in.	Breaking load (min) in shear, lb. for work metal with tensile strength of:	
	Body diameter, in. (c)	Face diameter, in. (e)							70 ksi	80 ksi or more
0.810	3/8	1/2	200	4	4 000	3/8	1/4	0 10	130	180
0 021	3/8	3/16	300	6	6 500	3/16	3/8	0 13	320	440
0 031	3/8	3/16	400	8	8 000	3/16	1/2	0 16	570	800
0 040	3/8	1/4	500	10	9 500	1/4	3/4	0 19	920	1200
0 050	3/8	1/4	650	12	10 500	3/8	1	0 22	1350	
0 062	3/8	1/4	800	14	12 000	3/8	1	0 25	1850	
0 078	3/8	3/16	1100	17	14 000	1/16	1 1/2	0 29	2700	
0 094	3/8	3/16	1300	20	15 500	3/4	1 1/2	0 31	3450	
0 109	3/8	3/8	1600	23	17 500	1 1/16	1 3/8	0 32	4150	
0 125	3/8	3/8	1800	26	19 000	3/8	1 3/4	0 33	5000	

(a) Steel should be free from scale, oxides, paint, grease and oil (b) Thickness of thinnest outside piece (f) determines welding conditions. Data are for total thickness of pile-up not exceeding 4x minimum ratio between two thicknesses, 3 to 1 (c) For type A, D and E faces Body diameters apply also to type F electrodes with 3-in. spherical-radius face. (d) Center-to-center spacing for 1-in. pieces for which no special precautions need be taken to compensate for shunted-current effect of adjacent welds; for three pieces, use 8-in. spacings here by 50% Source: Recommended Practices for Resistance Welding, AWS C1.1

heat generation and dissipation in the workpieces and electrodes. There are seven resistances connected in series for a two-thickness joint: (a) the upper electrode, (b) contact surface between the upper electrode and upper workpiece, (c) the upper workpiece, (d) the contact surface between the upper and lower workpieces, (e) the lower workpiece, (f) the contact surface between the lower workpiece and lower electrode, and (g) the lower electrode. Heat is generated at each of these points in proportion to the resistance at that point. The greatest amount of heat is desired at the weld point or interface between the workpieces (point d in Fig. 8), and steps

must be taken to reduce the heat as much as possible at the other points. The temperature of all parts at the start of the weld is represented by the line marked "Starting temperature" in Fig. 8. Temperature is rapidly increased at point d, the interface between the workpieces. At points b and f, the temperature rises rapidly, but not as fast as at d. The heat generated at points b and f is rapidly dissipated into the water-cooled electrodes at points a and g; the heat generated at point d is dissipated much more slowly. After about 20% of the weld time has elapsed, the heat gradient corresponds to the inner curve in Fig. 8. The outer curve represents the heat gradient at the end of

the weld time (100% of weld time). When welding conditions are properly controlled, the welding temperature is first reached at sites near d, the interface between workpieces. During the heating period, these tiny regions of molten metal enlarge and become continuous to form the weld nugget. The temperature gradients shown in Fig. 8 are also affected by the relative thermal conductivities of work metal and electrodes and by the size, shape, and cooling rate of the electrodes.

**Welding Schedules**

Low-carbon steel can be satisfactorily resistance spot welded using wide ranges of time, current, and electrode force. Limitations in machine capabilities in any of these variables can be partly compensated for by making suitable adjustments of the others. Practices recommended by the American Welding Society (AWS) for RSW of low-carbon, medium-carbon, and low-alloy steels are listed in Tables 2, 3, and 4.

The data in these tables serve as starting points for the establishment of optimum settings for welding of workpieces on which previous experience is lacking and as an approximate guide to the results that may be expected when good shop practice is followed in RSW. They are subject to adjustment as necessary to meet the requirements of individual applications.

**Setting Up Welding Schedules.** A typical sequence of steps for determining the most satisfactory conditions for RSW work for which previous experience is lacking is given below. The usual criteria for satisfactory welds in steps 1 to 4 are penetration, nugget diameter and indentation suitable for the application, and the

**Table 3 Recommended practices for single-impulse resistance spot welding and postheating of medium-carbon and low-alloy steels with class 2 electrodes(a)**

Steel to be welded (Type and condition)(b)	Thickness (t) of each piece, in. (c)	Dimensions of upper and lower electrodes			Net electrode force (weld and temper), lb	Welding current (approx), A		Tempering current, % of welding current	Contacting overlap (min), in.	Weld Spacing (min)(d), in.	Nugget diameter (approx), in.	Breaking load (min) of weld, lb. in shear		Ratio, tensile to shear breaking load, %		
		Body diameter, in. (e)	Face diameter, in. (f)	Face radius, in. (g)		Weld	Temper					In	Tension			
1020 HR	0.040	3/8	1/2	6	1475	6	17	6	16 000	90	1/2	1	0 23	1 360	920	68
1015 HR	0.040	3/8	1/2	6	1475	6	20	6	14 200	91	1/2	1	0 22	1 560	520	73
1045 HR	0.040	3/8	1/2	6	1475	6	24	6	13 800	88	1/2	1	0 21	2 000	680	74
4130 HR	0.040	3/8	1/2	6	1475	6	18	6	13 000	90	1/2	1	0 22	2 120	640	70
4340 N&T	0.031	3/8	3/16	6	900	4	12	4	8 250	84	3/16	3/4	0 16	1 084	290	27
	0.062	3/8	3/16	6	2000	10	45	10	13 900	77	3/4	1 1/2	0 27	3 840	1140	37
	0 125	3/8	3/16	10	5500	45	240	90	21 800	88	3/4	2 1/2	0 55	13 680	4000	29
8630 N&T	0.031	3/8	3/16	6	800	4	12	4	8 650	88	3/16	3/4	0 16	1 220	524	43
	0.062	3/8	3/16	6	1800	10	36	10	12 800	83	3/8	1 1/2	0 27	4 240	2200	52
	0 125	1	3/8	10	4500	45	210	90	21 800	84	3/4	2 1/2	0 55	13 200	3500	34
8715 N&T	0.018	1/2	1/2	6	350	3	4	3	3 900	85	3/16	3/4	0 10	400	200	50
	0.062	3/8	3/16	6	1600	10	28	10	12 250	85	3/8	1 1/2	0 27	3 300	1800	55
	0 125	1	3/8	10	4500	45	180	90	22 700	85	3/4	2 1/2	0 55	12 700	4500	35

(a) Steel to be welded should be pickled, or otherwise cleaned, to obtain a surface contact resistance not exceeding 200 microhms. (b) HR, hot rolled; N&T, normalized and tempered. (c) Thickness of each piece for joining two pieces of equal thickness, each of thickness t. (d) Minimum spacing for which no special precautions are needed to compensate for shunted current effect of adjacent welds. Source: Recommended Practices for Resistance Welding, AWS C1.1

**Table 4 Recommended practices for multiple-impulse resistance spot welding of 1010 steel with class 2 electrodes(a)**

Thickness of steel to be joined, in. (1) (2)	Electrode dimensions		Net elec. load force, lb.	Weld time, impulses (c)			Welding current (approx), A	Contacting overlap (min), in.	Nugget diameter (min), (in.)	Breaking load (min) in shear(d), lb.
	Body diam. (in.)	Face diam. (in.) (b)		Single welds	Adjacent welds with center-to-center spacing of—					
					1.2 in.	2.4 in.				
1/8	1	1/2	1800	3	5	4	18 000	3/8	3/8	5 000
1/8	1	1/2	1800	3	5	4	18 000	3/8	3/8	5 000
1/8	1	1/2	1800	3	5	4	18 000	3/8	3/8	5 000
1/8	1 1/2	1/2	1950	6	20	14	19 500	1/2	2/8	10 000
1/8	1 1/2	1/2	1950	6	20	14	19 500	1/2	2/8	10 000
1/8	1 1/2	1/2	1950	6	20	14	19 500	1/2	2/8	10 000
1/8	1 1/2	1/2	2150	12	24	18	21 500	1/2	3/8	15 000
1/8	1 1/2	1/2	2150	12	24	18	21 500	1/2	3/8	15 000
1/8	1 1/2	1/2	2400	18	30	23	24 000	1/2	3/8	20 000

(a) Steel should be free from scale, oxides, paint, grease and oil. (b) For type A, B and E faces. Body diameters apply also to type F electrodes with 1 in. spherical radius face. (c) Each impulse consists of 20 cycles on the heating and 5 cycles of cooling, at 60 cycles per second. (d) For steel with a tensile strength of less than 70 ksi.  
Source: Recommended Practices for Resistance Welding, AWS C3.1

absence of porosity, cracks, excessive expulsion, and gross defects.

1. **Make a preliminary selection of electrode force:** This is completed for the work to be welded and the electrodes to be used. Tables of recommended practices such as Tables 2, 3, 4, and 7 provide starting points for this selection, as well as guidance in choosing preliminary values of current, weld time, and hold time for making trial welds to verify or correct this preliminary selection of electrode force.
2. **Establish the weld time and hold time:** This is done by evaluating trial welds made at several levels of current for each of a number of combinations of weld time and hold time. Squeeze time is not critical in welding trials and is usually set at a convenient value that is long enough to allow for a wide range of test conditions.
3. **Select electrode force:** Using the established combination of weld time and hold time, make welds at several different current levels, using a number of values of electrode force to cover a wide range of force.
4. **Select the welding current:** Using the established weld time, hold time, and electrode force, make test welds at current levels that cover a wide range of amperage.
5. **Verify selection of conditions:** Make trial runs under the welding conditions established by steps 1 to 4, to verify these selections as well as to establish reference data on weld quality and reliability for use in process control. A more complete evaluation than for steps 1 to 4 is performed at this stage (see the discussion in the section on quality control in this article).

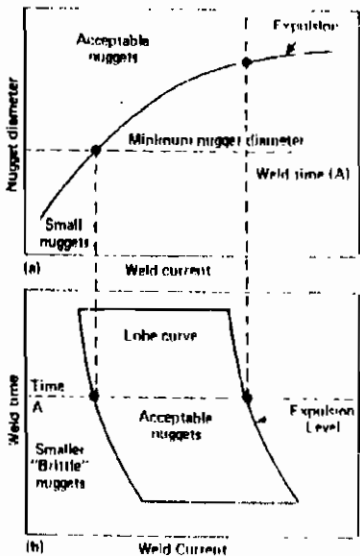
If the results of trial runs in step 5 are not satisfactory, the procedure may be repeated, with changes in the welding variables being made as indicated by the test results. Changes in equipment, electrode material, and electrode design may also be made at this time, and the procedure, or a shortened version, repeated until acceptable results are obtained.

These five steps not only determine optimum values for each of the welding variables, but also establish ranges of satisfactory values for them and the criticality of each variable. The sequence of steps followed in setting up a RSW schedule may vary, depending on special aspects of the equipment or the work, the extent of experience with similar types of work, and requirements imposed by the purchaser or applicable specifications. When adjustment of welding conditions is needed at the start of or during production runs, the adjustment is usually made on weld time, hold time, or current, whichever is most convenient and effective.

A recent addition to the family of spot weldable steels is the high-strength low-alloy (HSLA) steels. These steels are supplied in either the hot rolled or cold rolled condition and have yield strength levels ranging from 35 to 140 ksi. The increased strength over that of plain carbon steel is obtained by small additions of niobium, vanadium, and/or titanium together with controlled mill processing. The American Iron and Steel Institute (AISI) has compiled a listing of available materials. Because strength levels are obtained by varying alloying amounts and by processing, weld schedules may also vary. A method of determining the weld schedule compatibility or weldability of HSLA materials is the lobe curve weld schedule analysis. A typical lobe curve for one specific electrode force is presented in Fig. 9.

Figure 9(a) schematically illustrates spot weld nugget diameter as a function of current at weld time (A). As the current increases, the nugget diameter increases up to and, in most cases, beyond the expulsion current level. Specifications generally establish a minimum acceptable nugget size, illustrated in Fig. 9, and indicate that nuggets produced with expulsion are unacceptable regardless of size. It is possible, therefore, to establish a current range over which spot welds having acceptable nugget diameters are obtained for a particular weld time. This acceptable range can be expanded for other weld times to produce a region (or lobe curve) over which acceptable nuggets are produced. Welds made with currents and/or times exceeding the upper curve experience expulsion on welding and, therefore, are considered unacceptable. Welds made with currents or times below the lower curve have nuggets of insufficient size or exhibit interfacial tearing during testing and are likewise considered unacceptable. Only welds made with weld currents and times lying within the lobe area are acceptable. The size of the acceptable current range or the overall size of the lobe curve is usually taken as a measure of the weldability of HSLA steels. Other criteria such as relative position of the lobe curve (especially when compared to the lobe curve for plain carbon steel) and relative electrode wear are also considered as factors in weld ability.

**Fig. 9 Development of a lobe curve.** Source: Ref. 1





**Table 6 Minimum properties for RWMA group B electrode materials (refractory metal compositions properties are for rod, bar, and inserts)**

Class	Rockwell hardness	Electrical conductivity (IACS, % IACS)	Compressive strength, ksi
10	72 HRB	35	135
11	91 HRB	28	160
12	98 HRB	23	170
13	69 HPA	30	200
14	85 HRB	30	

(a) Classes 10, 11, and 12 are copper-tungsten mixtures, class 13 is unalloyed tungsten, class 14 is unalloyed molybdenum. (b) In International Annealed Copper Standard. Source: Resistance Welding Equipment Standards, American National Standard Z 48.2

2 materials. The high hardness, good wear resistance, and high annealing temperature of class 3 material, coupled with medium electrical conductivity (45 to 50% IACS), make it a good material for electrodes used in spot welding applications where pressures and workpiece resistance are high. It is used on thick sections of low carbon steel and on such materials as stainless steel, Monel, and Inconel. Class 3 material is available as drawn bar and rod, strip castings, and forgings.

**Refractory Metal Compositions (RWMA Group B).** Table 6 gives minimum properties for refractory metal compositions used as electrode materials for RSW of steel. This group includes classes 10 through 14.

These electrode materials are used where high heat, long weld time, inadequate cooling, or high pressure would cause rapid deterioration of the copper-based alloys. In choosing among them, each application must be considered separately on the basis of design of electrode and workpieces, type of opposing electrode, and type of spot welding equipment. When a copper alloy is being welded to steel, a group B electrode is used to contact the copper alloy, and a group A electrode of class 1 or 2 is used to contact the steel.

- *Class 10 material* is a high melting point copper-tungsten refractory metal recommended for use in facings on spot welding electrodes for applications requiring a compromise between the high electrical and thermal conductivities of the copper-based alloys and the high hardness and strength provided by the other refractory metal compositions.
- *Class 11 material* is a 42% Cu, 58 vol% W refractory metal with a higher hardness but lower electrical conductivity than those of class 10 material. It is

specially recommended for spot welding of ferrous metals having high electrical resistance, such as stainless steel.

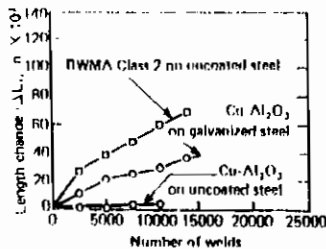
- *Class 12 material* is a copper-tungsten refractory metal that has higher hardness and lower electrical conductivity than those of class 11 material.
- *Class 13 and 14 materials* consist of unalloyed tungsten and unalloyed molybdenum, respectively. Their properties are not usually needed in RSW of low carbon steel, except for joining it to such metals as copper alloys.

**Special alloys,** such as copper-zirconium and copper-cadmium-zirconium, have properties similar to class 1 and class 2 materials and have been used as resistance welding electrodes. They are suitable for spot welding of steel coated or plated with metals such as zinc, aluminum, tin, ferrous metal, and cadmium and for spot welding of aluminum and magnesium alloys.

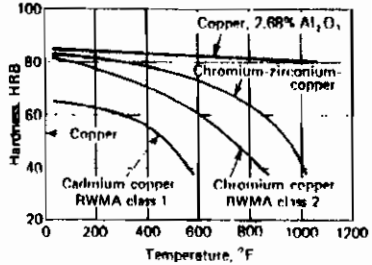
In any application where a class 1 material can be used, a copper-zirconium alloy can be used if increased resistance to annealing, or softening, of the electrode face is needed.

In addition to the electrodes listed above, recent work (Ref 2) has been undertaken to develop an aluminum-oxide dispersion-strengthened copper electrode. These electrodes must be supplied in the cold forged condition. They have higher strength than the standard spot welding electrodes, and they exhibit considerably less mushrooming. Results of electrode life tests conducted using the 2.68 vol% Cu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> electrode on galvanized and plain carbon material are presented in Fig. 10. Dispersion-strengthened electrodes change in face length more slowly than conventional class 2 electrodes. Some mill experience with these electrodes in welding various combinations of cold rolled, galvanized, and Zincometal steels has indicated that the dispersion-strengthened

**Fig. 10 Electrode mushrooming for dispersion-strengthened electrodes.** Source: Ref 2



**Fig. 11 Comparative hardness of electrode materials.** Source: Ref 2 and 3



electrodes exhibit from four to ten times the electrode life of conventional class 2 electrodes. A conventional copper electrode with a flame-sprayed Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating is also being evaluated for its increased electrode life, particularly on coated materials.

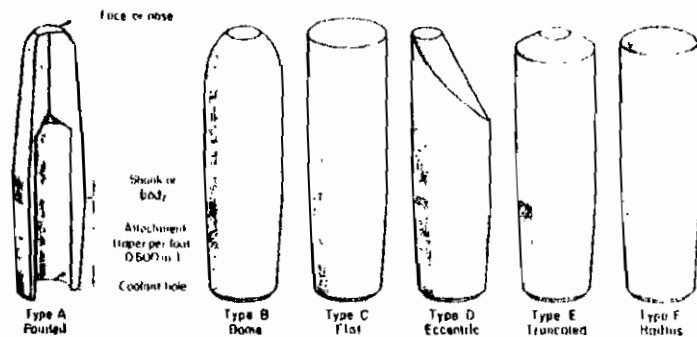
Recent work (Ref 3) has shown that the effect of temperature on hardness is a major factor in electrode wear. Conventional chromium copper alloys (Class 2 materials) exhibit characteristic deterioration of the electrodes at grain boundaries. The copper-zirconium electrodes have increased grain boundary strength. A high temperature hardness comparison of several electrodes is presented in Fig. 11.

**Electrode Design**

Electrode design involves four structural features of the electrode: face, shank or body, means of attachment to the electrode holder, and provision for cooling (Fig. 12). The face of a spot welding electrode contacts the workpiece directly above or below the point of fusion, and this small area is subject to repeated application of high temperature and pressure in production welding. The probability of pickup, alloying, and deformation is a major consideration in electrode design. In minimizing pickup or alloying of the work metal and electrode material, the affinity of one for the other is important. Resistance to deformation depends on the hardness and strength of the electrode material. In choosing the electrode material that will produce the best results, a compromise between properties is frequently necessary. The size and shape of the electrode tip sometimes can be modified to compensate for compromises in electrode material.

Dimensions of the electrode face are governed by thickness of the work metal, desired size of the weld nugget, and shape and size of the assembly. Electrode face

**Fig. 12 Standard electrode face and nose shapes.** Type D was formerly called offset.



- A letter, A through F, that indicates the type of face (Fig. 12)
- A numeral, 1 through 5, that indicates the RWMA class of electrode material
- A numeral, 3 through 7, that designates the RWMA (Jarno) taper of the shank end and, when divided by 8, indicates nominal body diameter in inches
- A two digit number that indicates the length of the electrode in increments of  $\frac{1}{4}$  in

shapes have been standardized by RWMA. Figure 12 shows the six standard face or nose shapes, identified by letters A through F. Electrodes with type A (pointed) tips are used in applications for which full-diameter tips are too wide. Type D (eccentric; formerly called offset) faces are used in corners or close to upturned flanges. Special tools are available for dressing electrode faces, either in or out of the welding machine.

Shank ends or attachments of standard RWMA electrodes are made with Jarno tapers 3, 4, 5, 6, and 7. Body diameters are equal to the Jarno taper number divided by eight, or  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{5}{8}$ ,  $\frac{3}{4}$ , and  $\frac{7}{8}$  in., respectively. Some manufacturers continue to follow an earlier standard, and use the Morse taper numbers 1, 2, and 3, which are essentially the same as RWMA (Jarno) tapers 4, 5, and 7.

Coolant holes in electrodes are either round or fluted. Fluted holes offer more cooling surface than do round holes. Coolant holes should extend as close to the face of the electrode as possible, without endangering electrode strength.

The electrode designs shown in Fig. 12 cannot be used for all applications. Also available are electrodes having the shape of buttons about  $\frac{3}{16}$  in. high, and electrodes with single-bend and double-bend offsets, irregular offsets, square or rectangular faces, and caps with male or female tapers or threads. Buttons and caps of various nose designs, which are used with special adapter shanks that are placed in standard holders, are interchangeable in their respective adapters.

The diameter of the tip or contact face of the electrode controls the size of the weld nugget. If the diameter of the tip is too small, the resulting spot weld may be weak, even though it is sound. Small-diameter tips also may cause severe heat concen-

tration and surface marking or indentation.

Electrodes with large diameter faces may overheat because of insufficient electrode pressure, especially at high welding current, and cause voids, blowholes, or a poor surface appearance.

The minimum face diameter for type A, B, D, and E electrodes can be determined by using one of the following formulae:

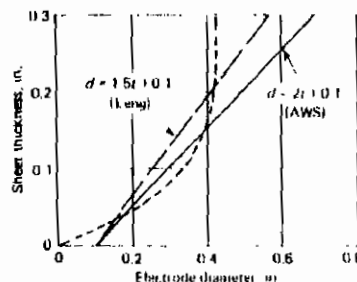
$$\text{Face diameter, in.} = 0.10 + 2t$$

$$\text{Face diameter, in.} = 0.10 + 1.5t$$

where  $t$  is the thickness, in inches, of the base metal contacting the electrode, or by using the diagram presented in Fig. 13. Electrodes with larger face diameters should be used for welding the higher strength steels.

**RWMA Designation Code.** For identification of straight group A (copper based alloy) electrodes, RWMA has established four-part code numbers:

**Fig. 13 Relationship between electrode diameter and sheet thickness as derived by Long, AWS, and Ayers.**  $t$  is the thickness, in inches, of the base metal contacting the electrode. Dotted line represents alternative curve derived by authors. (Source: Ref 4)



Thus, an electrode having an RWMA code number A 2516 has a type A (pointed) face, is made of class 2 material, has a No. 5 RWMA taper on the shank end and a  $\frac{3}{8}$ -in. diam body, and is 4 in. long. No designation code of this type has been established for group B (refractory metal) electrodes, because these electrodes are used as facings, inserts, buttons, or other nonstandard forms.

### Electrode Holders

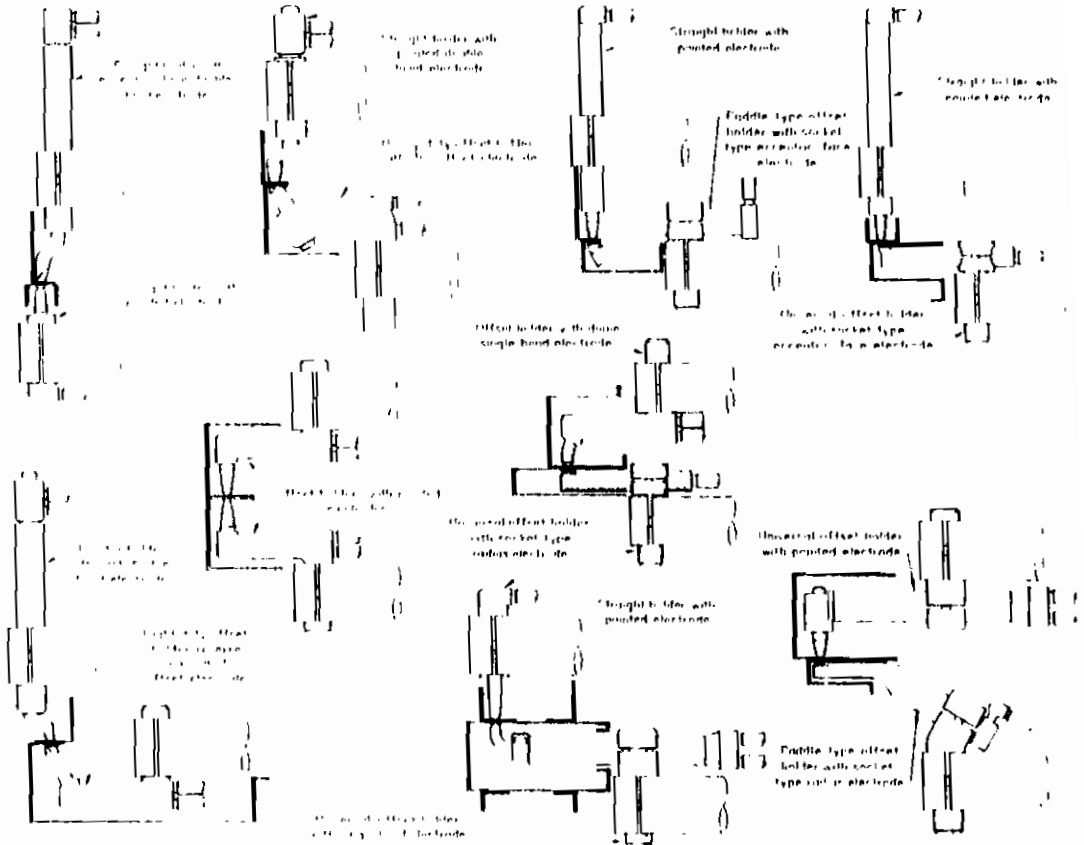
In RSW, electrodes are placed in holders that are mounted in the machine so that the position of the electrode can be adjusted to suit the workpieces. Most holders have an ejector mechanism for removing the electrodes and have hose connections to provide water cooling. Holders are made in straight and offset designs for tapered shank and threaded shank electrodes or adapters, and for button-type and cap-type electrodes.

Holders for tapered shank electrodes may either be straight or have 90 or 30° offsets. Most holders for threaded shank electrodes are straight but have 90 and 30° adapters. Universal and paddle-type holders have a relatively long, thin extension into which button type electrodes are inserted.

Some combinations of standard holders, adapters, and electrodes that permit the handling of various workpiece configurations and joint arrangements are shown in Fig. 14.

**Multiple-electrode holders** are used for simultaneously making two or more spot welds in an assembly, using conventional spot welding machines. These holders, which are generally used for the upper electrodes, have springs, mechanical devices, or hydraulic equalizers so that the same force is applied to the workpiece by each electrode. Equal electrode force for each spot weld helps to maintain uniform weld quality. The electrodes can be connected to the transformer in different arrangements for direct or series spot welding (see Fig. 7 for typical arrangements of transformer secondary circuits).

Fig. 14 Standard holders, adapters, and electrodes for RSW



The lower electrode may be a solid piece of metal large enough to oppose all the upper electrodes, a solid piece of metal with inserts positioned opposite to the upper electrodes, or it may consist of individual tips mounted in a fixed holder. Provision must be made for the necessary electrical connection of the electrodes to the machine and for adequate water cooling.

### Effect of Electrode Composition and Design on Heating

Electrodes should have high electrical conductivity and low contact resistance to minimize electrode heating, and high thermal conductivity to dissipate the heat from the contact area between the electrode tip and the workpiece (zones *b* and *f* in Fig. 8). Electrodes should also be strong enough to resist deformation caused by repeated applications of high welding force.

**Composition.** Generally, the harder an alloy is, the greater is its thermal and electrical resistance. In choosing the best alloy for electrodes, a suitable compromise among electrical, thermal, and mechanical properties must be found.

Commercially pure copper has excellent electrical conductivity, but because of its low resistance to compressive forces and low annealing temperature, it has been replaced by other copper based alloys as an electrode material. The copper based alloys that have been adopted as standard materials for RSW electrodes are RWMA group A, classes 1, 2, and 3. Minimum properties for these standard electrode materials appear in Table 5.

Standard refractory metal compositions for RSW electrodes are RWMA group B, classes 10 to 14. Minimum properties for these materials are given in Table 6.

**Design.** When two workpieces of similar composition and equal thickness are being welded, the tip diameters of the

electrodes should be the same. However, if the workpieces are of unequal thickness, the tip diameter of the electrode contacting the thicker piece may need to be larger to maintain proper heat balance. In welding dissimilar metals, the same considerations hold true if one piece has higher electrical resistivity than the other. This dissimilarity can be compensated for by increasing the diameter of the electrode tip contacting the higher resistance workpiece, or by using a material of higher resistance for the electrode contacting the lower resistance workpiece.

The diameter of the weld nugget is slightly less than the diameter of the electrode contact area. As the electrode tips are worn or increase in diameter because of mushrooming, the diameter of the weld nugget increases. An increase in tip diameter of more than 5% can affect the weld quality because the current density is decreased and the heat generated may be insufficient to produce a good weld.



### Effect of Welding Current on Heating

Welding current flows through a secondary circuit that consists of the transformer secondary coil, the flexible bands connecting the coil to the horns, the horns, the electrodes, and the workpiece. Heat is generated in all portions of the circuit according to the following formula:

$$H = I^2 R t$$

where  $H$  is the heat (energy) in watt seconds or joules,  $I$  is the current in amperes,  $R$  is the resistance in ohms, and  $t$  is the duration of current flow in seconds. Some heat is lost through conduction, convection, and radiation from the electrodes and the workpieces. The magnitudes of these losses are generally not known.

The thermal conductivity of steel is about 12% that of copper, therefore, if sufficient welding current is used in welding steel with copper based electrodes, the heat generated along the interface of the workpieces (point  $d$  in Fig. 8) is conducted away from the weld zone more slowly than the heat generated at the electrode faces (points  $e$  and  $f$  in Fig. 8) is conducted into the water cooled electrodes (points  $a$  and  $g$  in Fig. 8). Thus, the interface of the workpieces reaches the fusion temperature first, and a weld is produced at this interface.

There is a lower limit for current density below which fusion cannot be obtained. Enough heat must be generated to offset the heat that is lost through conduction into the electrodes, surrounding air, and that part of the work metal not between the electrodes.

As current density is increased, weld time can be decreased sufficiently to produce a weld without heating the electrode contact surfaces to more than a few hundred degrees.

There is also an upper limit for the welding current. If the welding current is too high, the entire thickness of the work metal between the electrodes is heated to the plastic range by the time the weld zone reaches the fusion temperature, and the electrodes embed themselves deeply into the metal. The outer surfaces of the electrodes may also be overheated and burned. This is especially true when the current is high enough to produce expulsion. The result is reduced electrode service life.

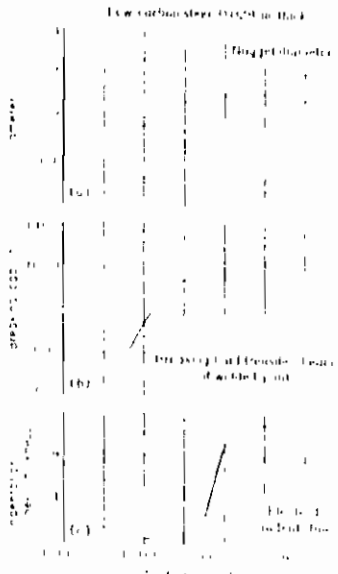
For a given electrode force, there is an upper limit of current density above which pitting and expulsion of hot metal occur at one or more workpiece surfaces, causing low quality welds. Maximum spot strength is obtained by welding at a current density

slightly below the value at which expulsion takes place. Setting of the current for production runs is commonly based on this relation.

The effects of welding current on nugget diameter, joint tensile shear strength, and electrode indentation are shown in Fig. 15. Increasing the current above 13,500 A did not significantly increase the nugget diameter,  $1/2$  in., but caused a marked increase in electrode indentation. Tensile shear strength increased rapidly until the optimum current was reached, but decreased slightly when the current was increased to slightly above 14,000 A. Indentation increased from about 2% of the sheet thickness at a welding current of 13,500 A to about 10% at a welding current slightly above 14,000 A.

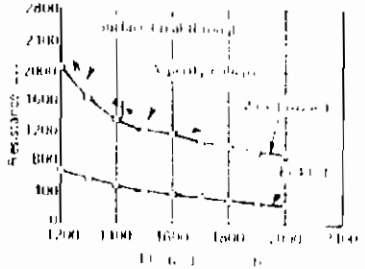
The use of pulsations of current with varying degrees of "off" time (from 1 to as much as 10 cycles) between pulses has been used on thicker plain carbon and HSLA steels. In parts where material thickness or springback (HSLA steels) prevented attainment of complete intimate contact, pulsations were beneficial. The sheets could be brought into the desired contact as a result of heating during the initial pulse with weld completion during the subsequent pulses. In some HSLA steel

**Fig. 15 Effects of welding current on nugget diameter, joint tensile-shear strength, and electrode indentation during spot welding**



### Fig. 16 Variation in total resistance with electrode force and sheet surface condition.

First sample was pulled to remove scale by wire wheel, resulted from hot rolling. Second sample was wire brushed. With progressively increased electrode force, nicks remaining on the wire brushed sample break down, resulting in surfaceasperity collapse, which in turn will reduce interfacial resistance. (Source: P. E. I.)



parts where springback is a particular problem, dual pulsing is used for materials as thin as 0.08 in.

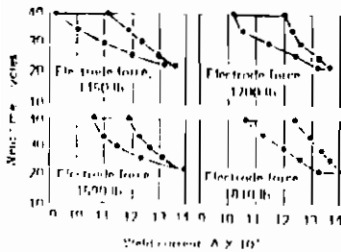
### Effect of Welding Force on Heating

Welding force, or electrode force, is the force applied to the workpieces by the electrodes during the welding cycle. Electrode force, usually measured and expressed as a static value, is a dynamic force in operation and is affected by the friction and inertia of the moving parts of the welding machine.

The workpieces to be spot welded must be held tightly together at the indent location of the weld to allow passage of current. Because increasing the electrode force decreases the contact resistance of the work metal (Fig. 16), and therefore decreases the total heat generated between the facing surfaces of the workpieces by the welding current, electrode force should not be excessive (see the section on effect of surface condition on heating in this article).

The electrode force must be compatible with a welding current that is within the capacity of the equipment and must permit the use of a welding time long enough to be reproducible. Also, the workpieces must be in reasonably intimate contact at the weld area without excessive electrode force. If the workpieces are deformed so that contact is not intimate to the weld zone, an excessively high force may be needed to overcome the deformation. Variations in weld strength and quality often result from the variations in electrode force required to bring the workpieces into proper contact, especially in the spot welding of

**Fig. 17 Effect of electrode force on the lobe curve of hot rolled HSLA steel.** Source: Ref. 5



stampings, formed workpieces, or thick sections of work metal. This is especially true when welding HSLA steels. Because of the high strength of these materials, they have considerably higher springback and thus require higher electrode forces than plain carbon steel.

Sometimes, a squeeze time longer than that normally used is needed to force the workpieces together. Also, because of the possibility of springback, hold time must be sufficiently long to permit solidification of the weld metal.

Because variations in electrode force cause changes in resistance and heating, these force variations can cause changes in the size and location of the lobe curves and current level as seen in Fig. 17. Increased electrode force shifts the curves to higher current levels. This shift in the lobe curve indicates that weld current and weld time combinations which produced acceptable weld nuggets at one electrode force may no longer produce acceptable weld nuggets at the new electrode force. Thus, care should be taken when making electrode force changes, especially in alloys that have a limited acceptable weld current range, such as some of the more difficult HSLA steels with yield strengths above 100 ksi.

**Effect of Time on Heating**

The effect of time on the temperature distribution in workpieces and electrodes during spot welding is shown by the two curves in Fig. 8. The inner curve represents the temperature in each zone after 20% of the weld time has elapsed and shows that the temperature rise at the faying workpiece surfaces (point *d*) during this period is proportionately lower than in the other zones in relation to temperature rise during the remainder of weld time.

The heat (energy) formula  $H = I^2Rt$  shows that, with the total resistance held constant, the amount of heat generated in

any part of the circuit is proportional to both the weld time (the time the welding current is on) and the square of the welding current. Because heat transfer is a function of time, the time required for development of the proper nugget size can be shortened only to a limited extent, regardless of how much the current is increased. Pitting and spitting (expulsion of metal), especially at the electrode contacting surfaces, results when the heat is generated too rapidly at the three contacting surfaces (zones *b*, *d*, and *f* in Fig. 8).

Some reduction in weld time can be accomplished if the welding current, initial pressure, and follow up pressure are increased. Higher initial pressure is needed to prevent spitting, because of the increase in current. Higher follow-up pressure and fast follow up are needed to maintain firm contact and adequate pressure of electrode on the workpiece until the metal of the weld has solidified.

The welding cycle is divided into four major time segments: squeeze, weld, hold, and off. These are shown in Fig. 18.

Squeeze time is an interval of delay between closing of the initiating switch and application of the welding current. It provides time for the solenoid-actuated head cylinder valve to operate and for the welding head to bring the upper electrode in contact with the workpiece and develop full electrode force. This time should be sufficient to ensure that the parts have maintained intimate contact.

Weld time is the interval during which the welding current flows through the circuit. On many HSLA steels, a slightly longer weld time than normally applied for plain carbon steel has been noted to broaden

the lobe curve and thus increase acceptable weld current ranges.

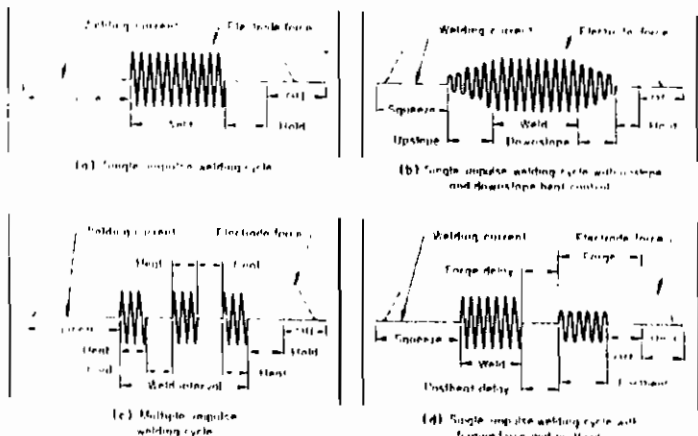
Hold time is the interval during which, after the welding current is off, the electrode force is held on the workpiece until the metal of the spot weld has solidified. Some HSLA materials are hold-time sensitive. With hold times as great as 30 to 60 cycles ( $1/2$  to 1 s), these materials tend to experience interfacial tearing when peel tested.

Off time is the interval from the end of the hold time until the beginning of the squeeze time for the next cycle. In an automatic cycle, off time is the time needed to retract the electrodes and to index, remove, or reposition the work. In manual operation, it is not fixed as a maximum period by the control equipment, but depends on time taken by the operator to start a new cycle. Figure 18(a) shows the relative durations of these four basic segments for a single-impulse RSW cycle. All of the segments are usually expressed in cycles, meaning the number of cycles in a 60-cycle system, where one cycle is  $1/60$  s.

The simplest welding cycle supplies uniform welding current and electrode force throughout the weld interval, but the addition of slope control enables the welding current to be varied. As shown in Fig. 18(b), a welding cycle that incorporates slope control has an increase in current before the weld and a decrease after the weld.

Upslope permits the welding current to be increased over several cycles from a low value to that needed for welding, instead of having the full welding current applied instantly. A low initial or welding current reduces or prevents expulsion of metal, or

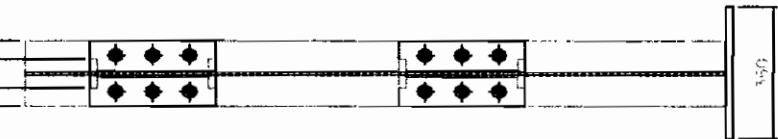
**Fig. 18 Types of RSW cycles**



**ANEXO H**

**PLANOS DE CONSTRUCCIÓN**

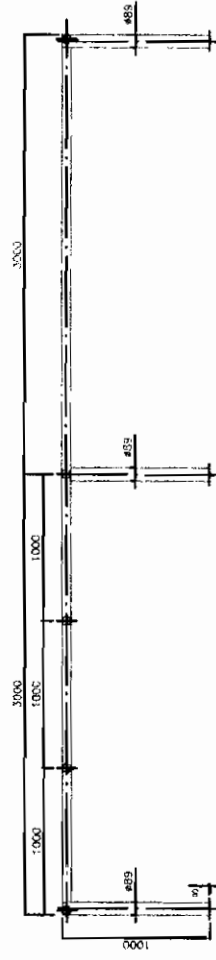
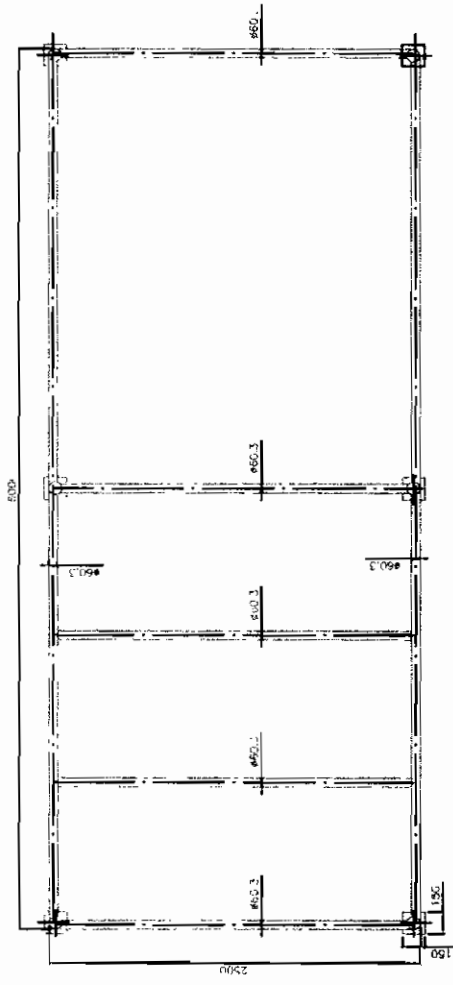
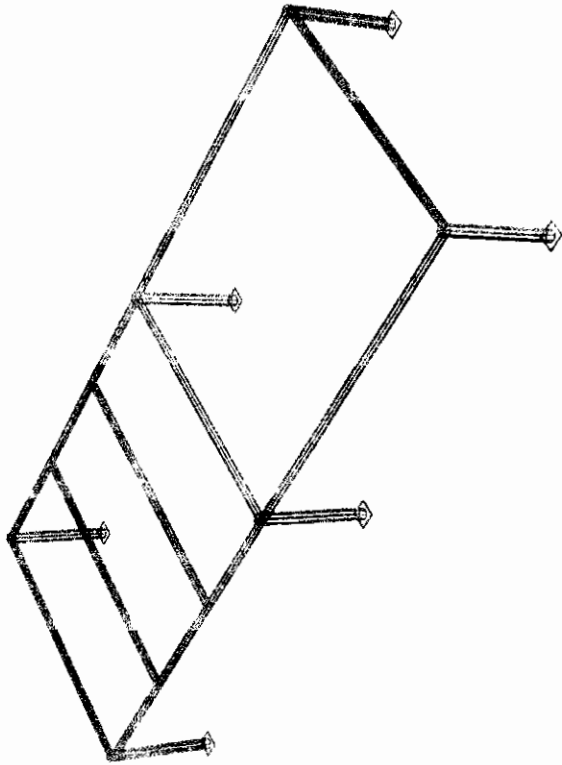





560	340	485	540	175
-----	-----	-----	-----	-----



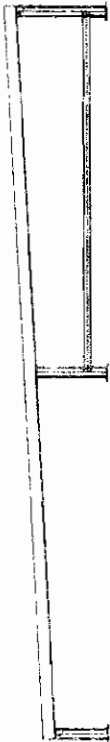
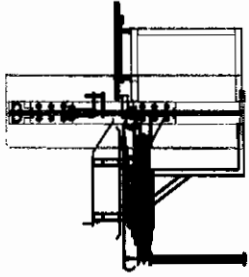
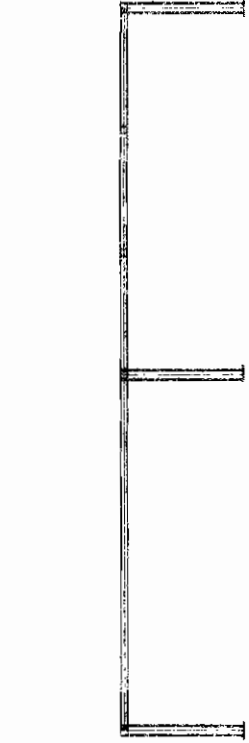
<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
		Dibujó 03-09-15	C. Silva
SOLDADORA MULTIPUNTO		Revisó 04-02-17	Ing. Martínez
		PLANC. No. <b>01</b>	
ESCALA	CONTIENE	MATERIALES	
	1:20		
Acero Estructural A36		MASA (Kg)	




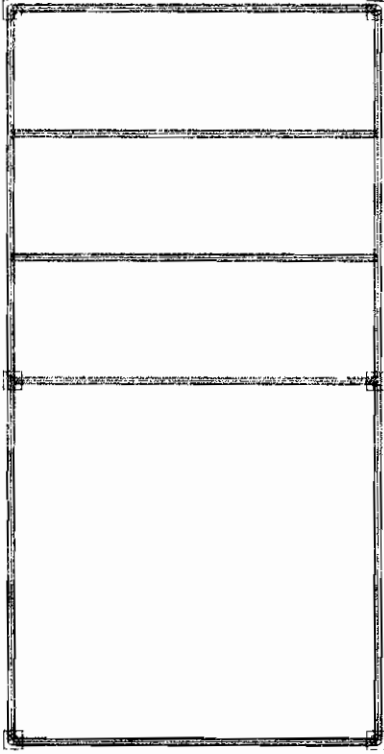
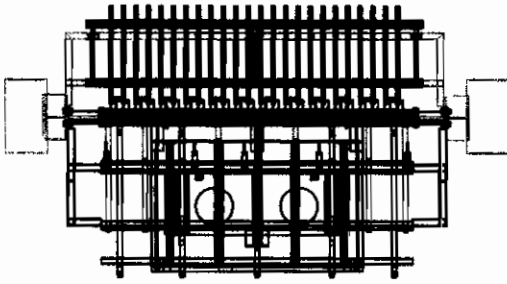
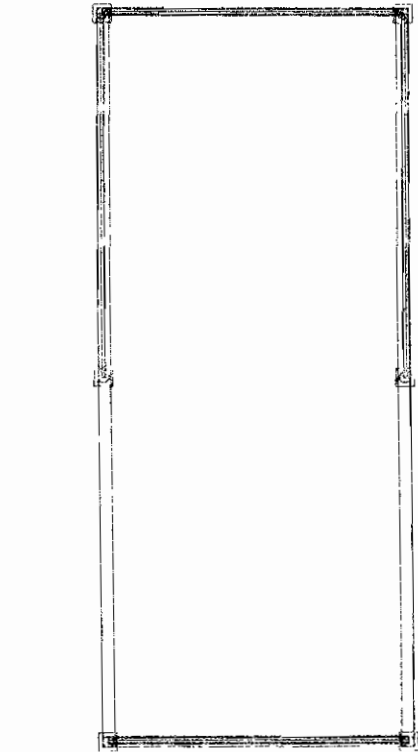
ESCALA 1:50

<p><b>FIMCP - ESPOL</b></p>		FECHA	NDIMURÉ
		09/15/07	C. Sibuc
<p>PROYECTO</p>		PLANO	Nº 02
<p><b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b></p>		CONTIENE:	<p>Mesa de alimentación de material</p>
<p>ESCALA</p>		MATERIALES	<p>Tubería de acero cédula 40</p>
		<p>MASA (Kg)</p>	




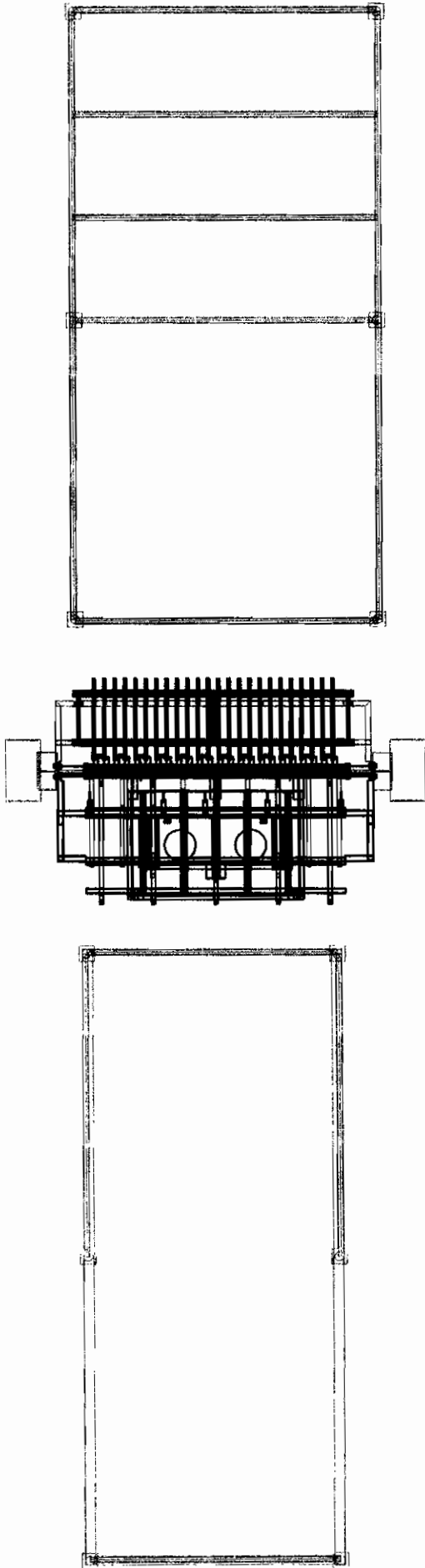


<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
		Dibujó: 00-09-15 C. Sosa	
<b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b>		Revisó: SA-02-11	Int: Miro-Vinaz
		PLANO N°	
PROYECTO		<b>03</b>	
ESCALA:		CONTIENE:	
		<b>Sistema. Vista lateral</b>	
<b>1:60</b>		MATERIALES	
		MASA: (Kg)	



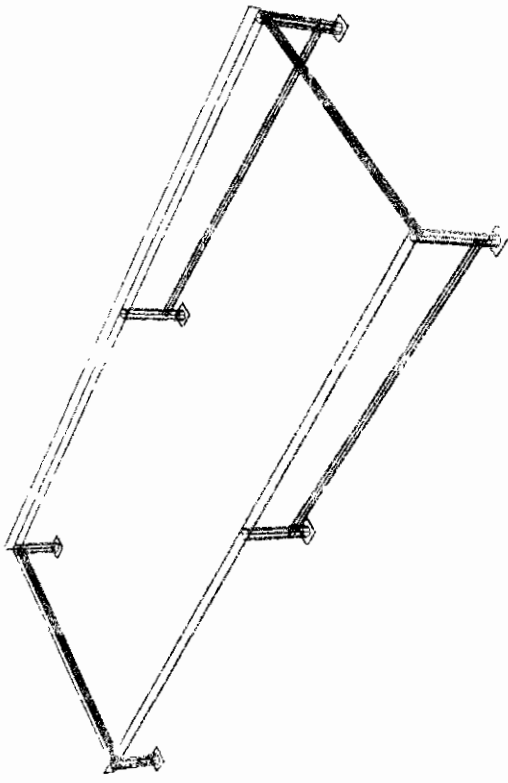
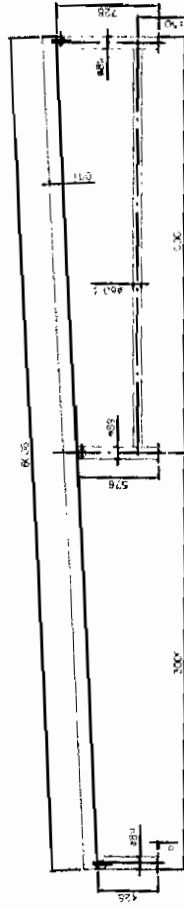
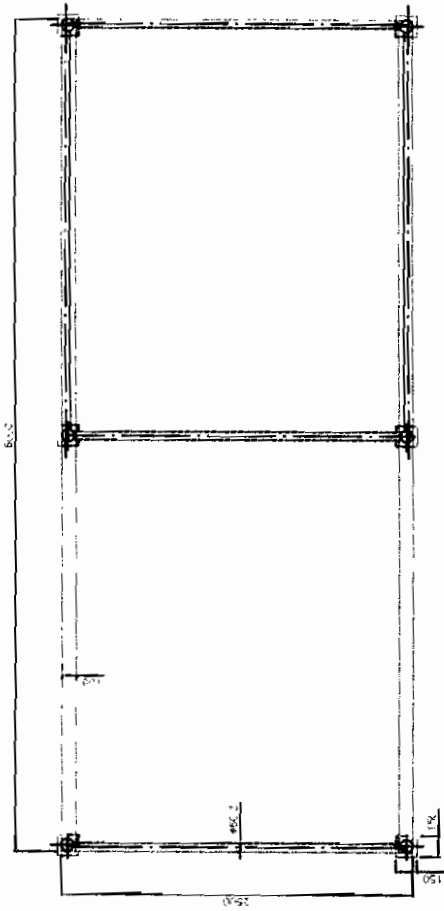
ESCALA: 1:60

<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA:	NOMBRE:
		Dib. G. 03-05-15	C. Silva
<b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b>		Revis. 04-02-15	ing. Norbert
		PLANO No. <b>04</b>	
PROYECTO:	CONTIENE:		
ESCALA:	<b>Vista de Planta del sistema</b>		
	<b>1:60</b>		
		MATERIALES:	
		MASA (Kg)	

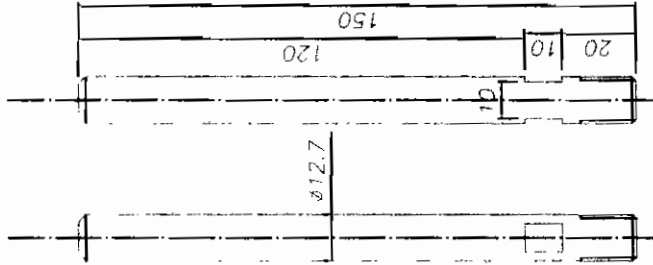
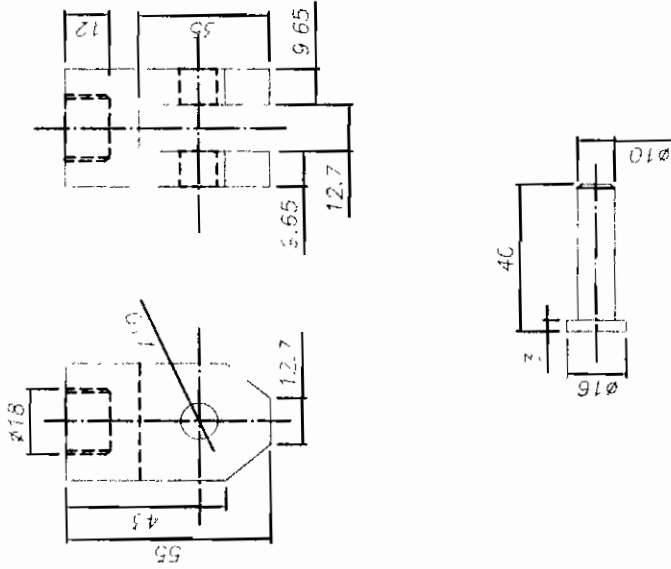
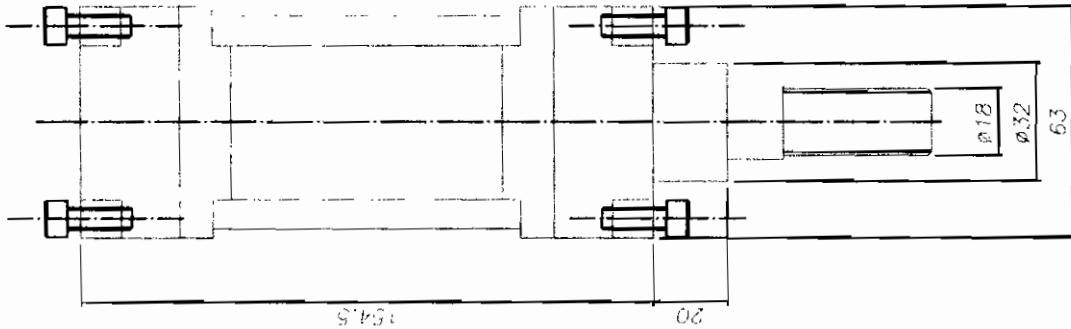


ESCALA: 1:1

<b>FIMCP - ESPOL</b>		FEC-146	Nº MBPE
		Dir. 10 / 03-10-11	C. 1/16
PROYECTO: <b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b>		Revis. 04-02-12	Inq. - ref/frez
ESCALA: <b>1:60</b>		PLANO Nº <b>04</b>	
CONTIENE: <b>Vista de Planta del sistema</b>		MASA (Kg)	
MATERIALES:			

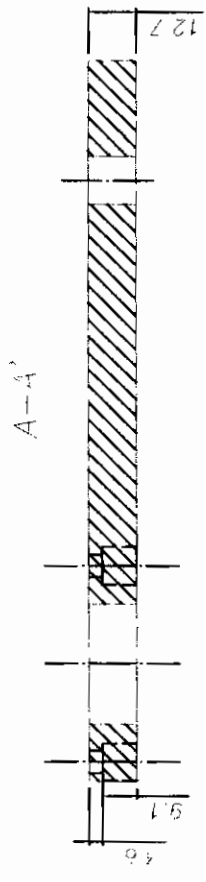
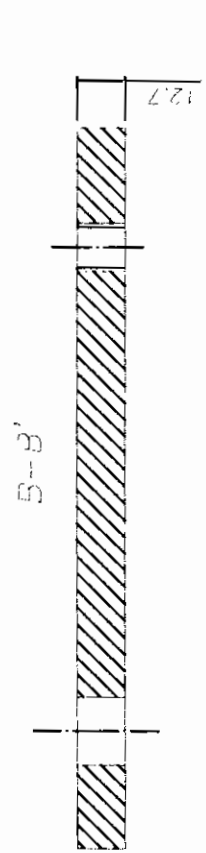
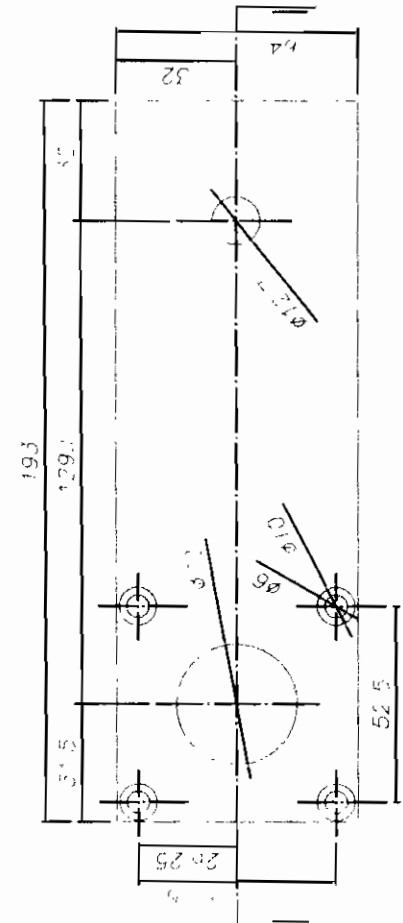
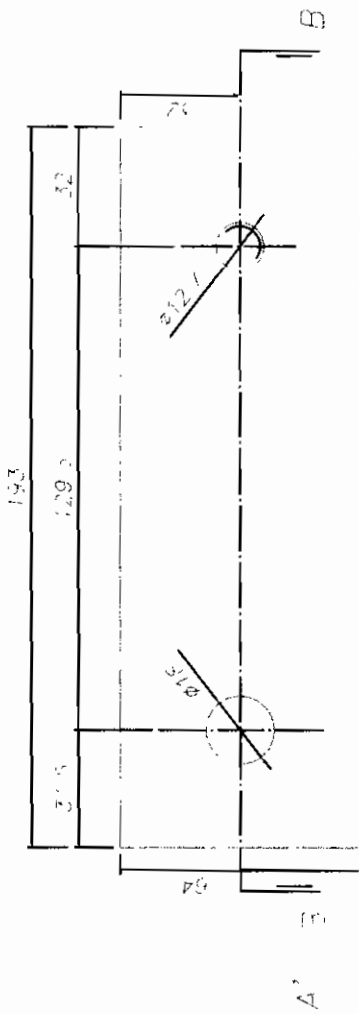


<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
		008	03-10-02
<b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b>		008	03-10-02
		008	03-10-02
ELEMENTO		PLANO N	
ESCALA		<b>05</b>	
CONTENIDO		<b>Mesa de salida de producto</b>	
TUBERIALES		<b>Tubería de acero cédula 40</b>	
MASA (Kg)			

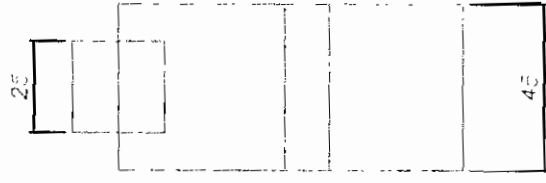
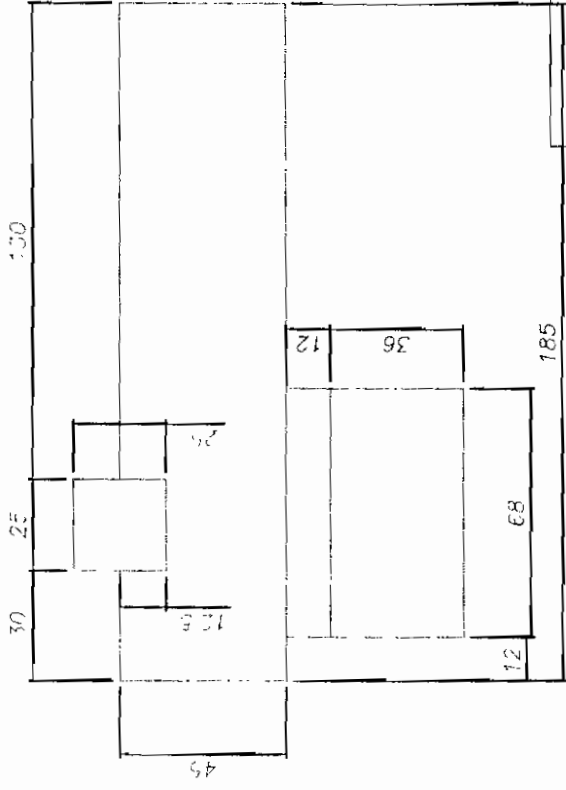
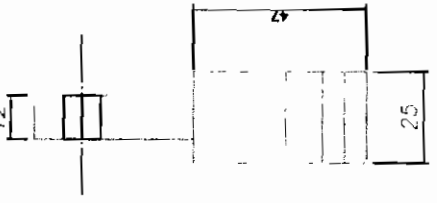
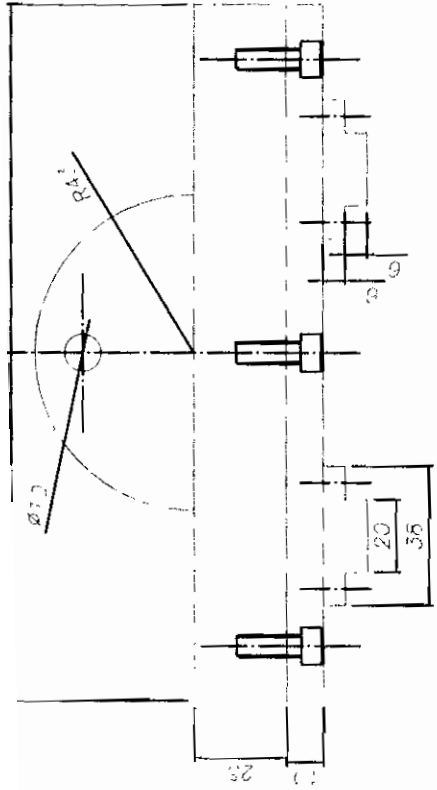


FIMCP - ESPOL		FECHA	ACOMBIERE
SOLDADORA MULTIPUNTO		03-08-13	C. Silva
PROYECTO		Revisó	06-02-13
ESCALA		Ing. Martínez	
CONTIENE		PLANO No.	
1:2		06	
Electrodo superior		MASA (Kg)	
MATERIALES (1) Cilindros neumáticos (2) Acero cromado			





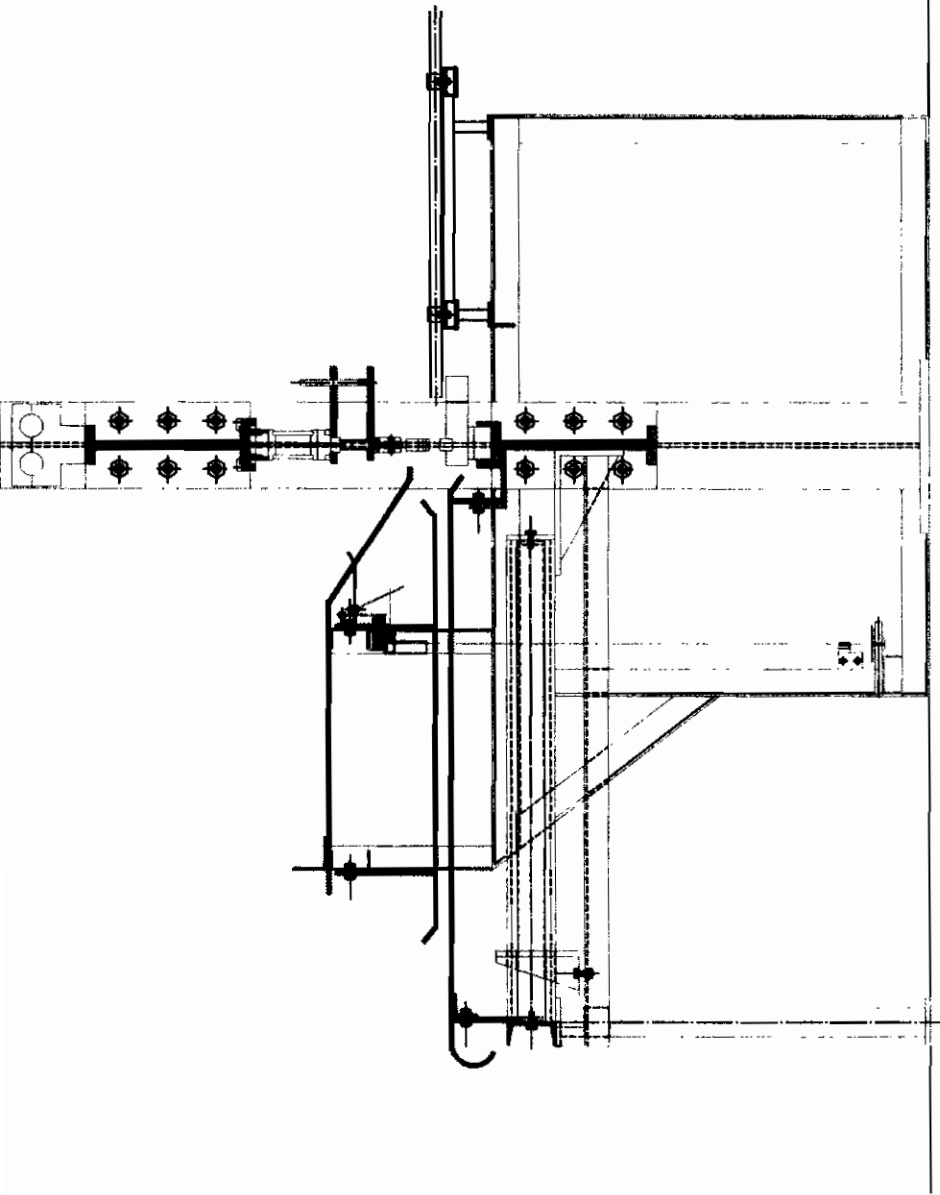
FIMCP - ESPOL		ESCALA	CONTIENE	MASA (Kg)
SOLDADORA MULTIPUNTO		1:2	Placa anti giro del electrodo	07
PROYEC.			Acero Estructural A36	
Edific	03-08-15	C. Sino		
Proyab	04-17-10	Eng. Martinez		
CARGO No.				



<b>FIMCP - ESPOL</b> SOLDADORA MULTIPUNTO		FECHA	NUMBRE
		Diseño: 93-09-11 Revisó: 94-02-11	L. Silva Ing. Martínez
PROYECTO		PLANO No	
ESCALA 1:2		<b>08</b>	
CONTIENE <b>Puente entre electrodos</b>		MASA (Kg)	
ESCALA 1:2		MATERIALES	

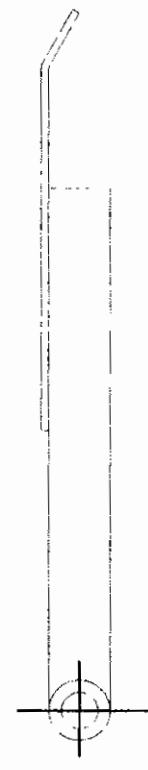
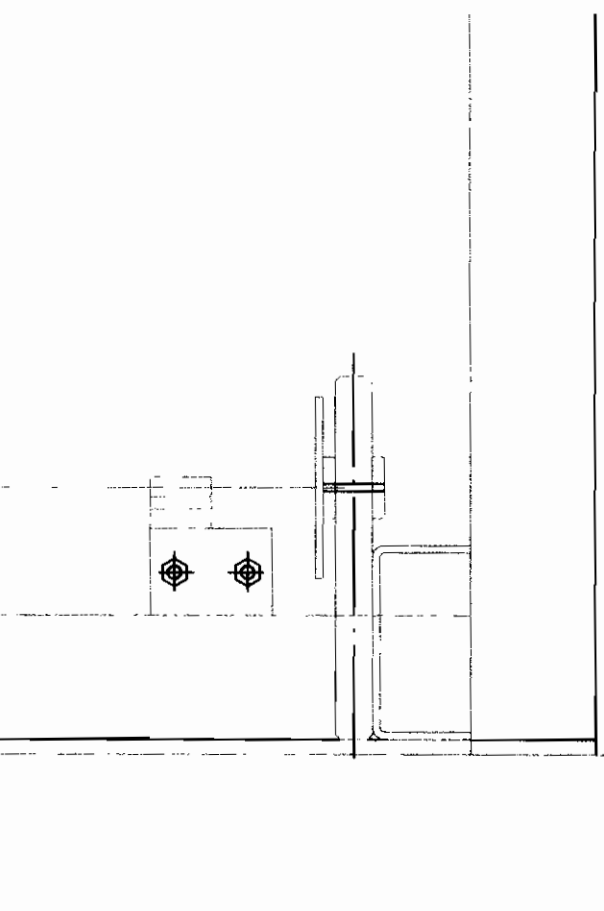


(7) A...

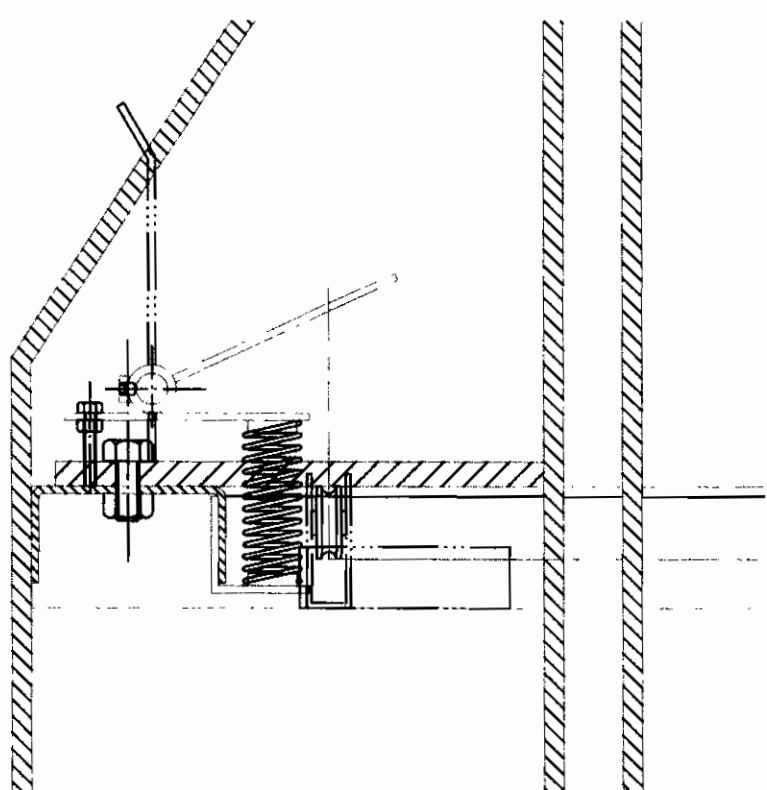


<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
		03-09-19	C. Silva
<b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b>		Revisó	ing. Martínez
		P.-J.M.C. N.C.:	
P.P.C. E.C.T.O.		<b>09</b>	
ESCALA <b>1:15</b>	CONTENIDO <b>Vista lateral y alimentación de varillas</b>	MATERIALES <b>Acero Estructural A36</b>	






ESCALA 1:3



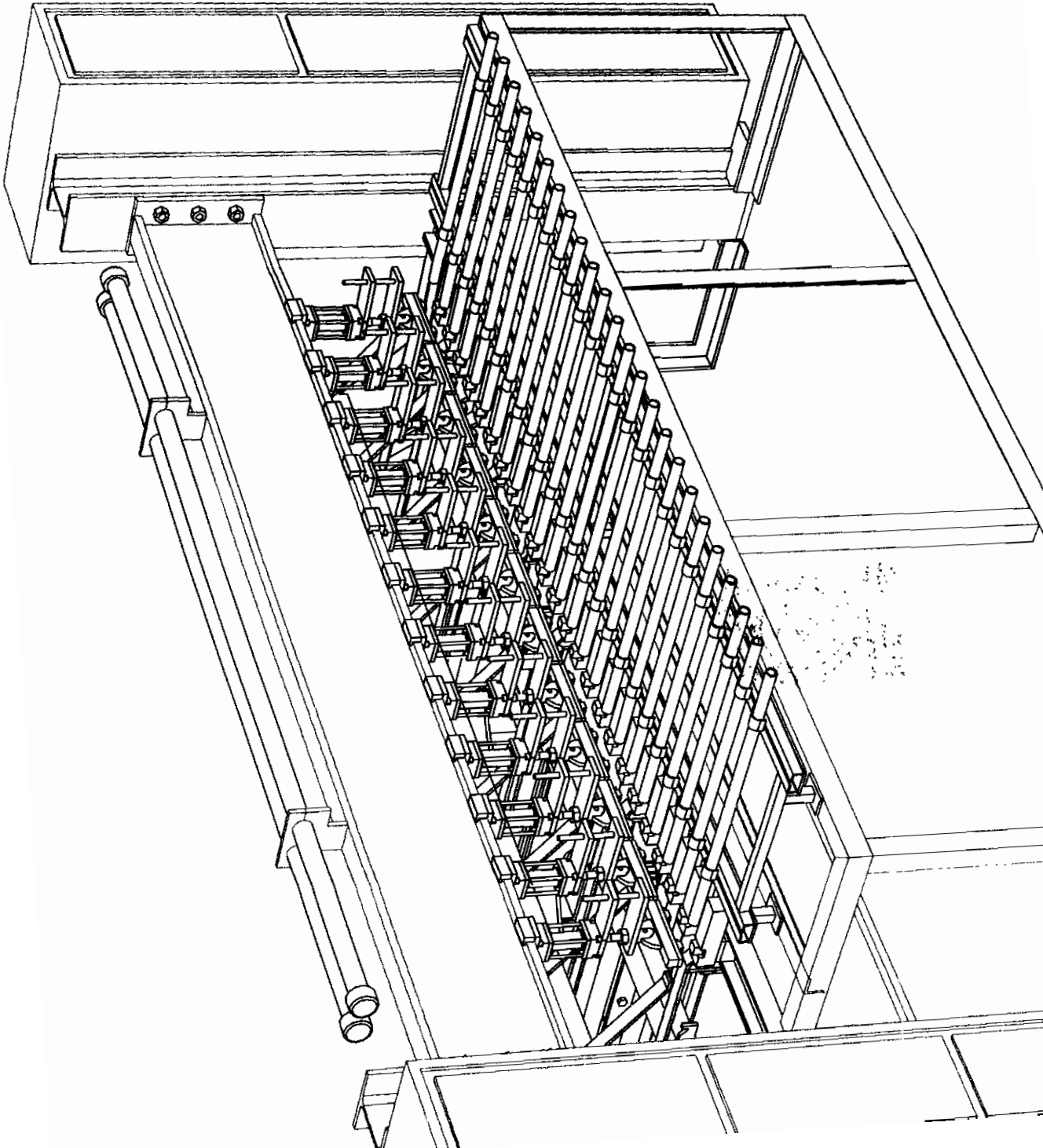
ESCALA 1:3

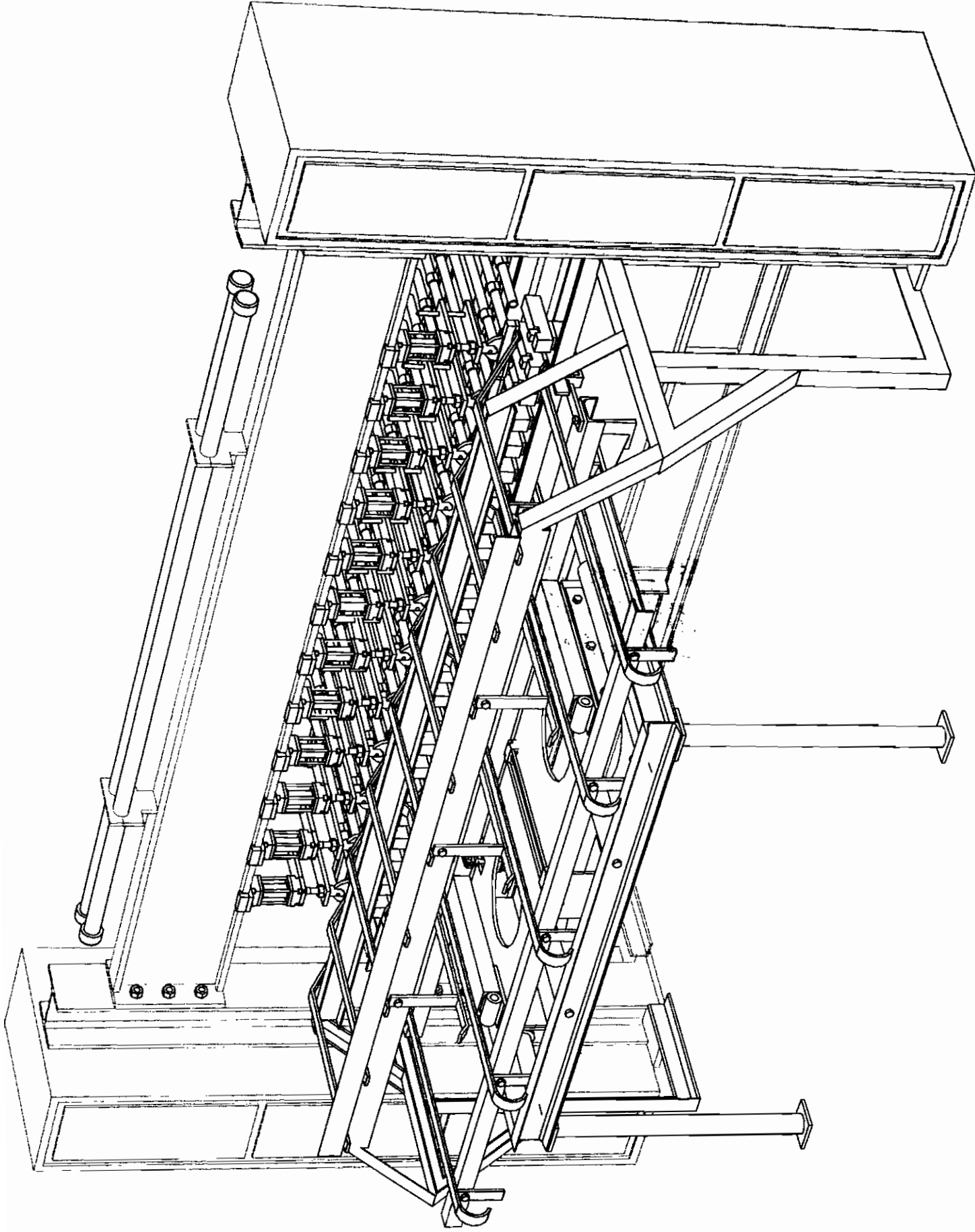


<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
		Dibujó 499966	C. Silvio ing. Martínez
<b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b>		PLANO No <h1 style="text-align: center;">10</h1>	
PROYECTO:	ESCALA: <h1 style="text-align: center;">1:3</h1>	CONTIENE: <b>Mecanismo de alimentación transversal</b>	MASA (Kg)
		MATERIALES: <b>Acero Estructural A36</b>	







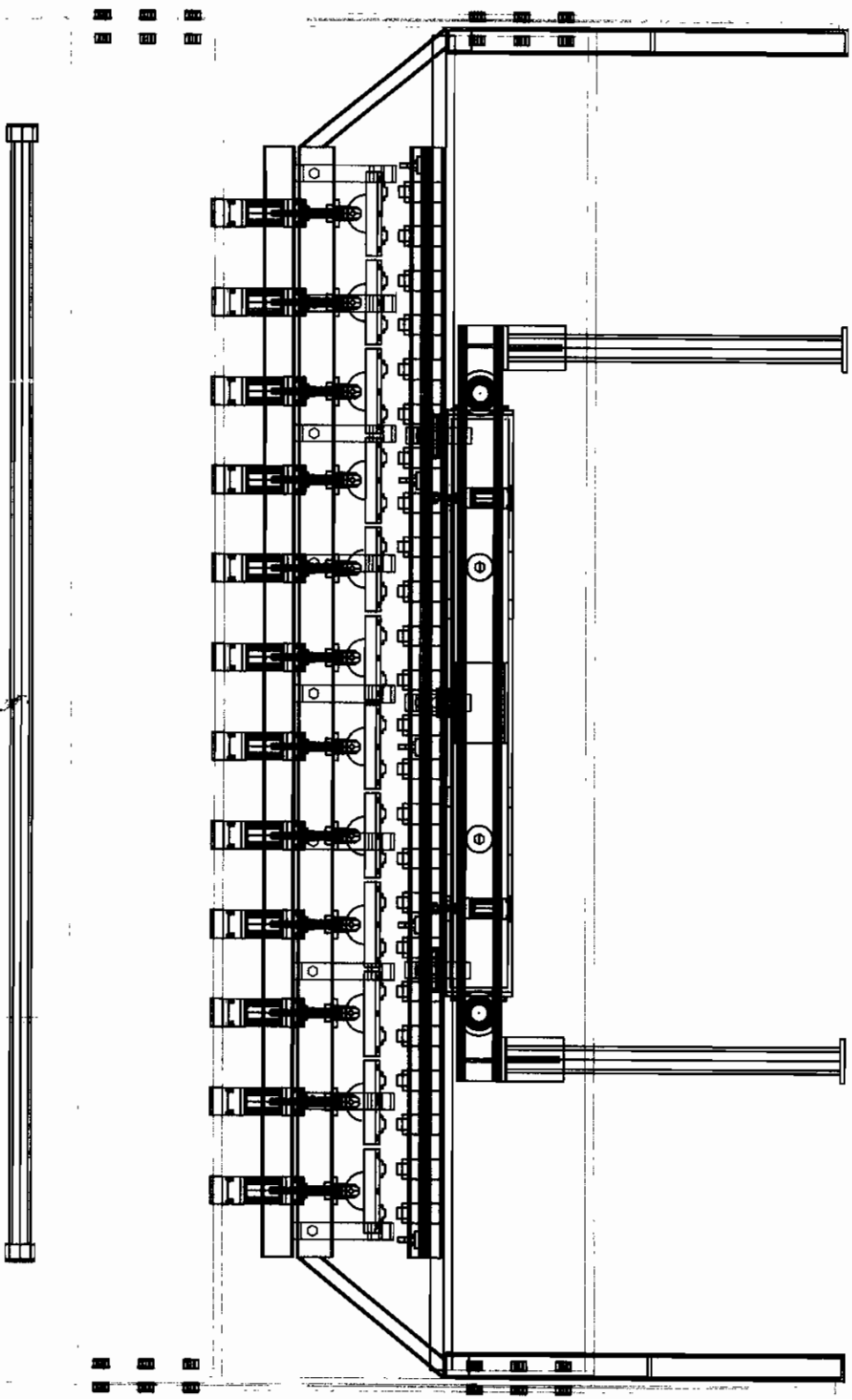


FECHA		NOMBRE	
Dibujó	03-08-15	C. Silva	
Revisó	04-02-10	Ing. Martínez	
PLANO No.:			
<b>13</b>			
PROYECTO			
<b>FIMCP - ESPOL</b>			
<b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b>			
ESCALA:	CONTIENE:		
	<b>Proyección general</b>		
MATERIALES:			
ASA (Kg)			



FIMCP - ESPOL  
SOLDADORA MULTIPUNTO

Vista frontal de la máquina  
1:25



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

Inserto: Pieza de cobre de forma cúbica que se coloca sobre la base del electrodo inferior y sobre la cual se ubica el alambre que va a ser soldado. Debido al desgaste, esta pieza se cambia con frecuencia. Los electrodos superiores también tienen sus insertos, pero estos no son de forma cúbica.

Multielectrodos: Dos o más puntos de soldadura en una máquina de soldadura por resistencia. Cada punto consta de un par de electrodos.

Malla electro soldada: Construcción realizada con alambres entrecruzados ortogonalmente formando retículas de acuerdo a normas estandarizadas. Es ampliamente utilizada en la construcción.

Electrodo: Elemento por el que pasa la corriente que servirá para fundir la interfase entre los dos alambres.

Acero trefilado: Alambres de acero obtenidos mediante un proceso de estirado en frío para reducir su diámetro hasta el diámetro deseado.

Acero grafilado: Alambres trefilados con un resalte logrado con un dado especial durante el proceso de estirado en frío.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC), Load & Resistance Factor Design Manual of Steel Construction, 1986.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, Manual de materiales, 1976.
3. AMERICAN SOCIETY OF METALS, Metals Handbook, Novena Edición. Volumen 6, Welding; 1985.
4. ANDEC S. A., Folleto sobre mallas electro soldadas, 1999.
5. AVALLONE EUGENE y BAUMEISTER III THEODORE, Manual del Ingeniero Mecánico, Novena Edición, Editorial McGraw Hill 1997. Tomo I.



6. DE VEDIA L., "Soldadura" (Séptimo Curso Panamericano de Metalurgia. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico-OEA. Facultad de Ingeniería Mecánica , Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1983).
7. DEPERT W. y STOLL K., Dispositivos Neumáticos, Editorial Marcombo/Boixareu, 1974
8. FESTO®. Manual Didáctico de neumática básica.
9. OXFORD REFERENCE, "A Concise Dictionary of Physics", Primera Edición;1990.
10. SHIGLEY JOSEPH y MISCHKE CHARLES, Diseño en Ingeniería Mecánica, Quinta Edición, Editorial McGraw Hill, 1998.
11. SINGER FERDINAND y PYTEL ANDREW, Resistencia de Materiales, Tercera Edición, Editorial Harla, 1990.