



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**"CUAUTITLAN"**

**PROYECTO PARA AUTOMATIZAR UNA LINEA DE  
ENSAMBLE DE AUTOMOVILES EN LA SECCION  
DE ARMADO DE CARROCERIAS.**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**EDUARDO CREIXELL ORDORICA**

*DIRECTOR DE TESIS:*

*F. JORGE CANTU VILLAREAL*

**CUAUTITLAN, EDO. DE MEX.,**

**1982**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

- T E M A R I O -

HOJA N°.

I. -	INTRODUCCION	1
1.1	PORQUE DEL TRABAJO	1
1.2	LAS HERRAMIENTAS DE ENSAMBLE	6
	A) CLASIFICACION	9
II. -	DISPOSITIVOS MANUALES	18
2.1	GENERALIDADES	18
2.2	NORMAS DE DISEÑO PARA UN HERRAMENTAL MANUAL	24
2.3	PROCESOS DE MANUFACTURA	36
2.4	APLICACION Y USOS	50
2.5	ESTUDIO ECONOMICO	53
	A) COSTO DEL DISEÑO Y LA MANUFACTURA	56
	B) COSTO DE OPERACION	57
	C) COSTO DEL MANTENIMIENTO Y ENERGIA	73
	D) COSTO TOTAL	74
2.6	SUMARIO	77
III. -	DISPOSITIVOS AUTOMATICOS	79
3.1	GENERALIDADES	79
3.2	PRINCIPIOS DE MANDO Y REGULACION	83
3.3	FUENTES DE ENERGIA PARA ORGANOS DE MANDO Y TRABAJO	88
3.4	CLASIFICACION DE LOS ORGANOS DE MANDO	95
3.5	PRINCIPIOS DE MANDO EN CIRCUITOS NEUMATICOS	99
3.6	DISEÑO Y REALIZACION DE UN MANDO AUTOMATICO - NEUMATICO	104
	A) METODO GENERAL	105
	B) METODO DE CASCADA	112
	C) METODO PASO A PASO	118
3.7	ESTUDIO ECONOMICO	125
	A) COSTO DEL DISEÑO Y LA MANUFACTURA	126
	B) COSTO DE OPERACION	126
	C) COSTO DE MANTENIMIENTO	128
	D) COSTO DE LA ENERGIA	130
	E) COSTO TOTAL	135
3.8	SUMARIO	137

IV. -	DISPOSITIVOS DE SOLDADURA	140
4.1	GENERALIDADES	140
4.2	SOLDADURA POR RESISTENCIA	142
	A) INTRODUCCION	142
	B) CONDICIONES GENERALES PARA SOLDADURA POR RESISTENCIA	150
	C) PROCESOS PRINCIPALES PARA LA SOLDADURA POR RESISTENCIA	151
4.3	DISPOSITIVOS PARA SOLDAR	166
4.4	PROPUESTA PARA INSTALAR UN DISPOSITIVO AUTOMATICO	178
4.5	SUMARIO	182
V. -	EL ROBOT INDUSTRIAL	184
5.1	GENERALIDADES	184
5.2	COMPONENTES BASICOS	189
5.3	CONFIGURACION MECANICA	194
5.4	CONSIDERACIONES PARA INSTALAR UN ROBOT	199
5.5	EL ROBOT INDUSTRIAL EN LAS PLANTAS DE ENSAMBLE	206
VI. -	CONCLUSION	210
VII. -	ANEXOS	220
7.1	INDICE DE FIGURAS	220
7.2	INDICE DE TABLAS	223
7.3	INDICE DE GRAFICAS	224
7.4	INDICE DE CIRCUITOS	225

BIBLIOGRAFIA

## I. - INTRODUCCION

### I.1 Porqué del Trabajo

El haber estado trabajando ya por 4 años en el seno de una industria automotriz, ha hecho que se desarrolle en mí el deseo de conocer mas y mejor a este gran complejo que es el automóvil y su industria.

Todos conocemos los automóviles y la gran importancia económica, social y desde luego ingenieril que estas máquinas han adquirido en menos de un siglo desde su invención.

Sin embargo, son pocos los que conocen el secreto y el gran esfuerzo humano que hay detras de cada pieza automotriz.

Muchos ingenieros e investigadores han dedicado toda su vida a mejorar esta maravilla que ha acortado las distancias y ha hecho posible que podamos desplazarnos de un lugar a otro de una forma cómoda, segura y rápida.

Cada día el público consumidor exige mas de los autos que adquiere.

Además de cómodos, silenciosos, amplios, seguros, los autos deben de ser bellos y ahora sin duda muy económicos.

Pues bien, esto resulta una paradoja, pues aunque no sería fácil hacer un auto con esas características, aumentando terriblemente los costos, es una labor aún más difícil mejorar el producto sin gravar fuertemente los precios, más aún considerando la depreciación del dinero que es un factor mundial y que afecta desde luego, a todos, pero en forma muy peculiar a la industria automotriz.

Aunado a ello, hay que considerar que la demanda de autos y camiones es cada día más grande.

¿ Cómo puede la industria automotriz responder de una manera inteligente las demandas del público, tanto aumentando, calidad y productividad como reduciendo en lo posible sus costos de producción ?

¿ Cómo podrá la industria Mexicana concretamente competir con empresas superdesarrolladas como la Americana, la Alemana o la terriblemente pujante industria Japonesa ?

Estas preguntas ya las están contestando otros países en diversas industrias y la respuesta en la mayoría de los casos es la siguiente: automatizando en lo posible sus operaciones.

Desde luego que la automatización no lo es todo: para producir mejores pro

ductos y bajar precios, es necesario el trabajo de todos los que estamos relacionados con la industria: proveedores, transportistas, obreros, supervisores, diseñadores, administradores y altos ejecutivos, todos unidos trabajando para lograr que nuestras fuentes de trabajo sean mejores cada día.

Sin embargo, estamos involucrados en un sistema de competencia y para competir, es necesario que automaticemos en lo posible nuestras líneas de producción, logrando con ello aumentar la calidad y abaratar el producto.

La duda que asaltará de inmediato al lector será sobre el desempleo. ¿Qué pasará con los obreros o trabajadores que antes hacían la labor que ahora hará la máquina ?.

¿ No producirá un desempleo la automatización de una línea de ensamble ?

Una respuesta sincera necesitaría estar muy bien fundamentada. Si la automatización se hace sin una debida planeación, sí puede afectar el índice de desempleo. Sin embargo el crecimiento demográfico y económico del país ha agrandado la demanda de productos, por lo cual sería sumamente difícil que la mano de obra calificada ( y tan difícil de encontrar ), fuera desplazada. Mas bien se tendría que pensar en una relocalización de puestos.

Hay que poner a la máquina a hacer labores de máquina y relocalizar al hombre a puestos donde se requiera de creatividad.

Por desgracia se piensa en el robot como una máquina semi-humana extraída de una película de ciencia ficción que hará las funciones de uno o varios operarios, desplazando a éstos de sus fuentes de trabajo.

Lo que pasa en realidad, es que por falta de tecnología o de recursos se han empleado por muchos años a personas, individuos concretos y potencialmente capaces de pensar, decidir y crear a hacer operaciones repetitivas, cansadas o incluso riesgosas para su salud, que nada tienen de creadoras o de humanas.

Porque el hombre fué hecho para crear. Fué dotado de pensamiento, de voluntad y de sentimientos no solo para hacer operaciones repetitivas y monótonas o hacer trabajos pesados y riesgosos que pongan en peligro su salud o su integridad física.

¡ El hombre ha hecho por años labores que deberfan hacer las máquinas !

Dejemos el trabajo de las máquinas a las máquinas, ellas lo harán mejor sin duda y usemos nuestra capacidad creadora, fundamento y fin del ser humano, en labores donde éste se desarrolle.

No, los robots no tienen ni deben suplir al ser humano, sólo deben ayudarlo en su actividad diaria para lograr lo que todos buscamos; una vida mejor.

Esa, pienso debe ser la misión del ingeniero: utilizar sus conocimientos y su ingenio para transformar los medios naturales en productos y servicios para la persona.

Si ésta tesis sirviera para que las máquinas se pusieran al servicio del hombre aumentando la productividad y disminuyendo el esfuerzo físico de los obreros y operarios, el autor se sentiría profundamente halagado.

## 1.2 Las Herramientas de ensamble

Actualmente es difícil encontrar a una persona que no conozca un automóvil.

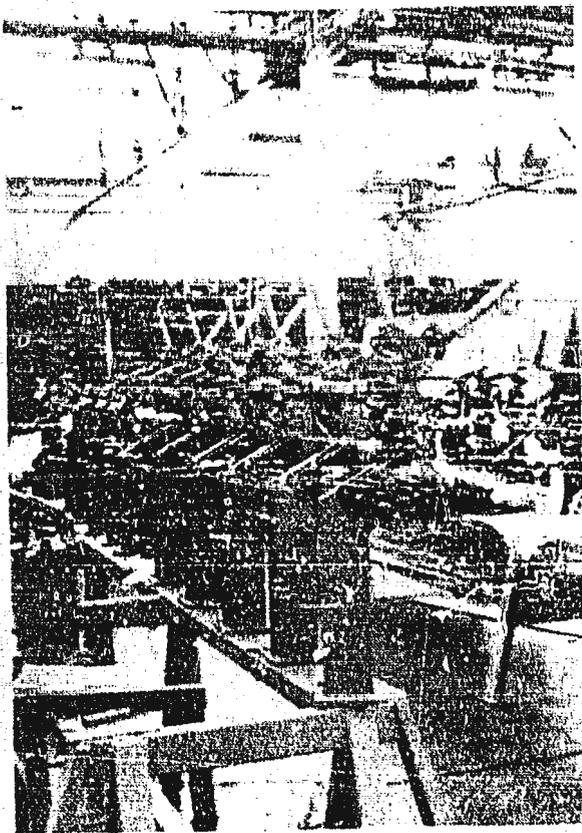
El lanzamiento de los nuevos modelos cada año crea una gran expectación, y las mejoras o modificaciones que los diferentes modelos van sufriendo, son causa de variados comentarios.

Todos tenemos una particular opinión sobre tal o cual modelo y marca, y - estamos mas o menos capacitados para poder opinar sobre el funcionamiento y características del producto.

Lo que muchas veces se ignora es toda la infraestructura mecánica y humana que se tiene que desarrollar para entregar al público consumidor un automóvil.

Además de los estudios y diseños que se hacen directamente al automóvil, - hay una gran industria que hace posible el que los autos y camiones salgan al mercado.

Me refiero a la industria que diseña y manufactura el herramental necesario para hacer un automóvil. O mejor dicho, miles de automóviles por año.



**FIG. 1.1 Juegos de Herramientas para Alta Producción**

Porque hacer un auto no es tan difícil, pero cuando se tienen que manufacturar hasta 90 unidades por hora, ( como sucede en algunas plantas ensambladoras norteamericanas ), y todos con las mismas características y calidad, la cosa se complica bastante.

Se necesita desarrollar un herramental que ayude al ensamble del auto en todas sus partes, desde los primeros punteos en la carrocería, hasta la colocación de una moldura o emblema en la línea final.

Sólo con una herramienta adecuada se podría lograr la homogeneidad y la productividad que la industria del automóvil exige.

Las herramientas tienen que poseer alta resistencia y durabilidad, puesto que van a someterse al durísimo trato que el obrero le da, y tiene que durar sin alterarse en su precisión, mientras que un modelo determinado este en producción con un mínimo de cuidado y mantenimiento.

También debe poseer mucha precisión pues solo así se lograrán ensambles homogéneos y con alta calidad.

Se puede asegurar que en gran parte, la calidad de los automóviles es determinada por la calidad de las materias primas y de la precisión de las herramientas de ensamble.

La forma, tamaño y usos del herramental es muy variado, pues existen herramientas para localizar, para prensar, para colocar, para pintar, para barrenar, para soldar, etc.

**A) Clasificación:**

Existen varias clasificaciones que pueden definirse a partir del:

**a) Tamaño de la herramienta.**

- Herramental mayor.
- Herramental menor.

**b) Accionamiento de la herramienta.**

- Accionamiento manual.
- Accionamiento neumático o hidráulico.

**c) Uso o tipo de la herramienta.**

- Para localizar.
- Para prensar o " encamplar "
- Para colocar.
- Para pintar.
- Para puntear.

**a) Tamaño de la herramienta:**

El herramental mayor consiste en todas aquellas herramientas que por su tamaño no pueden ser sostenidas por el operario ni pueden estar colgadas de polipastos eléctricos o neumáticos.

Estas herramientas son las principales en una línea y con ellas se arma la carrocería del automóvil.

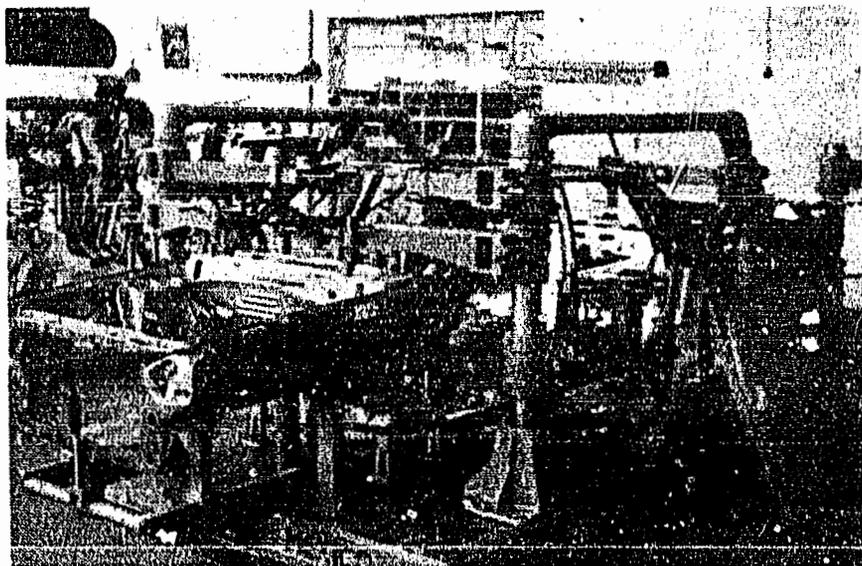


FIG. 1.2 Herramienta Mayor " Prensa Principal "

El herramental menor se usa como complemento y normalmente en operaciones posteriores a las del armado de la carrocería.

Son herramientas mas ligeras que pueden ser cargadas de algun polipasto o directamente cargadas por algún operario para su operación.

Su uso es muy variado. Hay herramientas de mano, que colocan molduras, que hacen todos los barrenos necesarios para colocar los emblemas o molduras, para fijar partes pequeñas como espejos, consolas, parrillas o que hacen subensambles como la de los faros, las defensas, o incluso las

parrillas o radiadores.

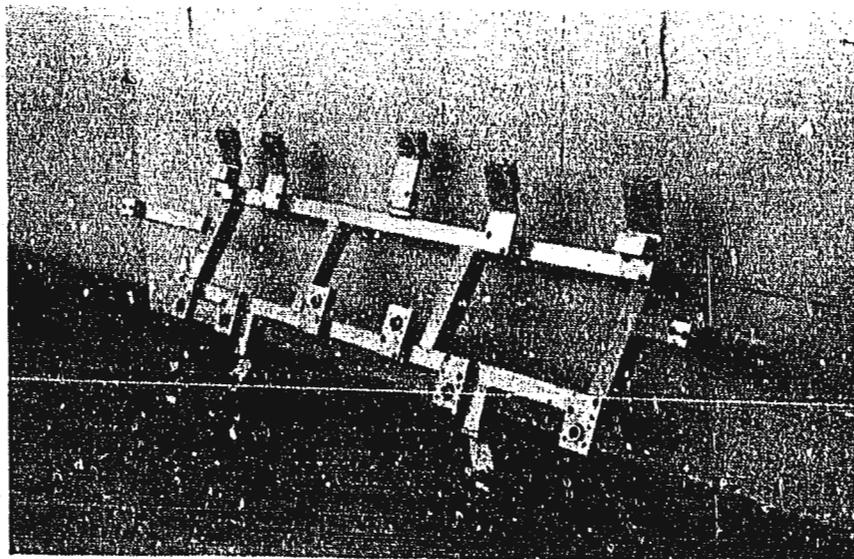


FIG. 1.3 Herramienta de mano para Barrenado del Panel trasero.

b) Accionamiento de la herramienta.

Esta clasificación es sobre todo para herramientas de mediano y gran tamaño, pues las herramientas de mano deben ser todas de accionamiento manual, valga la redundancia, para aumentar su ligereza y movilidad.

- Herramientas de accionamiento manual:

Se refiere al herramental mayor que no está ayudado de sistemas neumáticos o hidráulicos.

En ellos el operario debe accionar con su propio esfuerzo todas las prensas de fijación y los dispositivos de localización. Se usan en plantas de baja producción ( de 13 a 18 unidades por hora ).

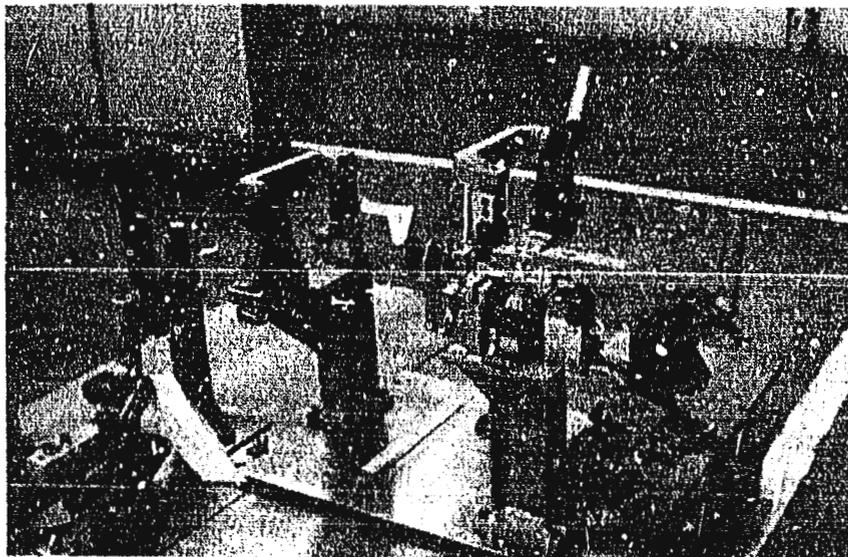
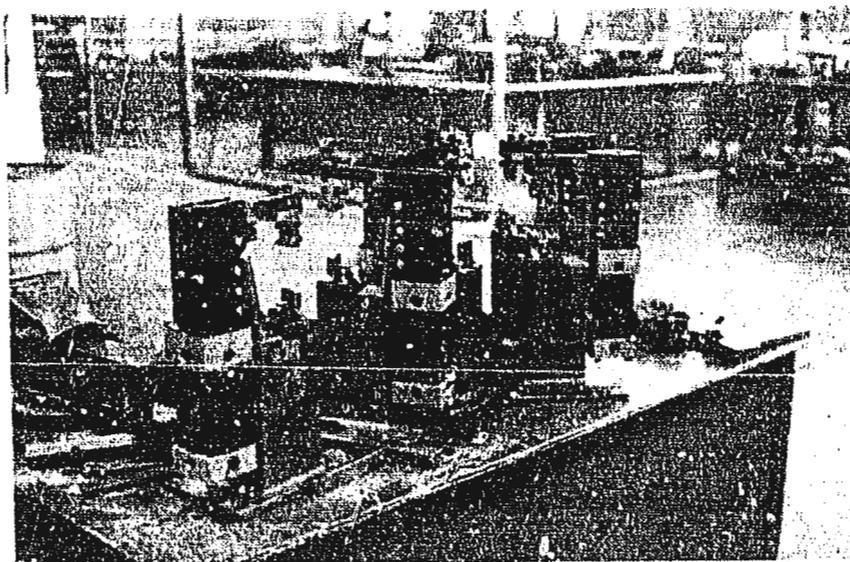


FIG. 1.4 Herramienta de Acción Manual para Baja producción.

- Herramientas de accionamiento neumático hidráulico:

En ellas se han sustituido las palancas por válvulas y cilindros que operan ya sea en forma semiautomática, o automática las prensas y dispositivos.

Se instalan principalmente en plantas de alta o mediana producción ( de 15 a 40 unidades por hora ).



**FIG. 1.5 Unidades Neumáticas usadas en plantas de Alta producción.**

**c) Por el uso o tipo de herramienta:**

Es la clasificación mas amplia, pues abarca cada uso específico de las herramientas.

Las mas importantes, tanto por su tamaño, como por su precisión son las prensas de sujeción que como su nombre lo indica, sujetan y localizan dos o mas materiales de la carrocería permitiendo que el operario pueda unirlos ya sea soldando o atornillando con facilidad y con alta precisión.

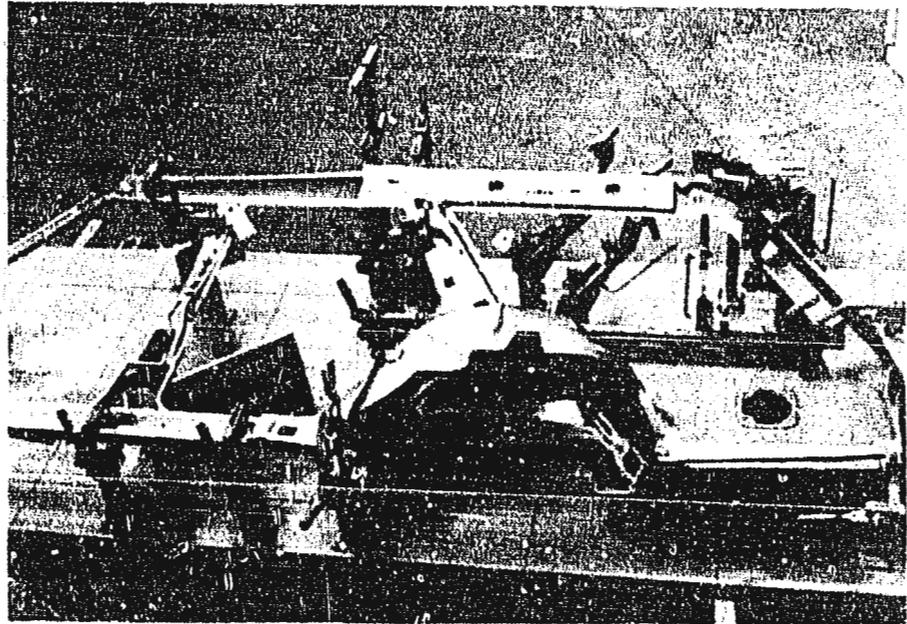


FIG. 1.6 Herramienta de Sujeción para Ensamblar el costado de una camioneta.

Existen también las herramientas de verificación o chequeo, que aunque no intervienen directamente, en la producción, son de gran importancia, pues con ellas se verifica que todos los ensambles hechos esten dentro de las tolerancias fijadas. Sin ellas se podrían acumular tolerancias que harían imposible unir en su sitio las muchísimas partes de que se compone un automóvil.

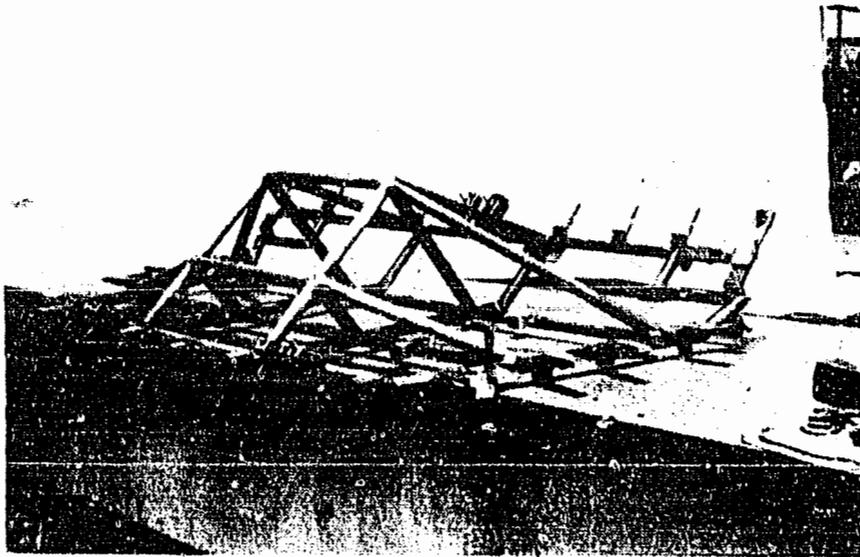


FIG. 1.7 Herramienta de Verificación.

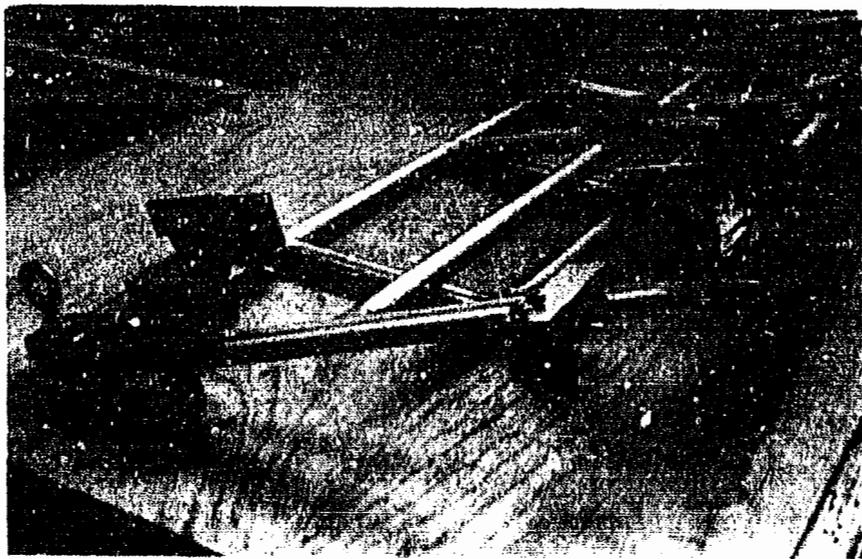


FIG. 1.8 Detalle de un Dispositivo de Verificación.

Otras no solo soportan, sino que hacen el trabajo, propiamente dicho, como las que colocan los parabrisas o los medallones, el frente, las defensas, molduras, etc.

El hacer una lista de todas las herramientas ( mayores y menores ) que se necesitan en una línea de ensamble, se llevaría varias hojas.

Basta decir que para un cambio de modelo en México ( donde el herramental es de baja producción ) y por ende mas sencillo que en plantas de alta producción ), son necesarios alrededor de 20 prensas mayores y como 50 herramientas de mano y esto considerando una de cada tipo para operaciones diferentes. Desde luego que después de desarrollar la ruta crítica, se ven los puntos donde son necesarios mas de una herramienta de cada tipo para que la velocidad de la línea sea constante.

Es común que plantas de alta producción requieran hasta 15 ó mas juegos de herramientas, una para cada línea de ensamble.

En realidad podemos concluir diciendo que los herramentales son tan diversos y variados como los mismos modelos automotrices. Sin embargo todos deben tener características en común: ser fuertes, precisos y ayudar al obrero a realizar de una manera mas fácil y rápida su trabajo, elevando al mismo tiempo la calidad del producto.

¿ Cual es el futuro de estas herramientas ?

Es difícil saberlo. En plantas armadoras de alta producción la mayoría de las herramientas manuales han sido substituidas por equipo automatizado, - tanto en el transporte, en la fijación como ahora recientemente en el soldado de ciertas partes con el uso de robots industriales controlados por computadoras.

## II. - LOS DISPOSITIVOS MANUALES

### 2.1 Generalidades

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, se hará referencia solamente al herramental mayor tanto en este capítulo como en los sucesivos, puesto que es éste, la parte medular de cualquier herramental.

Se entiende por herramienta de accionamiento manual, como su nombre lo indica, cualquier herramienta que sea operada directamente con el esfuerzo físico del operario, sin que se emplee ningún tipo de ayuda mecánica, neumática o hidráulica.

Estas herramientas se usan principalmente en las plantas de baja producción, como son las de México y Venezuela, por citar algunas.

Se entiende por plantas de baja producción, todas aquellas que produzcan menos de 15 unidades por hora.

Requieren éste tipo de plantas, de una o dos líneas de ensamble.

Las herramientas están presentes a lo largo de todo el recorrido que hacen los componentes del auto, desde que son pequeñas partes irreconoci-

bles, raras y hasta deformes, hasta que la unidad toma forma, se le colocan los elementos motrices, los acabados, la pintura, etc.

Sin embargo las herramientas mayores o principales estan situadas al principio de la línea de ensamble, donde es necesario unir las piezas de estampado de la carrocería con puntos de soldadura.

Como resulta lógico pensar, si la carrocería que actualmente hace la función de chasis y soporte de todas las demas partes de la unidad, es mal soldada, el automóvil saldrá defectuoso.

De ahí que se ponga un gran esmero en diseñar y construir el herramental adecuado.



**FIG. 2.1 Prensa de Accionamiento Manual para el subensamble de costados**

Las herramientas tienen dos funciones primordiales:

- 1) Localizar dos o mas partes en una posición determinada.
- 2) Fijar estas partes estampadas en esa posición deseada.

¿ Para qué ? Para lograr que el operario pueda unir, soldando, estas hojas metálicas y realizar un sub-ensamble, con alta precisión.

El tiempo de vida de una herramienta depende sobre todo de la frecuencia en que se da un cambio de modelo.

Como es de esperarse, a cada cambio de la carrocería corresponde un cambio del herramental.

La frecuencia y magnitud de estos cambios, son originados por estudios de mercado, de la aceptación o no aceptación de algún modelo o de cambios requeridos por el mismo desarrollo tecnológico.

Estos cambios, al afectar el herramental, repercuten directamente en los costos de producción sobre todo en países como México que no producen sus propias partes estampadas y que tienen que efectuar los cambios que les marque su proveedor.

Los automóviles Americanos son los que se caracterizan por cambios mas grandes y mas frecuentes, y ésto se debe a que gracias a la gran producción automotriz que tienen las plantas norteamericanas, amortizan su herramental en cortos períodos de tiempo con lo cual logran abatir costos.

Los Europeos son mucho mas conservadores en el aspecto de cambios drásticos en carrocerías, y conservan sus unidades por muchos años, solo variando pequeños detalles.

Sin embargo las plantas armadoras de autos americanos en México, no pueden hacer ésto pues sus partes son suministradas por los Estados Unidos, con lo cual se presentan frecuentes cambios en el diseño y manufactura de los herramientas, los cuales no se amortizan en el tiempo establecido, lo cual repercute directamente en el costo del producto.

En otros países como Brasil o Argentina al poseer sus propias prensas de estampado, se "congela" un modelo y se produce por varios años evitando así cambios de consideración en su herramienta, el cual solo se adapta o repara.

Otro factor muy importante es el volumen de producción. Este va variando lentamente de acuerdo a la expansión de la demanda de autos.

En México se usan actualmente las herramientas de tipo manual en la mayoría de las operaciones en la industria automotriz.

Incluso se tienen ya en casi todas las líneas 2 y hasta 3 juegos de prensas que a la fecha han dado muy buen resultado: Son herramientas fuertes, confiables, que requieren poco mantenimiento y son sencillas en su concepción y manejo.

Sin embargo la demanda va aumentando y no se puede pensar en seguir - aumentando el número de prensas para cubrir la demanda, sino en eficientar las ya existentes, automatizando la línea.

Mas adelante se hará una comparación entre las dos alternativas tomando en cuenta funcionabilidad, rentabilidad, productividad, etc.

## 2.2 Normas de diseño para un herramental manual

Para el diseño de estas herramientas, hay que tomar en cuenta infinidad de variables y sobre todo tener en mente la idea clara de lo que se necesita.

Lo primero que el diseñador de herramientas requiere, son los planos del producto a producir.

Estos planos son la fuente de datos, a los que el ingeniero diseñador acudirá para el diseño de su herramental.

En ellos se indican el número, tamaño, forma y disposición de todas y cada una de las piezas que van a constituir la carrocería primero, y el auto después, así como los espesores de cada lámina, los barrenos donde deben ser localizadas las partes mediante pernos ( barrenos de control maestros ); la cantidad y posición de los puntos de soldadura ( estudio de soldadura ); y las secciones del material donde puede ser sujetado o enclampado ( secciones de control maestras ).

Tanto estas secciones como los barrenos de localización están muy bien determinados mediante coordenadas que parten en la mayoría de los casos, de una línea cero que pasa en forma transversal al auto por la coraza del mismo, y con ella se relacionan todos los puntos hacia adelante o hacia atrás del auto.

Otra línea de partida, es el piso de la unidad mediante la cual se localiza - cualquier punto en sentido vertical.

Por último, existe una línea que parte al auto en un plano longitudinal al eje de simetría y es llamada línea central ( $\varrho$ ) y mediante la cual se localiza - cualquier punto hacia la derecha o hacia la izquierda, del auto. Ver. Fig. 2.3

De esta manera es fácil localizar cualquier punto deseado en el espacio, - sabiendo de inmediato, la zona de localización, inclinación, etc. en que se encuentre.

Este sistema de coordenadas en el espacio no solo se aplica a la carrocería o partes del producto en sí, sino que se hace extensivo al herramental que - sujetará y localizará dichas partes.

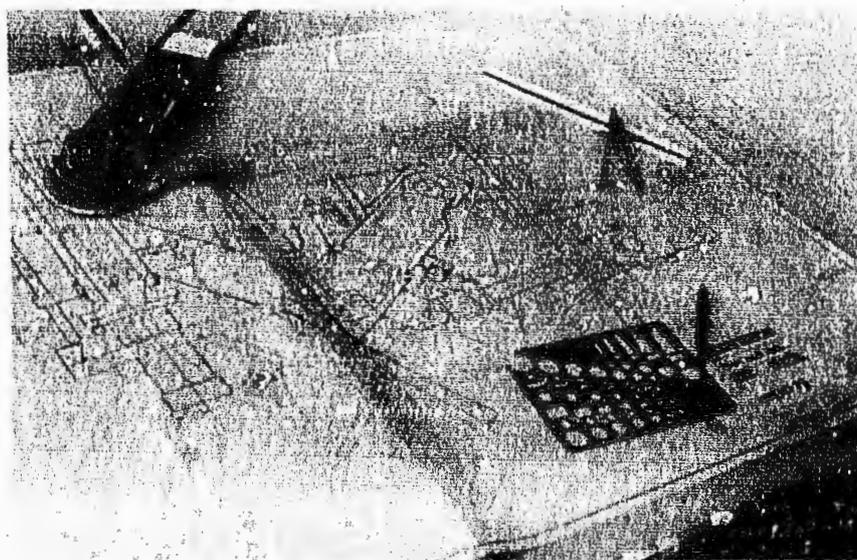


FIG. 2.2 Diseño de una Unidad de Sujeción.

Estos dibujos se hacen a partir de modelos prototipos a escala natural que con varios años de anticipación se desarrollan en sus respectivos países de origen.

Lo primero que se debe definir al hacer el diseño de un herramental, es la cantidad y tipo de herramienta a usar, Esto depende de muchos factores, entre los principales, la cantidad de unidades a producir,

Suelen hacerse prensas que sirvan para efectuar subensambles, de las diferentes partes, para que posteriormente estos se solden.

El número de prensas depende del diseño del automóvil, del número de piezas a unir, así como la secuencia que se debe seguir para soldarlas.

Las prensas mayores mas comunes son:

1. - Prensa para ensamblar el guardafango y larguero lateral delantero. Fig. 2.4
2. - Prensa para ensamblar el compartimiento del motor. Fig. 2.5
3. - Prensa para verificar el compartimiento del motor. Fig. 2.6
4. - Prensa para ensamblar el piso delantero. Fig. 2.7
5. - Prensa para ensamblado del piso. Fig. 2.8
6. - Prensa para ensamblar el riel lateral interior trasero del toldo. Fig. 2.9
7. - Prensa para ensamblar el riel lateral interior y exterior delantero del toldo. Fig. 2.10
8. - Prensa para ensamblaje del cuarto trasero ( 2, 4 puertas y camioneta ). Fig. 2.11

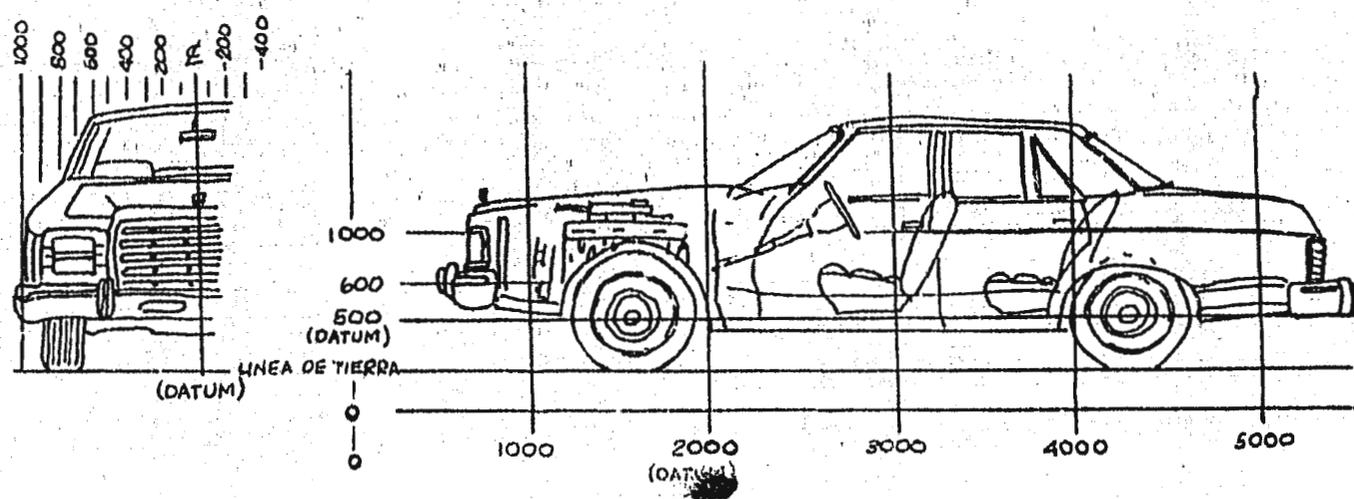


FIG. 2.3 Planos de referencia para localización de piezas y herramientas.

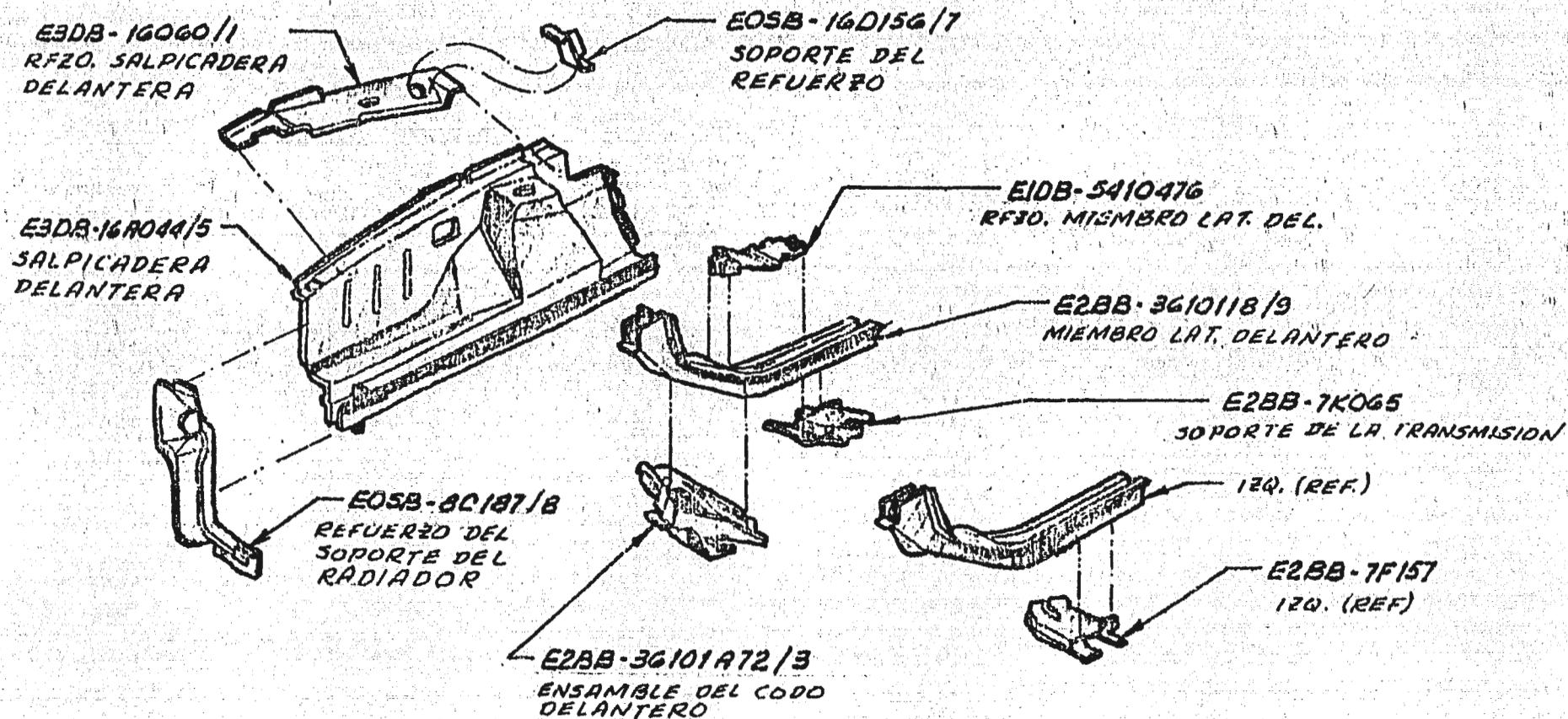
- 9.- Prensa para ensamblar la extensión del cuarto trasero.
- 10.- Prensa para ensamblaje del guarda fangos trasero o conchas. Fig. 2.12
- 11.- Prensa para ensamblaje de costado ( 2, 4 puertas y camioneta ).  
Fig. 2.13
- 12.- Prensa para ensamblaje del porta paquetes y bisagra de cajuela.  
Fig. 2.14
- 13.- Prensa para ensamblar el panel inferior trasero. Fig. 2.15
- 14.- Prensa para ensamblaje de la carrocería o prensa principal, ( 2 , 4  
puertas y camioneta ). Fig. 2.16

En esta última, se posicionan y unen todos los subensambles hechos con anterioridad, quedando así completa la carrocería y lista para que se le hagan los últimos punteos ya fuera de la prensa, para que después se pinte, se le añadan los elementos motrices, interiores, arneses, instrumentos, vidrios, parrillas y faros, defensas, puertas, cofre y cajuela. Figs. 2.17 y 2.18.

Una vez que se ha definido cuales prensas se van a usar, se procede a hacer un estudio de cuales ensambles son los mas críticos y son necesarios, dispositivos de verificación o chequeo; tal es el caso del frente o del compartimiento del motor, de los costados, de la apertura de puertas, cofre y cajuela.

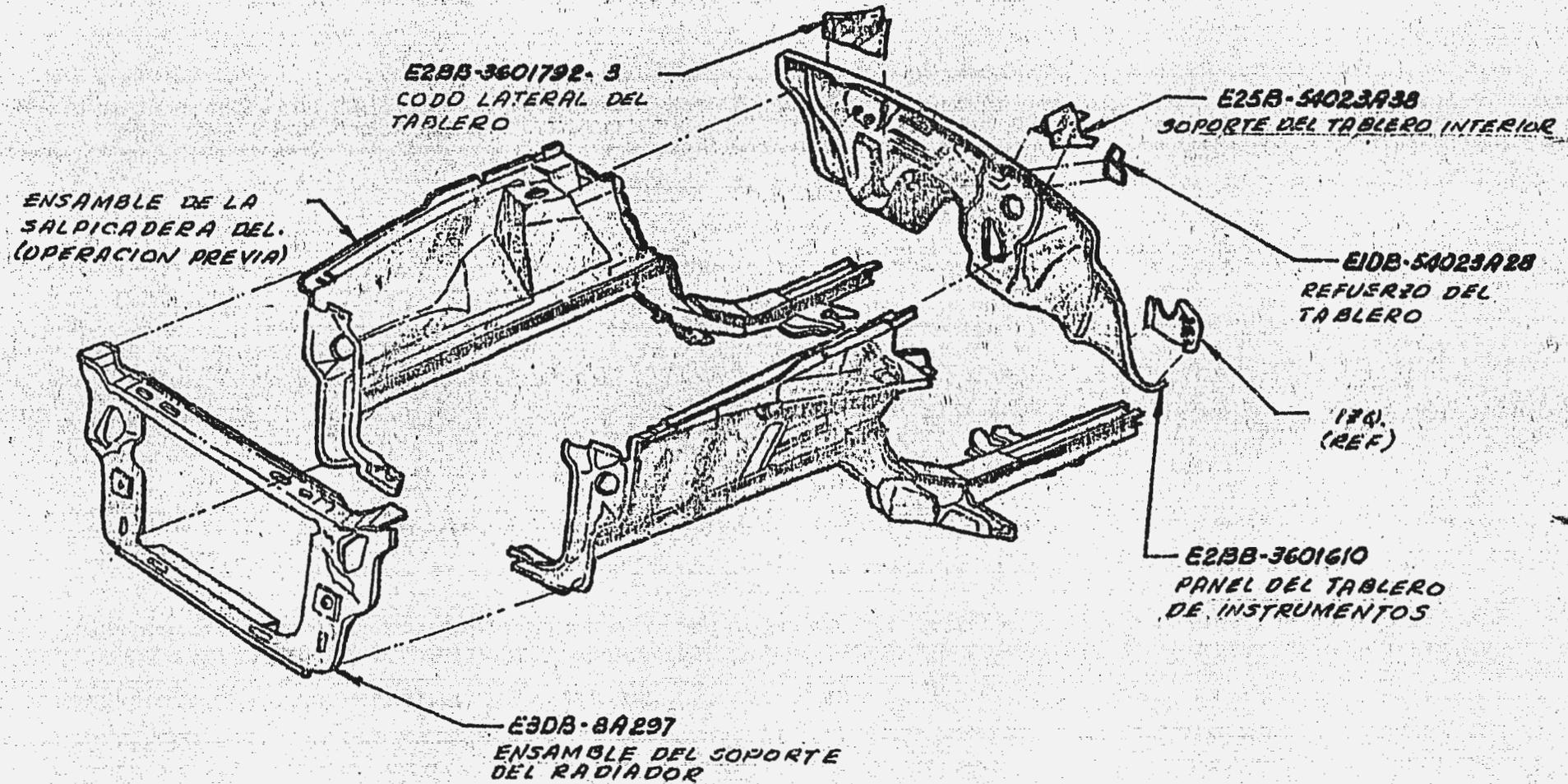
Posteriormente y en base a estudios previos como el estudio de soldadura ( ver capítulo IV ), se define cada ensamble y se definen las prensas, con--

# SALPICADERA INTERIOR DELANTERA DER. e IZQ.



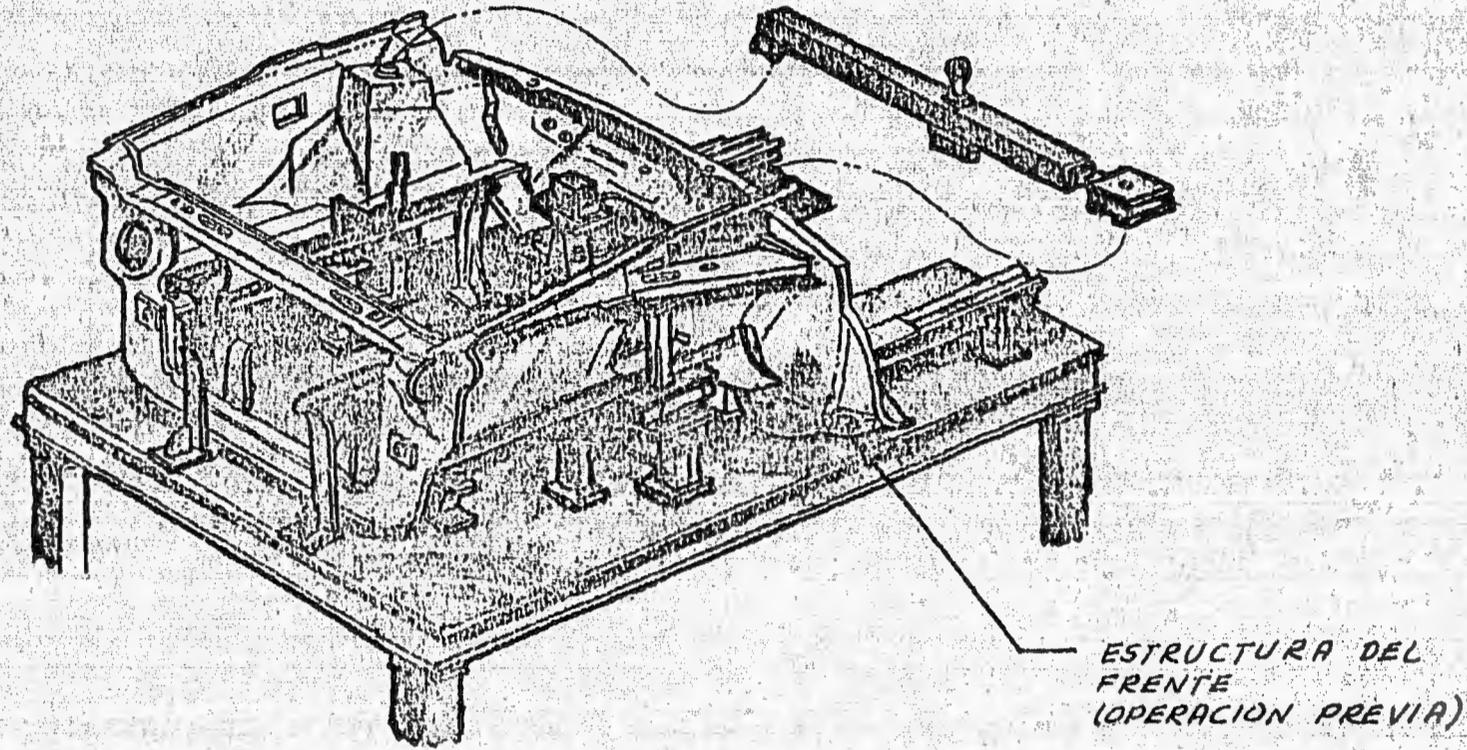
E. CREIXELL O.  
FIG. 2.4 F.E.S.C.

# ESTRUCTURA DEL FRENTE



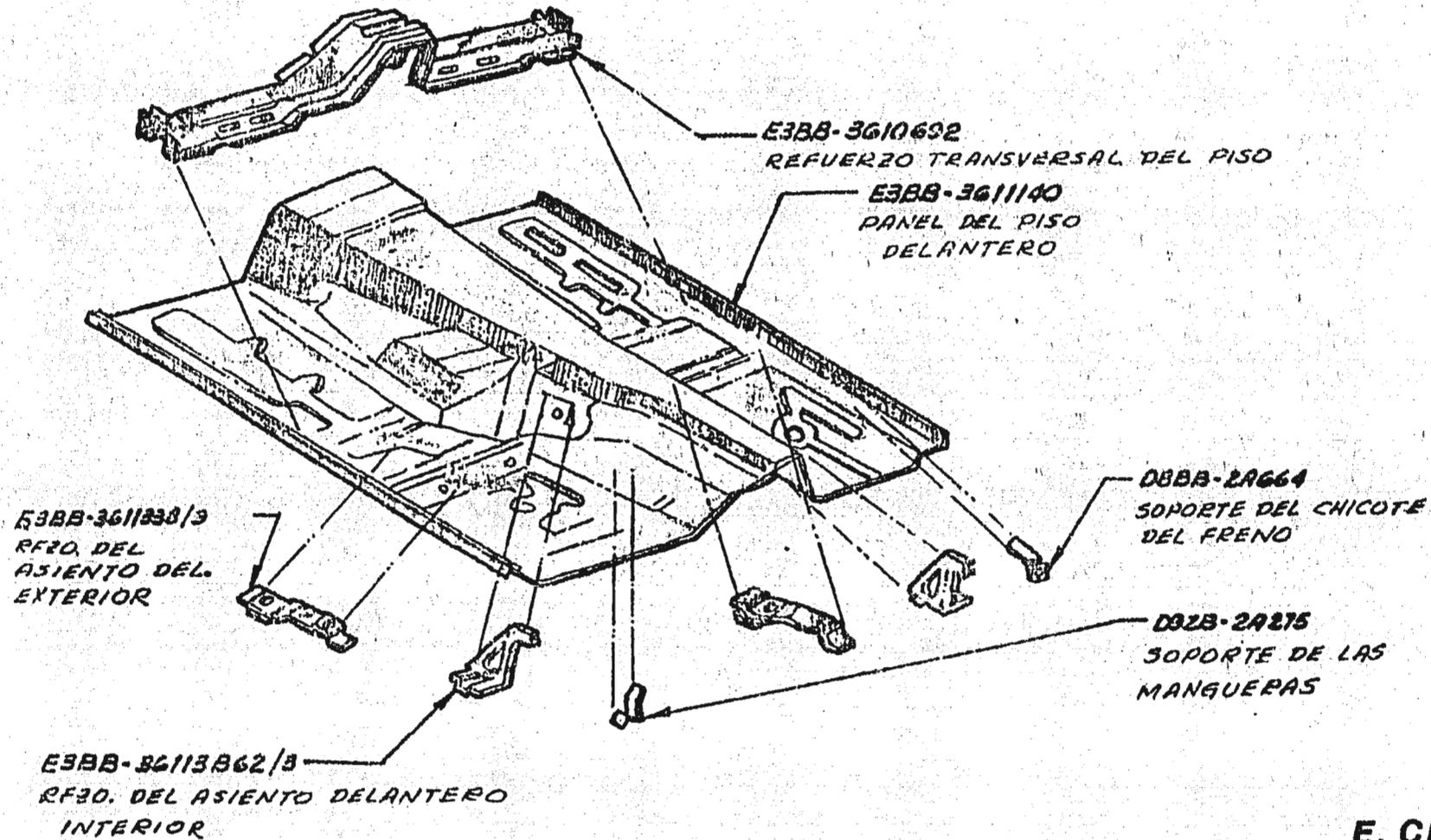
E. CREIXELL O.  
FIG.2.5 F.E.S.C.

# DISPOSITIVO PARA VERIFICAR EL FRENTE



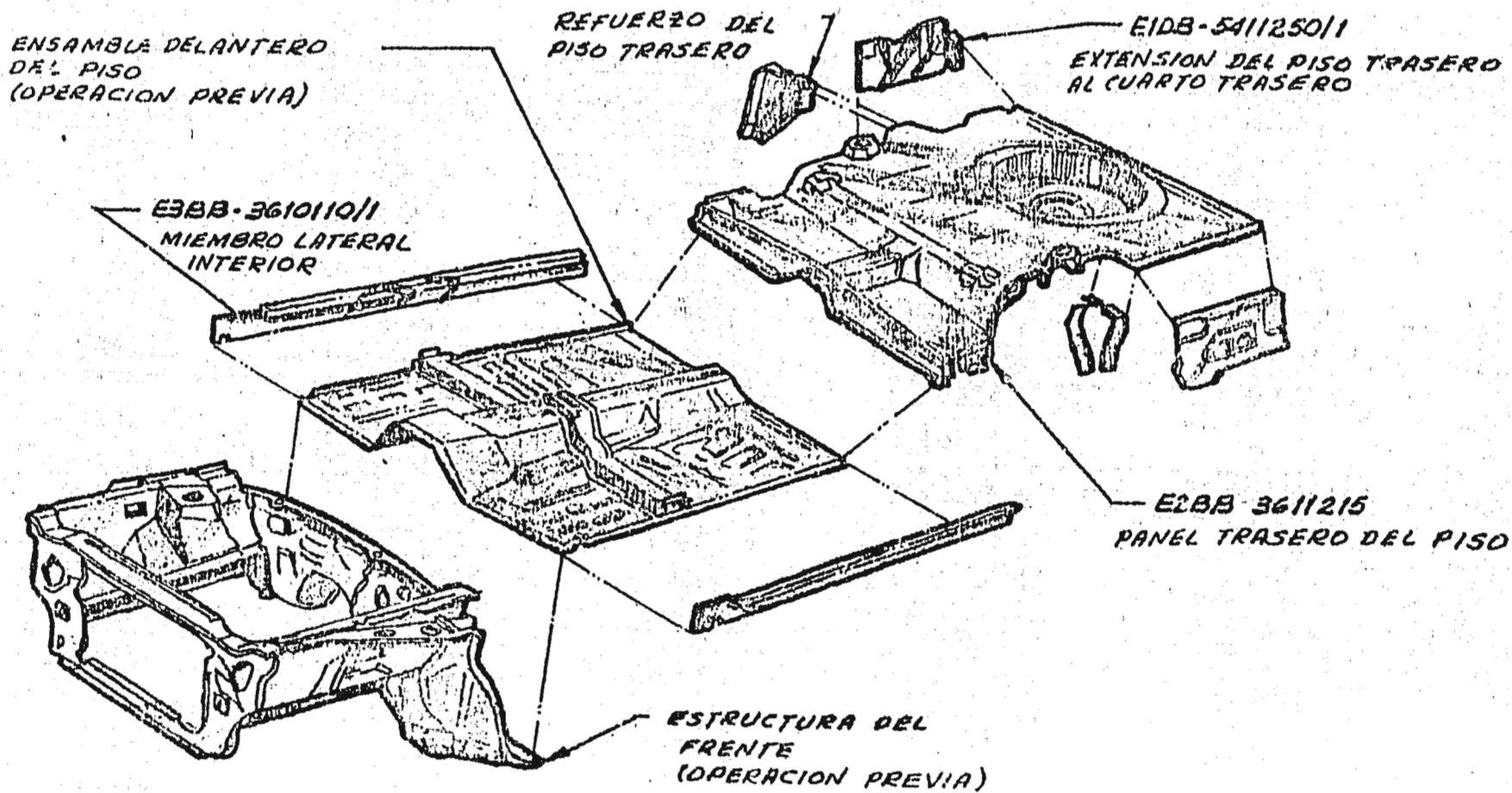
E. CREIXELL O.  
FIG.2.6 F.E.S.C.

## PANEL DEL PISO DELANTERO



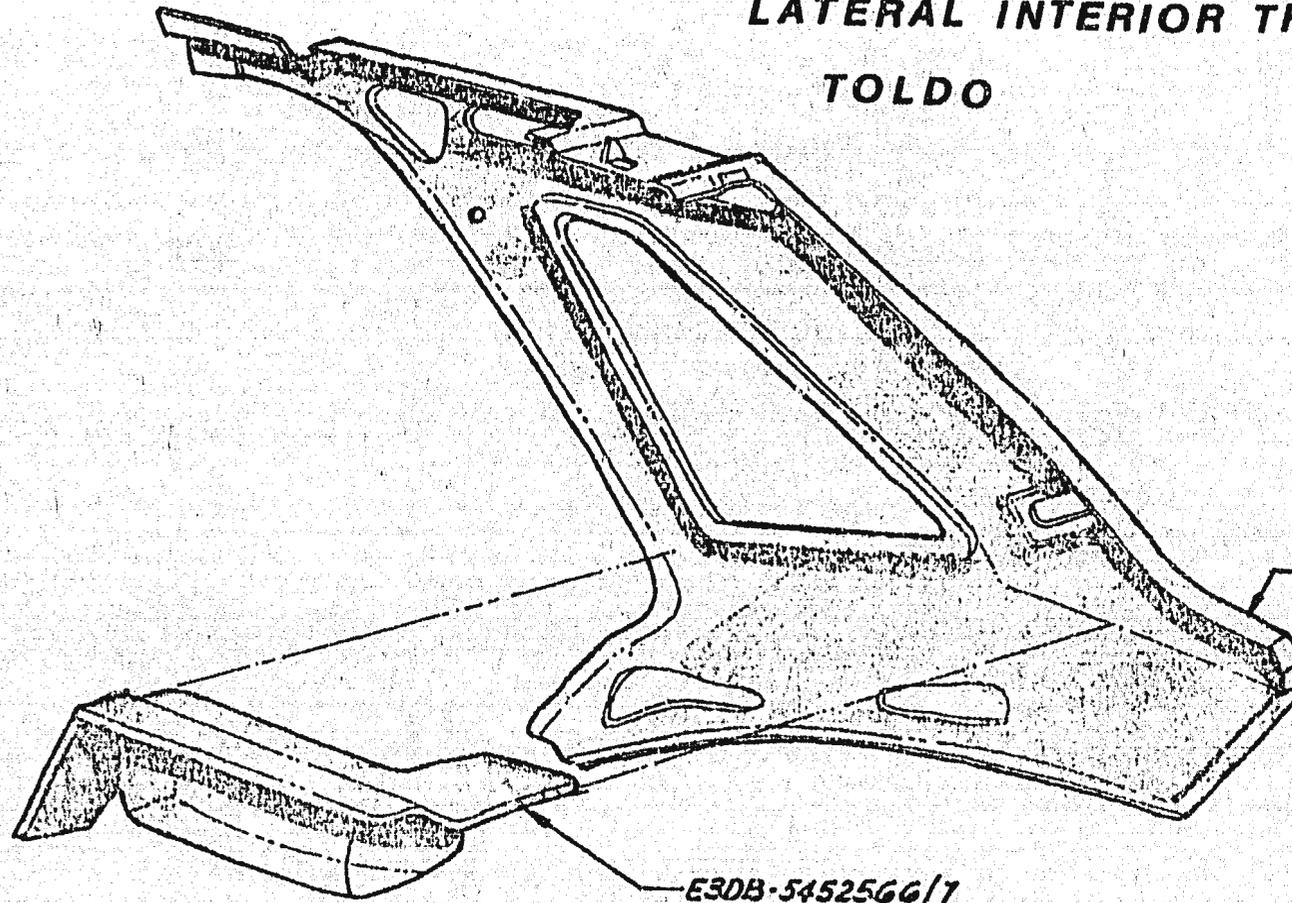
E. CREIXELL O  
FIG. 2.7 F.E.S.C.

# ENSAMBLE DEL PISO



E. CREIXELL O,  
FIG. 2.8 F.E.S.C.

**LATERAL INTERIOR TRASERO DEL  
TOLDO**

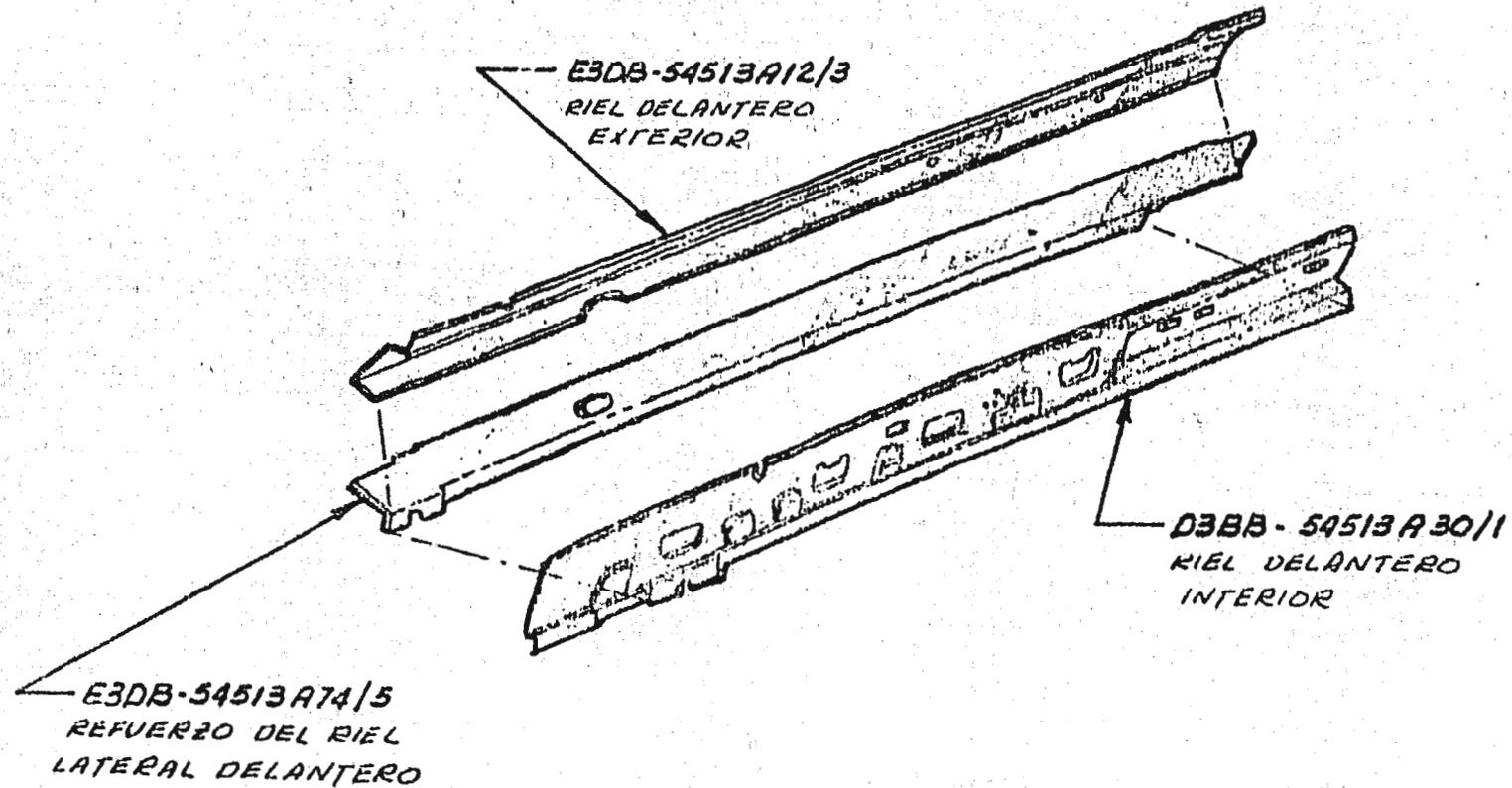


**E3DB-54513 A 20/1**  
**LATERAL INTERIOR**  
**TRASERO DEL**  
**TOLDO.**

**E3DB-5452566/7**  
**SOPORTE DEL ENSAMBLE DEL**  
**PORTAEQUIPAJE**

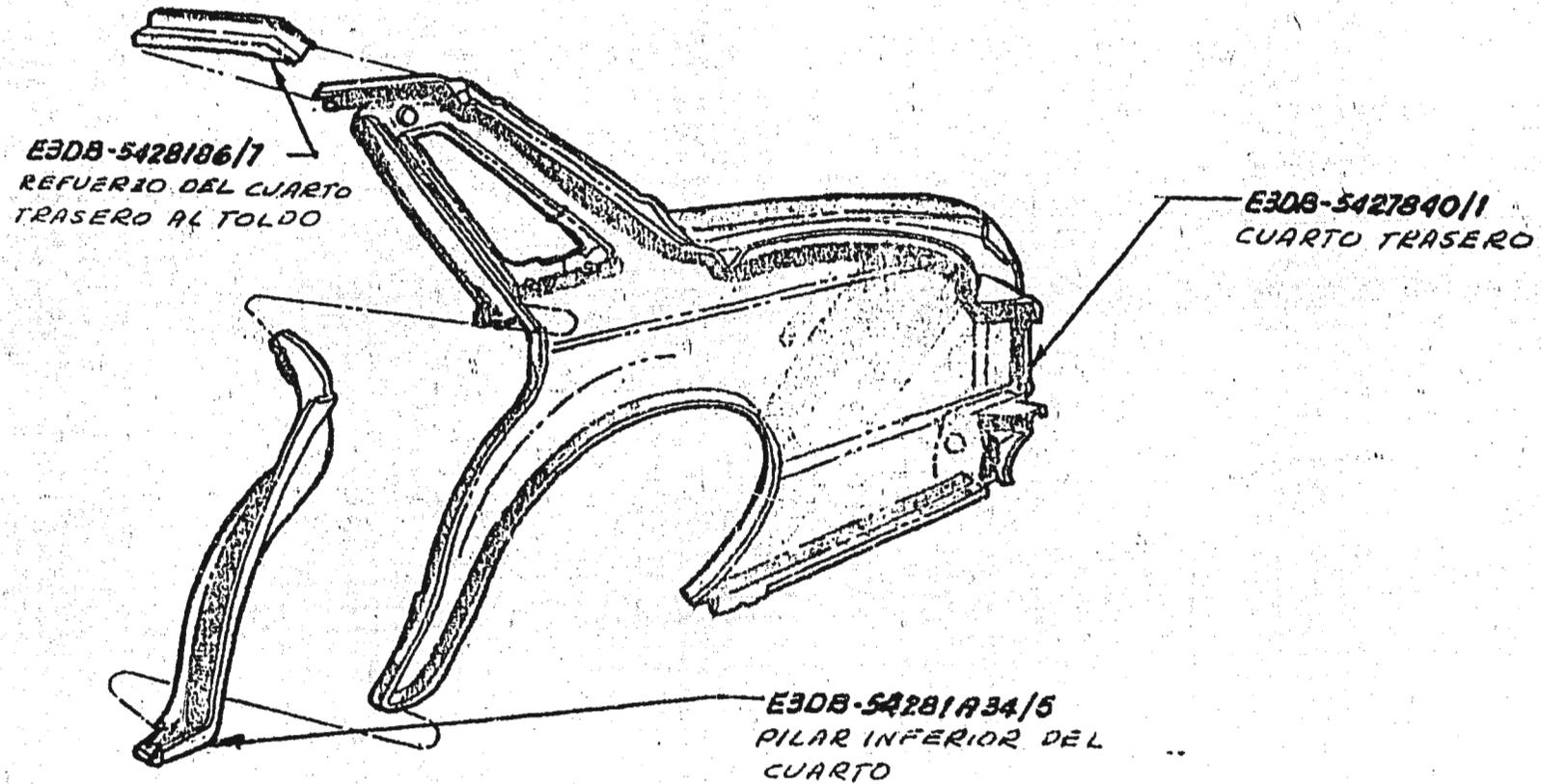
**E. CREIXELL Q.**  
**FIG. 2.9 F.E.S.C.**

# LATERAL INT Y EXT DELANTERO DEL TOLDO



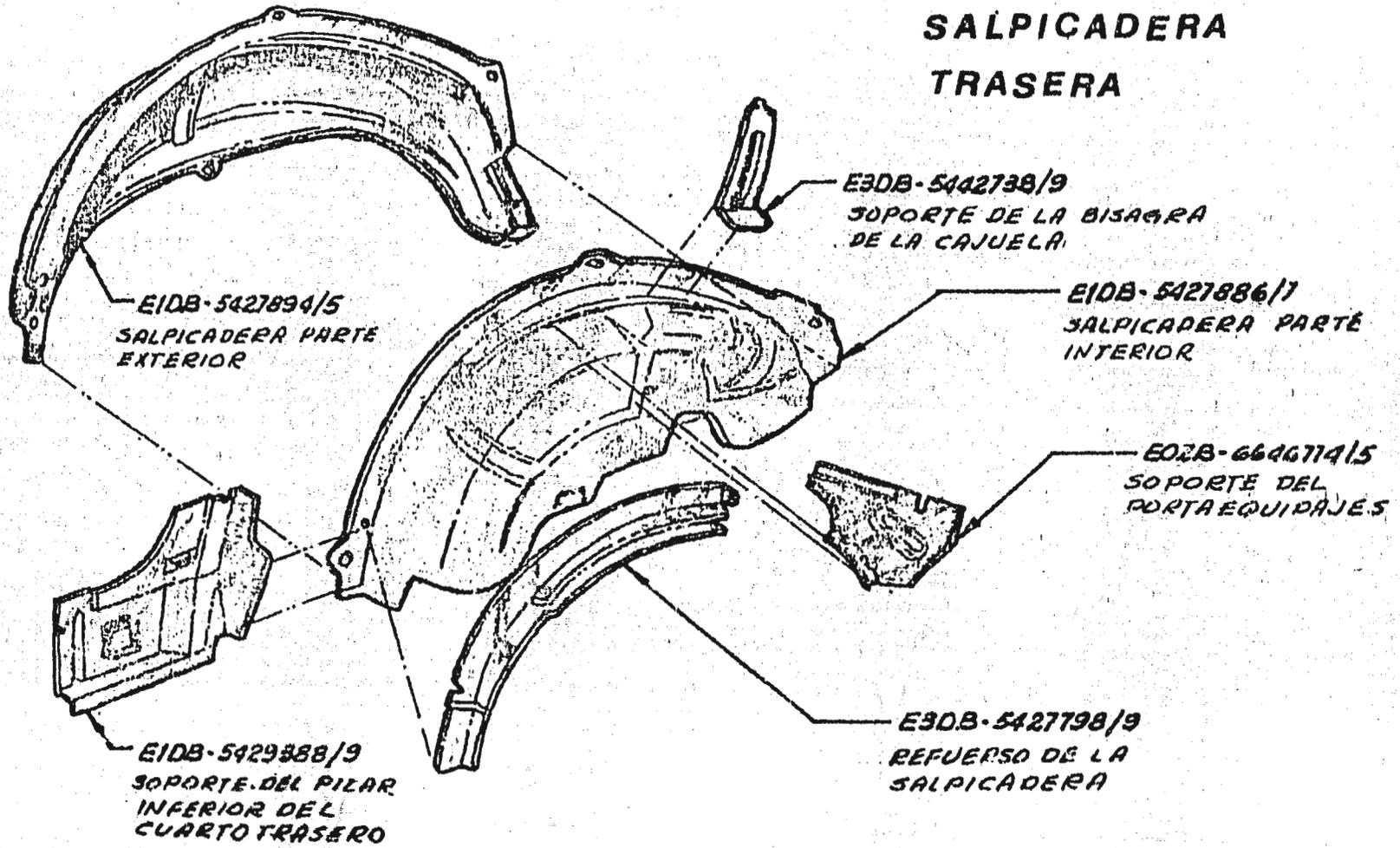
E. CREIXELL O.  
FIG. 2.10 F.E.S.C.

## CUARTO TRASERO



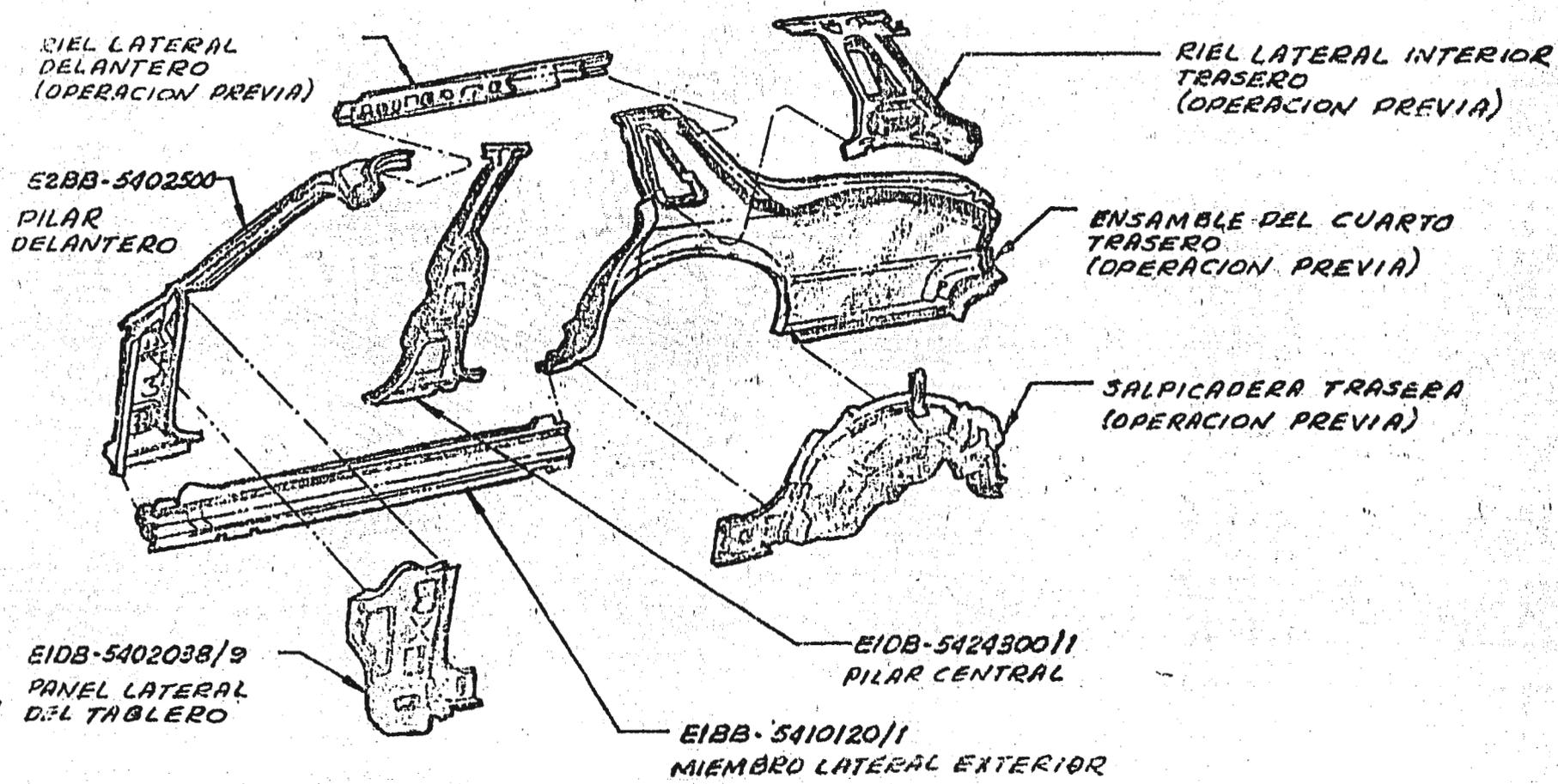
E. CREIXELL O.  
FIG. 2.11 F.E.S.C.

# SALPICADERA TRASERA



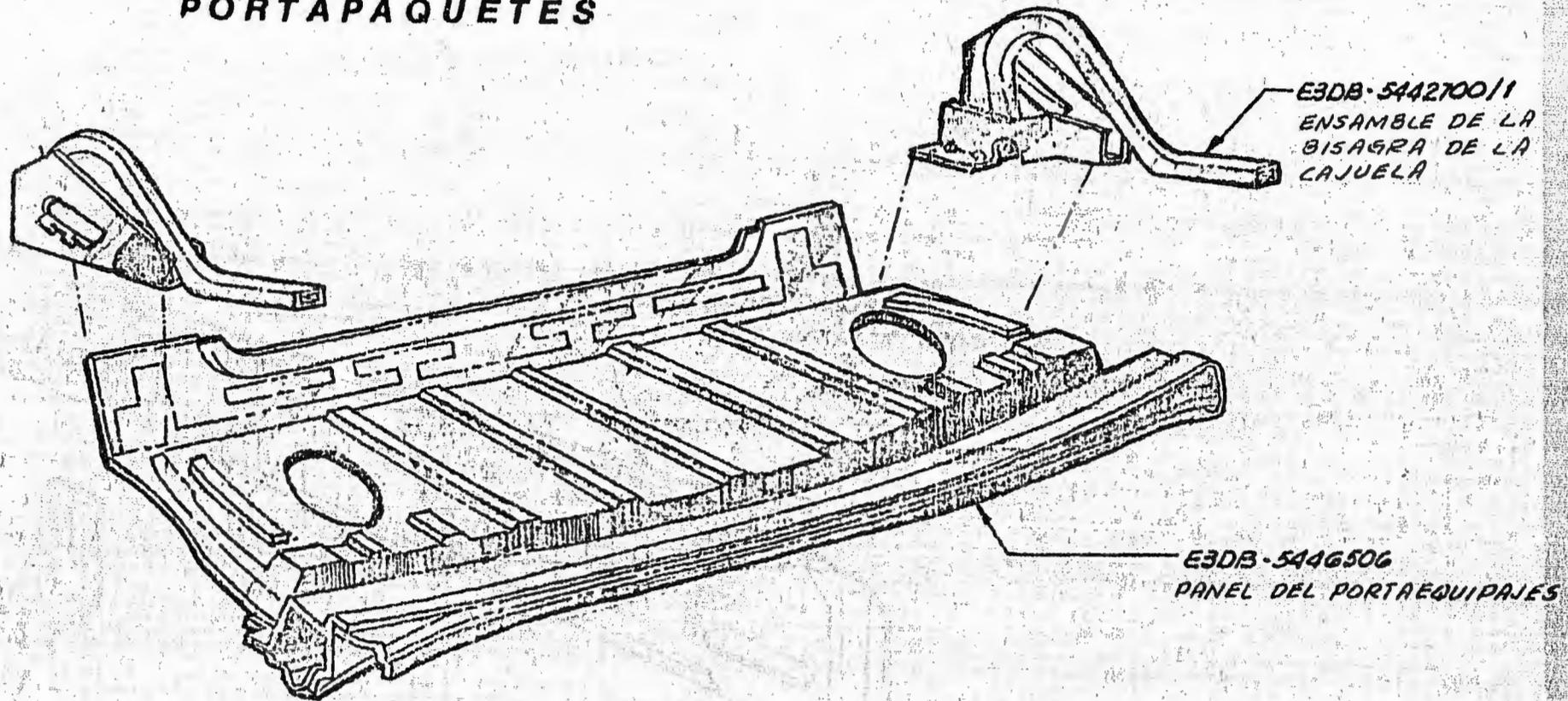
**E. CREIXELL O.**  
**FIG. 2.12 F.E.S.C.**

# ENSAMBLE DEL COSTADO



E. CREIXELL O.  
FIG. 2.13 F.E.S.C.

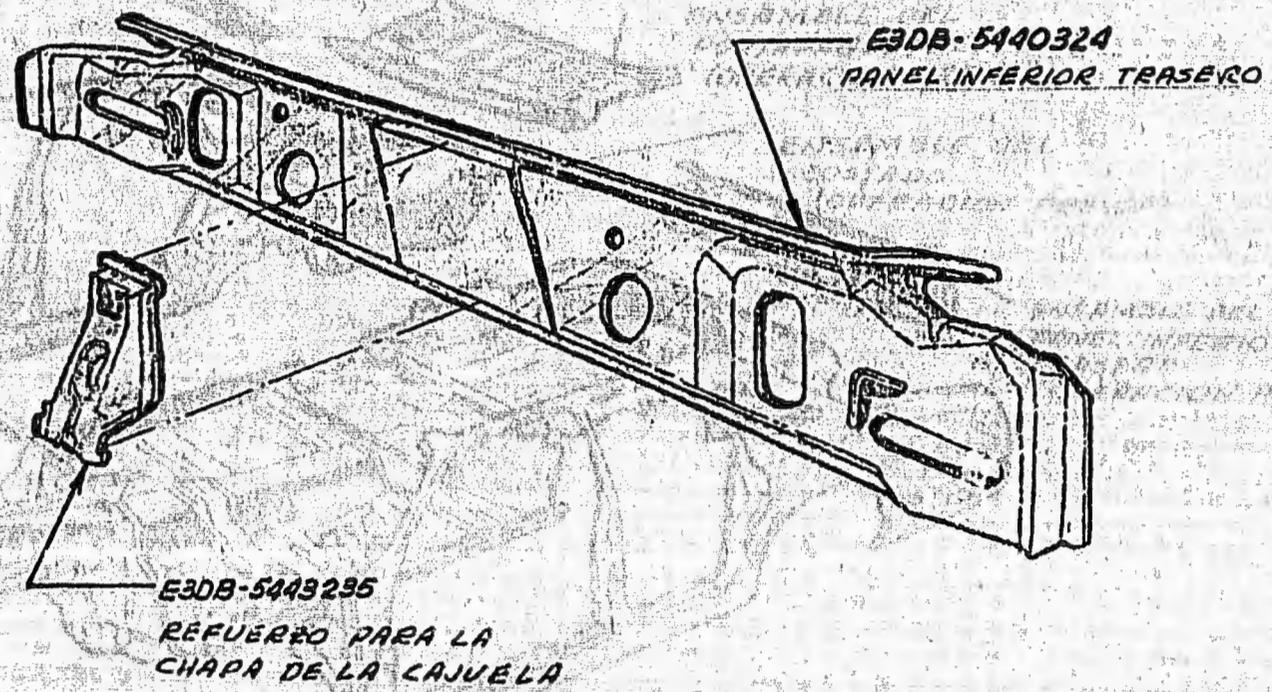
# PORTAPAQUETES



E. CREIXELL O.  
FIG. 2.14 F.E.S.C.

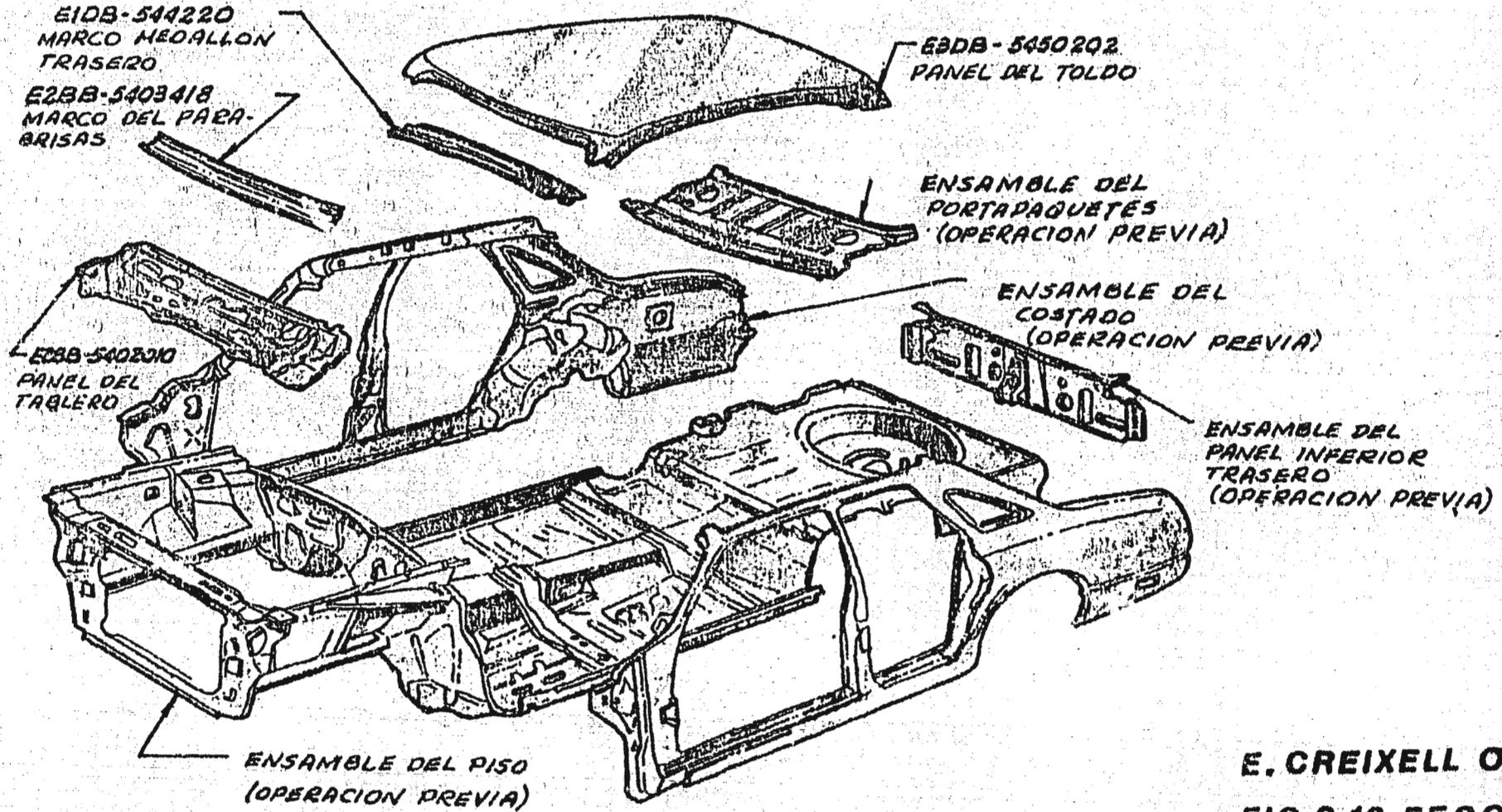
FIG. 2.14 F.E.S.C.

ENSAMBLE PRINCIPAL  
**PANEL INFERIOR TRASERO**



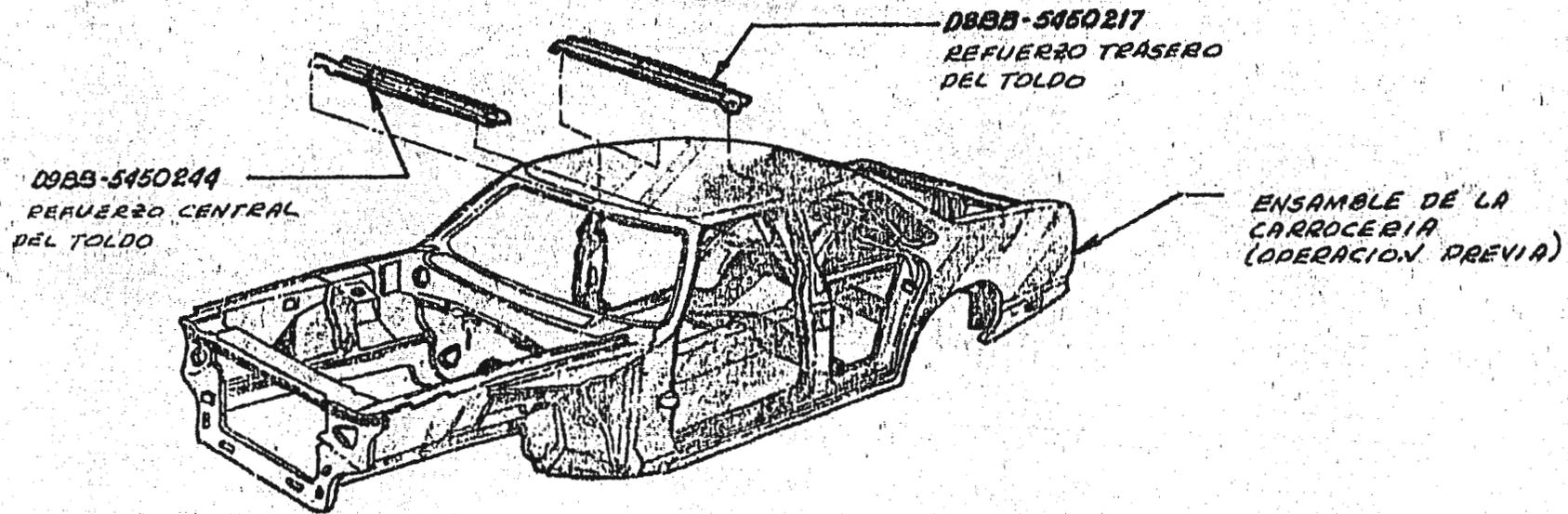
**E. CREIXELL O.**  
**FIG. 2.15 F.E.S.C.**

# ENSAMBLE PRINCIPAL



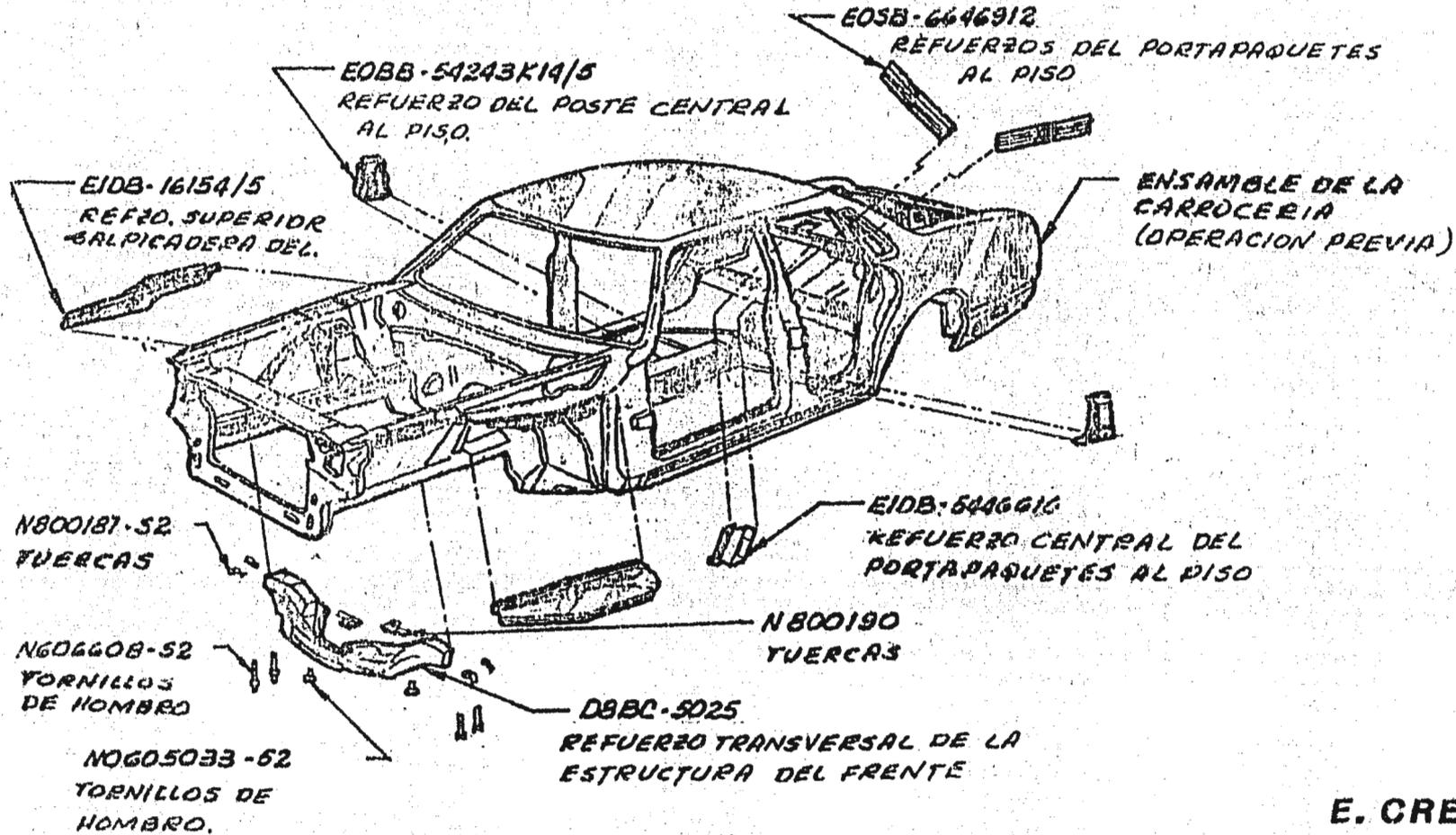
E. CREIXELL O.  
FIG. 2.16 F.E.S.C.

# SOLDADURA CONTINUA



E. CREIXELL O.  
FIG. 2.17 F.E.S.O.

# LINEA DE REPUNTEO



E. CREIXELL O.  
FIG. 2.18 F.E.S.C.

testando a las siguientes preguntas:

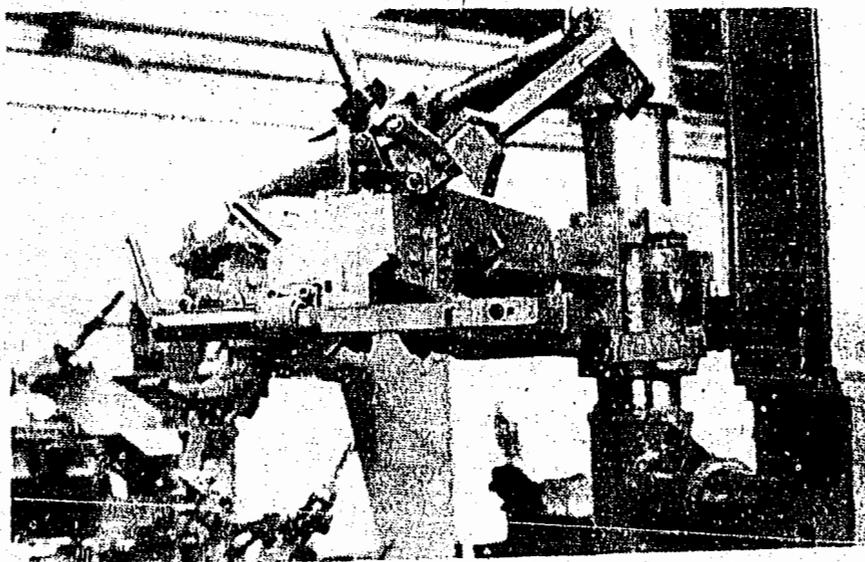
- ¿ Cuántas láminas se van a soldar ?
- ¿ En qué puntos se van a localizar ?
- ¿ En qué puntos se van a prensar ?
- ¿ Es necesario una sola prensa central o se necesitan una para el lado derecho y otra para el lado izquierdo. ( Como es el caso de la prensa de costado ).

Dependiendo del ensamble a hacer, se determina el tamaño y robustez general de la herramienta.

Esta se constituye generalmente por una mesa de fierro en la cual se montan unas torretas que son el soporte de todos los componentes de la herramienta, como son el bloque de apoyo de la lámina o " cojín ", la prensa o " clamp ", el bloque de sujeción de la lámina o " dedo " que se abre y cierra según se opere el clamp para cargar y descargar el material.

El soporte también carga los pernos de localización y conforme las unidades se van complicando, una serie de detalles que pueden llegar a varias decenas.

El número y disposición de estas herramientas se establece dependiendo del tamaño, forma y número de las láminas a unir.



**FIG. 2.19 Detalle de la Prensa Principal**

Su diseño implica una gran labor de ingeniería pues las prensas no sólo deben localizar y fijar cada parte, por muy caprichosa que sea su forma; sino funcionar fácilmente sin que exista interferencia entre las unidades, ni -- abiertas ni cerradas entre sí, ni con las pistolas de punteo.

El material a usar en la manufactura de la herramienta, se define a partir del trabajo a realizar.

Se usa acero templado SAE 4140, 8620, 1020, para pernos de localización, correderas y en general para cualquier pieza sujeta a un alto desgaste.

Se usan urethanes que son resinas plásticas suaves, pero muy resistentes al desgaste, para piezas que tienen contacto con partes estampadas que estarán a la vista y que por lo tanto necesitan cuidarse de rayaduras o abolladuras. Ver. Fig. 2.20.

Es frecuente el uso de aleaciones de cobre-cobalto-berilio pues al ser altamente conductivas, tanto del calor como de la electricidad, se usan para evitar que los puntos de soldadura queden marcados al difundir el calor de fusión ( Ver Capítulo IV ). Los soportes, brazos de clamps y componentes en general de las herramientas, se diseñan de fundición de fierro ( SAE 1025 ), de fierro negro o de cold rolled steel ( CRS ) estructurales SAE 1018 ó 1020. Ver Fig. 2.21.

Es usual también usar materiales no conductivos como la micarta, o la fibra roja, para evitar que al usar las pistolas de punteo el operario descargue la corriente en piezas o partes indebidas, con lo cual se empobrecen las soldaduras. ( Ver Capítulo IV ).

En todos estos dispositivos, se diseñan con especial cuidado los dedos y cojines, pues son estos detalles los que tendrán contacto con la carrocería

por lo cual deben ajustarse perfectamente a su forma, por caprichosa que esta sea. Ver Fig. 2.22

En algunas ocasiones los materiales cambian en su espesor, o las herramientas se desgastan por el uso, por lo cual se colocan láminas de espesor calibrado junto a los dedos y cojines, y así al aumentar o reducir el número de aquéllas se puede ajustar fácilmente la herramienta.

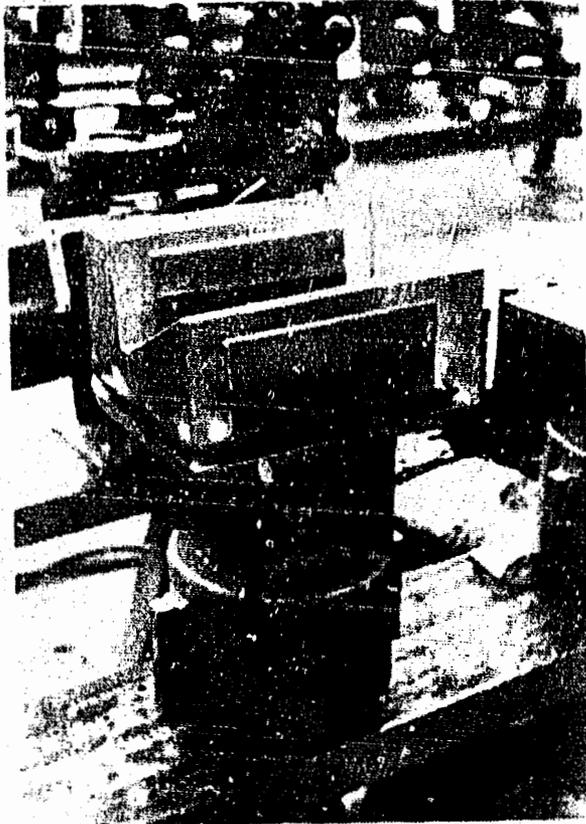


FIG. 2.20 Urethane

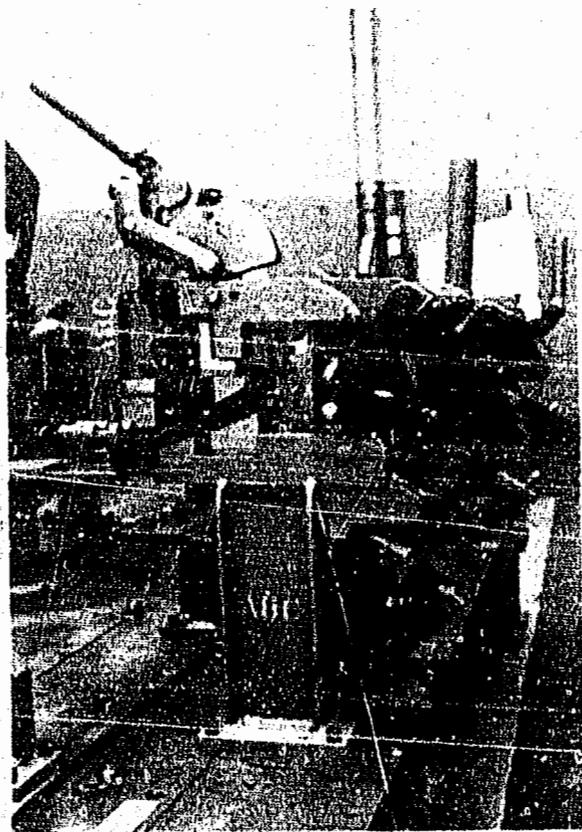


FIG. 2.21 Soporte de Fe Ne y Prensa

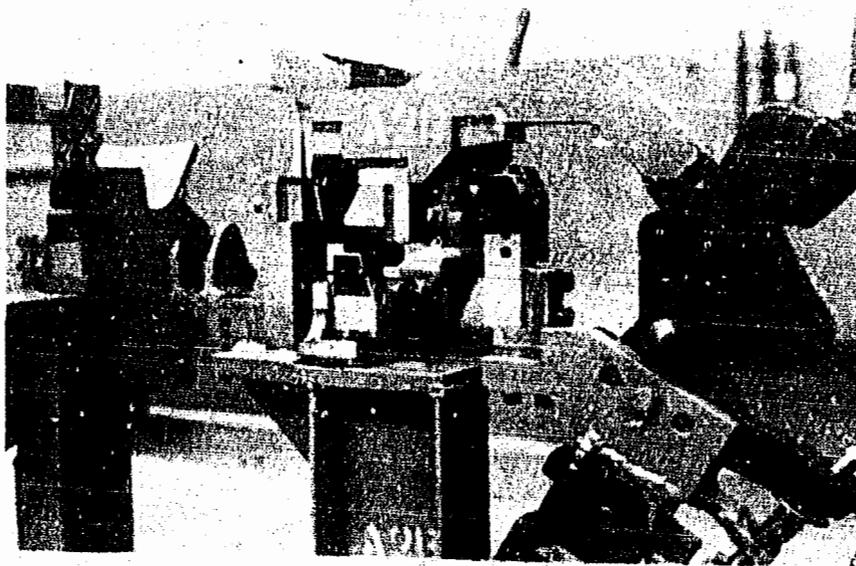


FIG. 2.22 Detalle de un Dedo y Cojín

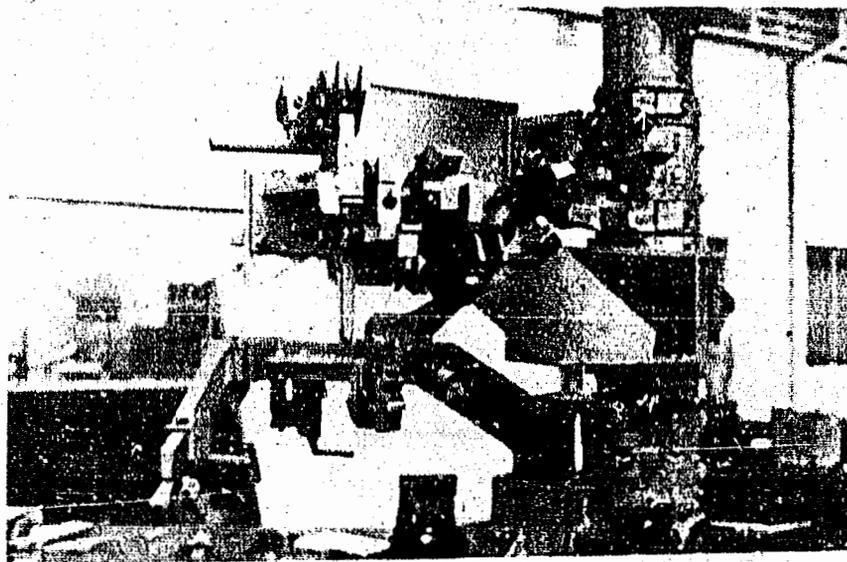
Todas las piezas se unen mediante tornillos templados de alta calidad, de preferencia con cabeza " allen " y con pernos de precisión.

El uso de bujes de todos tipos, tanto de bronce como de acero esta muy difundido en estos dispositivos.

En realidad no se efectúa un análisis de resistencia de materiales por detalle pues esto sería muy tardado y poco útil, ya que no se pretende hacer una herramienta barata o ligera y al no manufacturarse a gran escala o en serie, no es un factor determinante la optimización del material.

Los materiales se definen a partir de experiencias anteriores y casi nunca se detectan fallas de material.

El último paso del diseño sería la determinación de los elementos necesarios en cada unidad como pueden ser prensas de movimiento angular, de movimiento axial, dispositivos de caída, bisagras, etc. Ver. Fig. 2.23



**FIG. 2.23 Detalle de una Unidad de Bisagra**

Una vez determinado lo anterior, se hace un esquema de la unidad, y se verifica su funcionamiento junto con el de todas las demás unidades.

Se determina entonces, el tamaño y configuración de la mesa a la que serán montadas, tomando en cuenta para esta, la altura a la que el operario trabajará.

Se hacen los diseños originales, se revisan, detallan y revisan nuevamente.

A los diseños originales se les da un número de identificación en clave y un nombre, y se les sacan copias reproducibles, con las cuales se trabaja.

El trabajo del diseñador no acaba aquí, pues tiene que estar listo para incorporar posibles cambios que puedan surgir a partir de la manufactura o prueba funcional de las herramientas.



**FIG. 2.24 Prueba Funcional de un Dispositivo**

### 2.3 Proceso de Manufactura

El proceso de manufactura de las herramientas es muy variado, disímulo y por lo tanto apasionante.

No existe la manufactura o producción en serie a alta escala.

Como ya quedó indicado las plantas de bajo volumen requieren 1 ó 2 juegos de herramientas a lo sumo.

Algunas plantas de alta producción requieren hasta treinta juegos de herramientas. Ver. Fig. 2.25

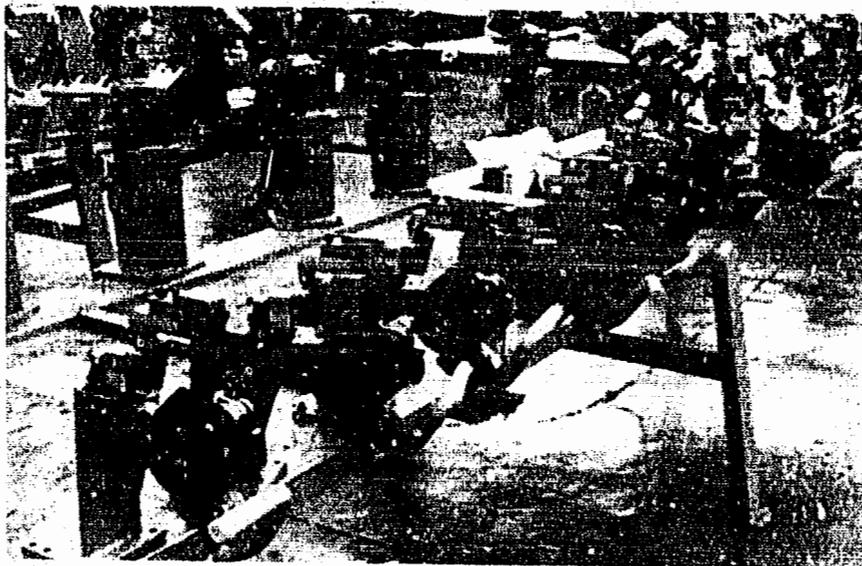


FIG. 2.25 Unidades para Alta Producción

Por lo anterior, se ve claro, que no se justifica tener una línea o proceso automatizado de producción.

Por el contrario, es necesario desarrollar procesos de fácil adaptación a muy diferentes necesidades, materiales y tipos de herramientas.

Por regla general los diseños para herramientas de alta producción ( en los cuales se requiere de 10 a 30 juegos ), se basan en piezas de fundición ya que es mas fácil y económico hacer un modelo y luego fundir, que cortar y soldar piezas estructurales iguales.

Los modelos se deben hacer en madera de alta resistencia como caoba, ayacahuite, etc. ( los modelos metálicos no se justifican en estas cantidades. Ver Fig. 2.26

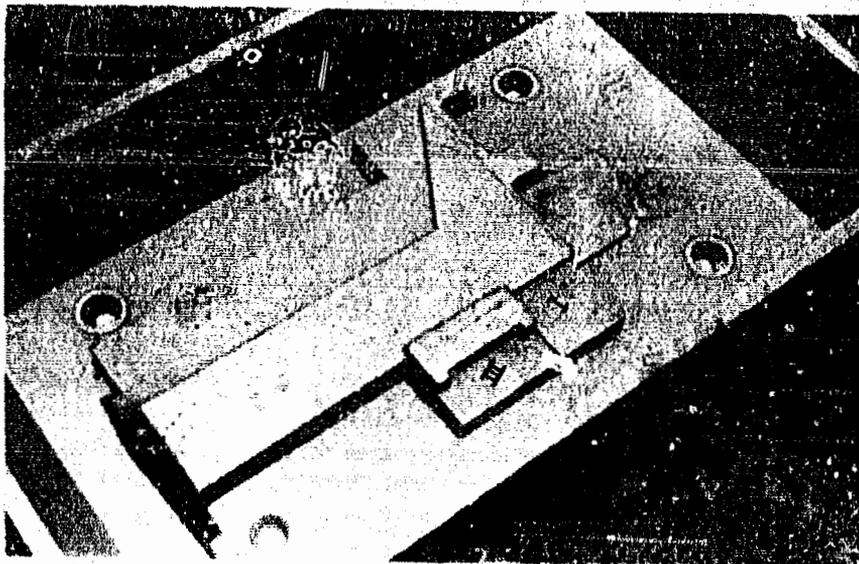


FIG. 2.26 Modelo de Madera para fundición.

En México existen excelentes modelistas que desarrollan satisfactoriamente su trabajo, por lo cual es recomendable que los modelos los haga gente especializada. Desgraciadamente los costos de los modelos son cada día más altos.

Una vez aceptado el modelo, por control de calidad, se hace la fundición con lo cual estas piezas quedan listas para maquinarse. Ver. Fig. 2.27

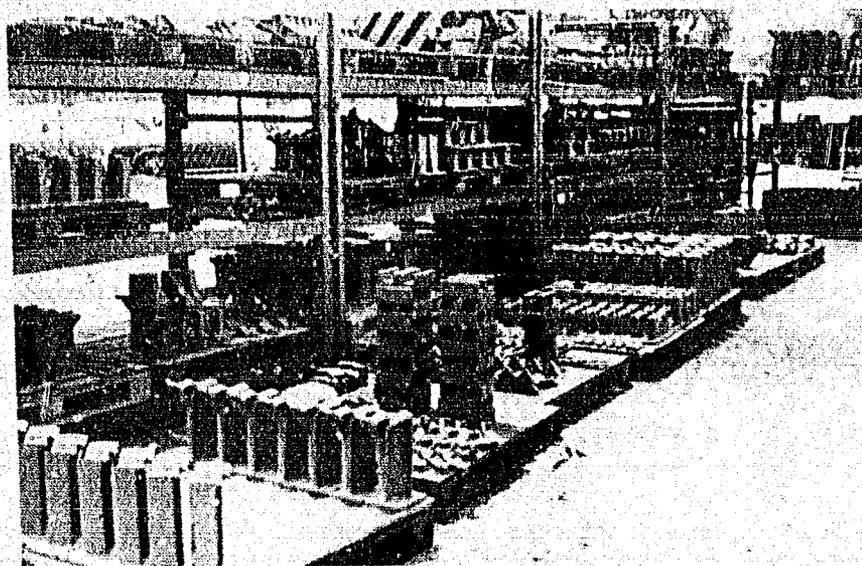


FIG. 2.27 Varias piezas de Fundición.

En cambio en las plantas de baja producción los soportes de las herramientas no se hacen fundidas ya que el modelo no se paga con pocas piezas.

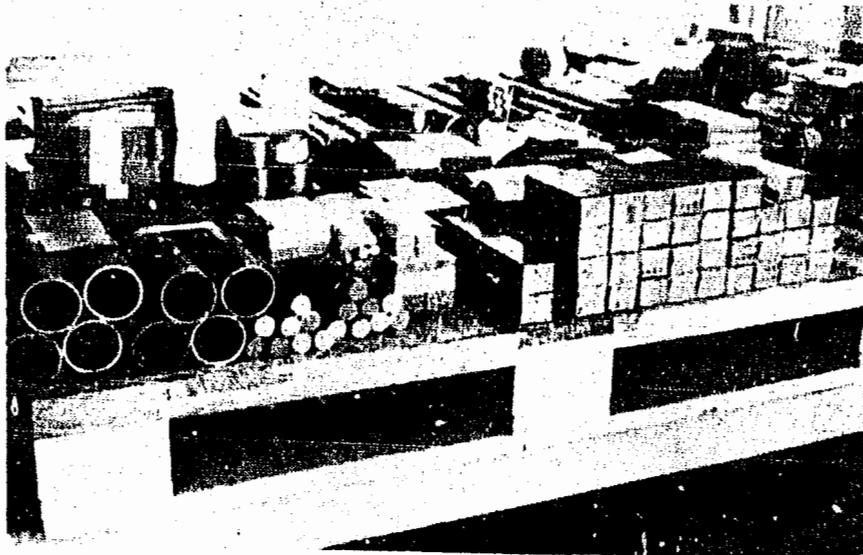
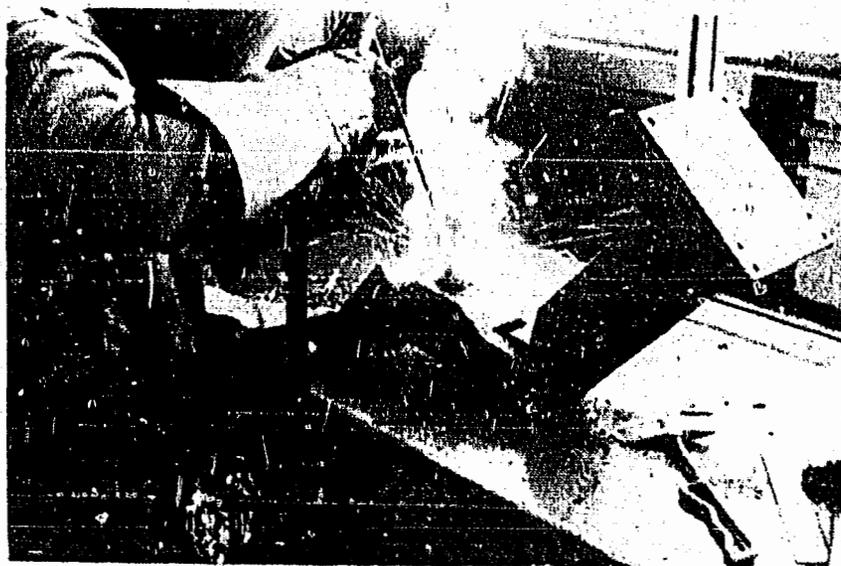


FIG. 2.28 Detalles cortados e identificados para Prensas con soportes estructurales

Por lo tanto se usan perfiles de F.N., C.R.S. como componentes principales. Y después de haber sido cortados a un tamaño adecuado, se pasan los componentes a fabricación donde deberán ser armados (punteados), y soldados ( Ver. Fig. 2.28, 2.29).



**FIG. 2.29 Soldadura del Soporte de una Unidad  
por arco eléctrico con electrodo AWS 7018**

Los métodos de soldadura, son convencionales:

- a) Soldadura por arco eléctrico, en que normalmente se usa el electrodo AWS-7018.
- b) Soldadura por oxiacetileno ( menos difundido en estos dispositivos ).

c) Algunas veces se usan los métodos semiautomáticos TIG o MIG.

Una vez soldadas las piezas, estos deberán normalizarse para evitar tensiones internas y granos no homogéneos.



FIG. 2.30 Revenido a Mano de una pieza de acero SAE 4140 previamente endurecida a la flama.

Los procesos sucesivos de manufactura, son similares para las herramientas a base de fundición o de perfiles de F.N.

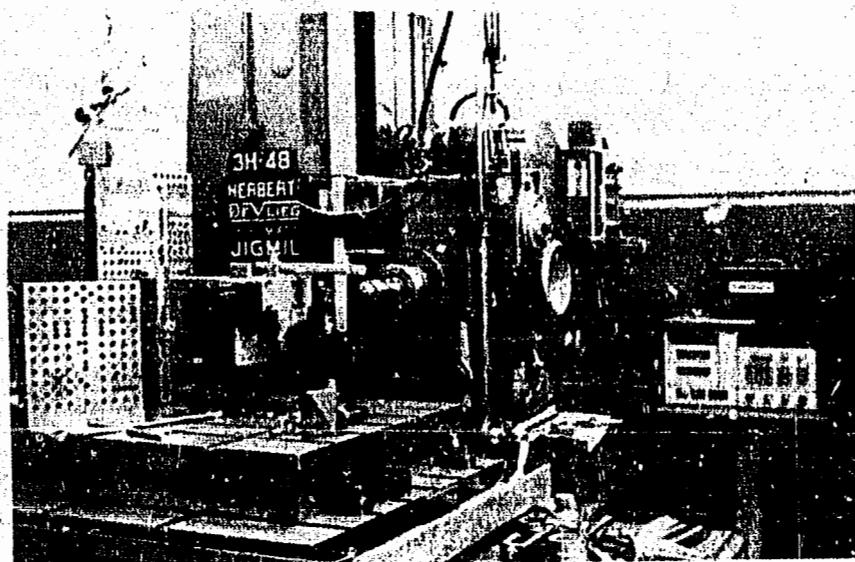
Aunque claro, dependiendo de la cantidad de prensas, se complican los dispositivos de fijación y los de barrenado. Ver. Fig. 2.31.



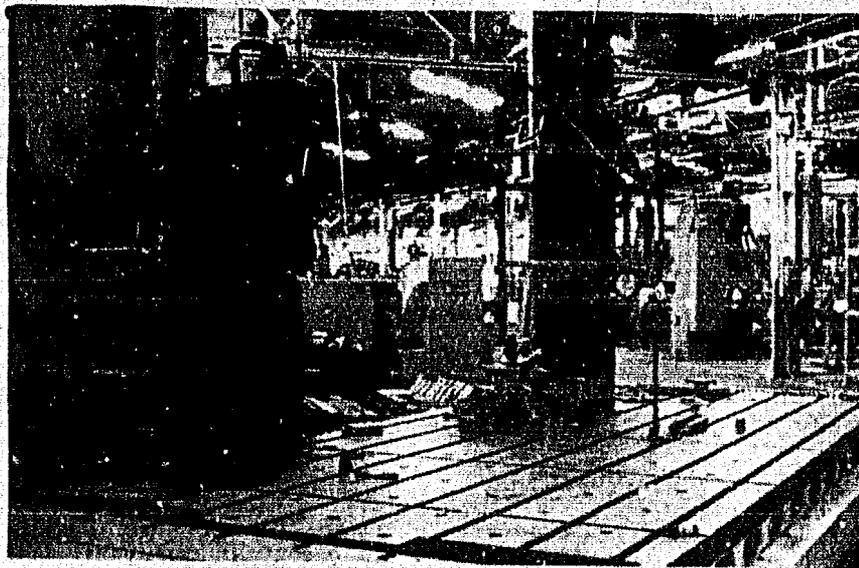
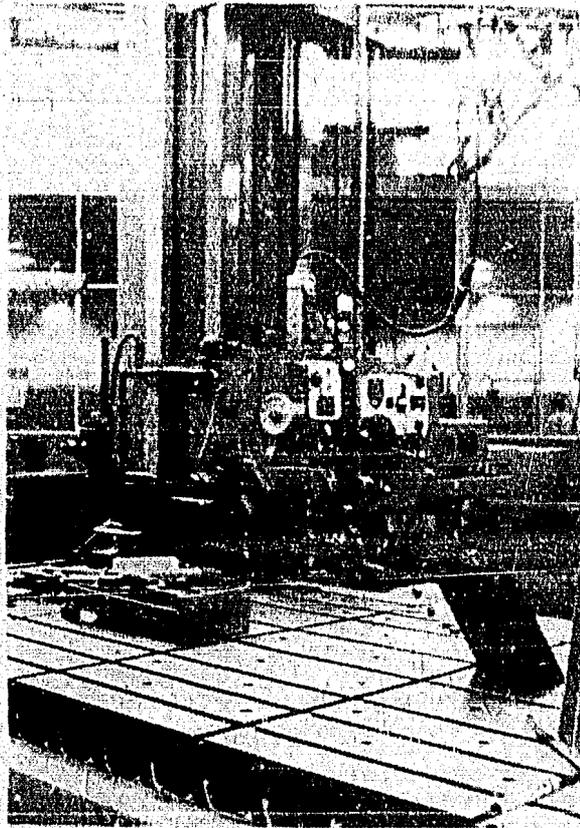
**FIG. 2.31** Dispositivo para sujetar un Soporte de Fundición en una fresa vertical de control numerico.

El proceso principal de estas herramientas es su maquinado tanto por la inversión en el equipo requerido, como por que de este depende en gran parte la exactitud del herramental.

Para lotes de mediano tamaño ( de 20 a 60 pzas. ), es recomendable usar maquinaria de control numérico pues al hacer la programación del lote de piezas se ahorra el estar posicionando la pieza o máquina en cada operación. Ver. Fig. 2.32.



**FIG. 2.32. Frezadora Horizontal de Control numérico para piezas de mediano tamaño**



**FIG. 2.32** Dos vistas de una máquina mandriladora para piezas de gran tamaño

Los barrenados para pernos son de gran precisión ( $\pm .001''$ ), por lo cual deberan hacerse en fresas de alta precisión ( no en taladros ) y después -- rimarse.

En todos los casos que sea posible, deberán ahorrarse preparaciones inúti les y repetidas montando piezas parecidas en forma y dimensión a los mis mos dispositivos de sujeción de las máquinas.

Antes de pasar a las siguientes operaciones, ( barrenado y ensambles ), es conveniente que Control de Calidad haga un checado de las piezas maquina das.

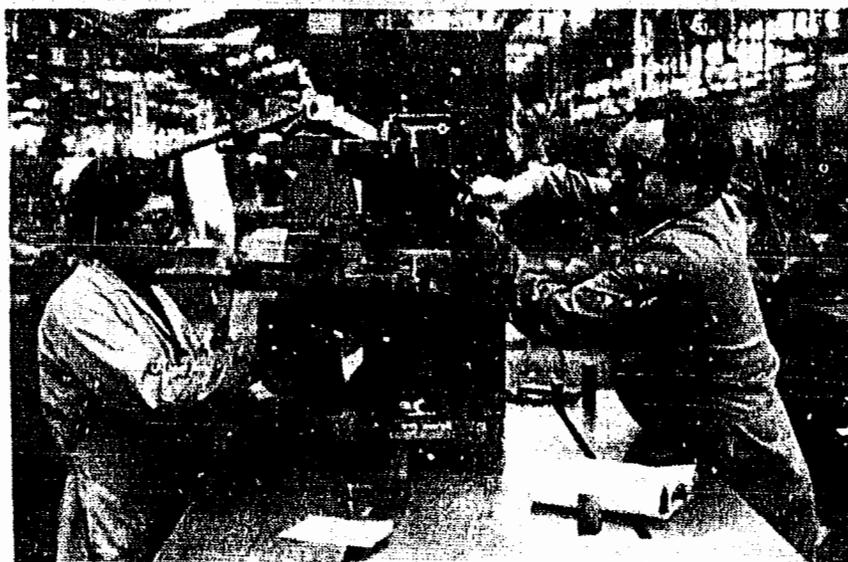


FIG. 2.34 Inspección de Control de Calidad

El barrenado es el siguiente paso y éste deberá hacerse con plantilla de barrenado siempre que éste sea posible, pues además de ahorrar el tiempo de trazo y errores de apreciación, evitan el cabeceo de la broca o machuelo, - donde éste se requiera. Ver. Figs. 2.35 y 2.36.

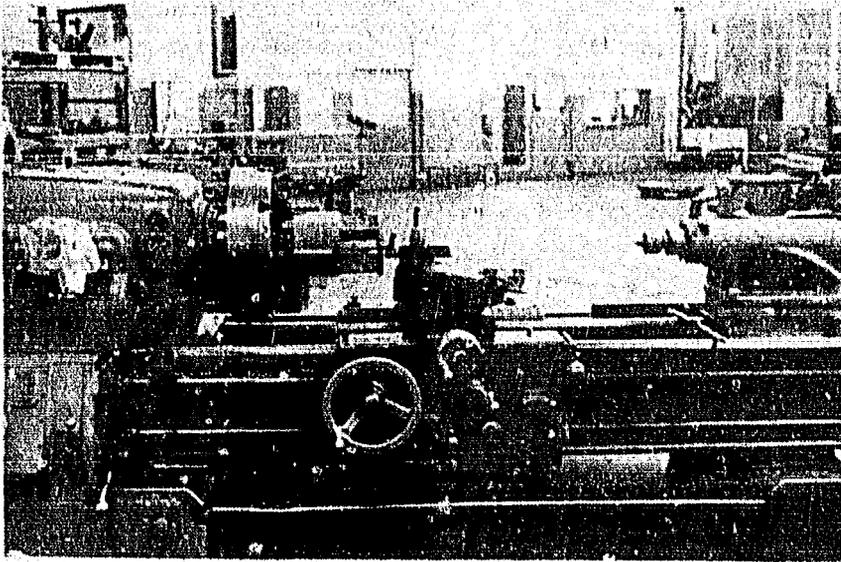
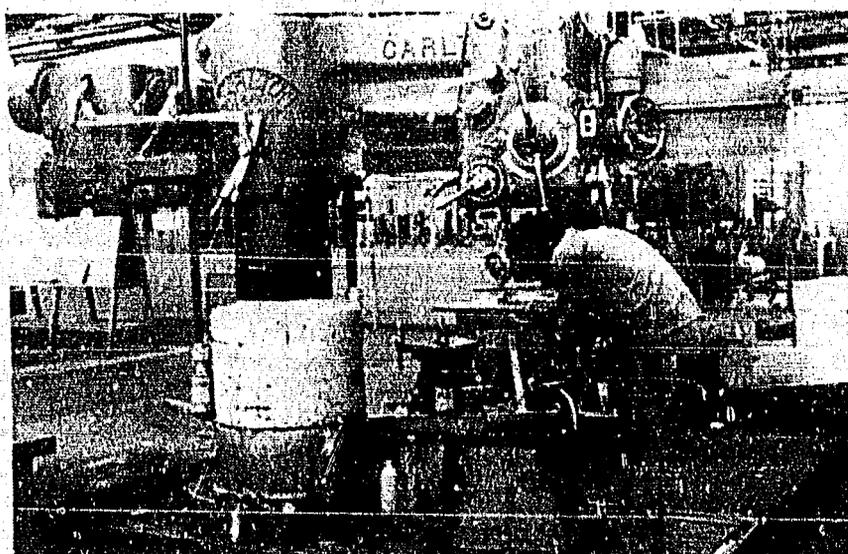
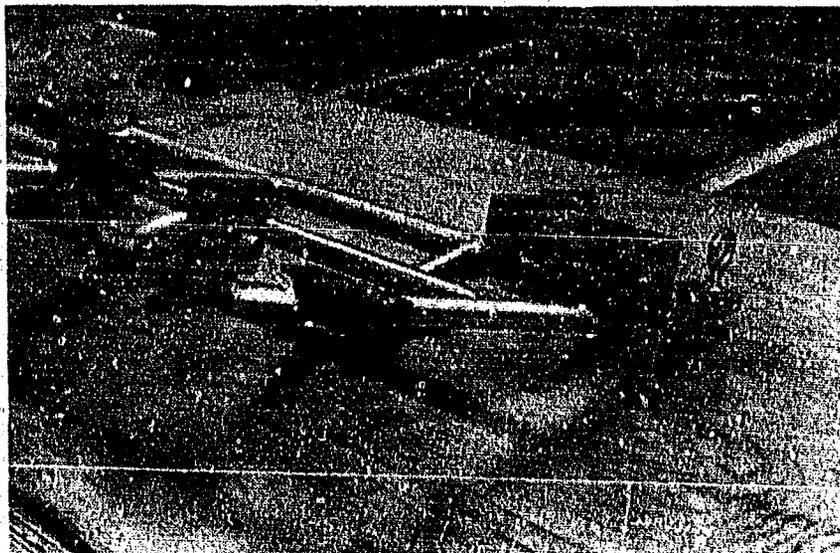


FIG. 2.35 Soporte en una Operación de Torneado



**FIG. 2.36 Taladro Radial ( Vease la plantilla de Barrenado )**

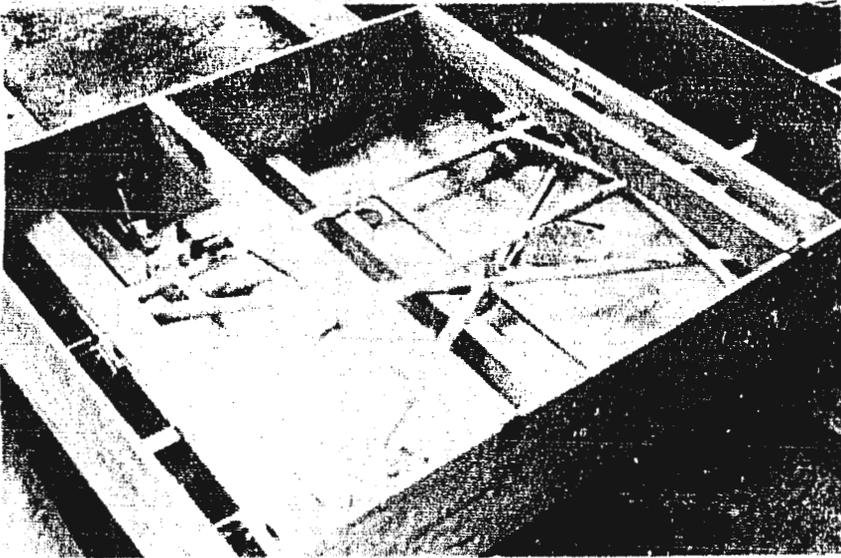
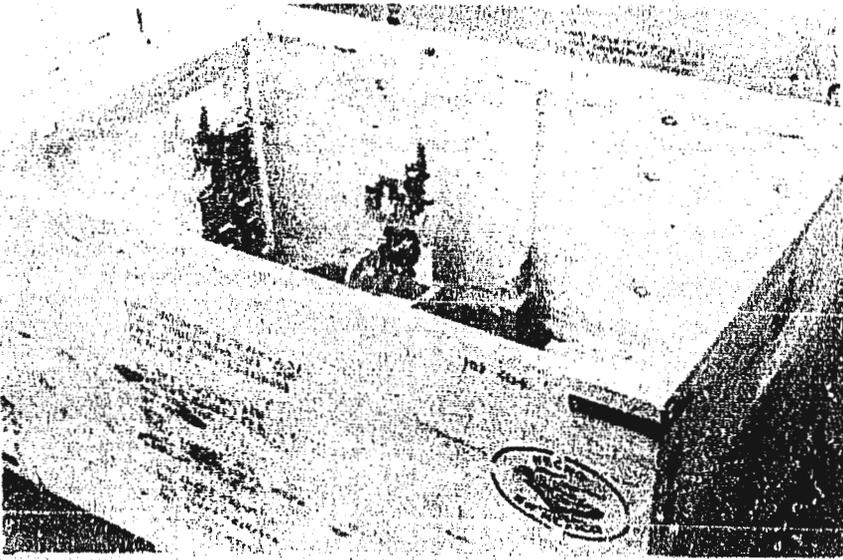
Si todas las operaciones anteriores han sido efectuadas con precisión, la labor de ensamble se facilita muchísimo limitándose a hacer los ensambles y ajustes correspondientes, identificando los detalles y dando los toques finales como son pintura, engrasado y haciendo una prueba funcional al herramental, ya sea con una carrocería piloto previamente certificada por control de calidad o con unos dispositivos verificadores con los cuales se asegura que todas las herramientas sean exactamente iguales.



**FIG. 2.37** Dispositivo de Verificación

Es común hacer primero un juego de herramientas prototipo o "piloto", - que se prueba o ajusta a las necesidades del cliente, incorporándole todos los cambios de Ingeniería que se crean convenientes y actualizando los planos, para que de ésta manera el resto de las herramientas o balance - se procesen sin grandes problemas ni pérdidas económicas.

Una vez concluida la manufactura, se empacan adecuadamente las herramientas y se embarcan a su destino, donde se hacen los últimos ajustes - y se instalan en su lugar definitivo. Ver. Fig. 2.38.



**FIG. 2.38** Empaque de los Dispositivos.

## 2.4 Aplicación y usos.

Corno ya se indicó con anterioridad, las herramientas manuales se usan - en plantas con baja producción, o sea hasta 8 unidades por hora.

Si consideramos el turno normal de 8 Hrs. /día y 5 días laborables, a la - semana, ( 260 días al año ), con este herramental se podrán armar 64 - autos diarios, ó  $64 \times 260 = 16,640$  unidades al año.

Eso en el caso de tener un solo juego de herramientas en la línea.

Obviamente existirán operaciones críticas, o " cuellos de botella ", en los cuales se tiene que aumentar la productividad o dicho de otro modo, efi---cientar la operación, ya sea cambiando métodos, simplificando la labor, au tomatizando a simplemente aumentando el número de herramientas y ope- rarios.

Esta es muchas veces la solución que se usa; si la demanda aumenta, se - duplican las herramientas que hacen las operaciones críticas, e incluso - se hace un juego extra de todo el herramental. Pero esto lógicamente tie- ne un límite, pues llega un momento en el que ya no resulta costeable au- mentar el número de prensas tanto por espacio, como por costo.

Otro factor muy importante es el elemento humano ya que para operar los dispositivos manuales son necesarios por lo general, dos operarios por prensa o mas.

Uno de ellos recibe el material ya sea de los contenedores de almacenamiento, o de alguna operación previa, y lo monta en la prensa, mientras que el otro cierra todos los clamps y revisa que todo este bien. El punteo se hace entre los dos para posteriormente sacar los estampados de la prensa y llevarlos o depositarlos en los lugares adecuados.

Esto implica que al duplicar el número de prensas, se duplique también el personal, con todos los problemas que esto causa. Sin embargo estas herramientas han desarrollado por muchos años una labor extraordinaria, ya que además de su robustéz, son 100% confiables al carecer casi por completo de complicaciones, lo cual reduce su mantenimiento a cero.

Son muy pocas las partes que requieren cambios. Estas son generalmente las partes móviles como clamps y los cobres que sirven para evitar que los puntos de soldadura que van en partes visibles sean notorias. ( Ver Capítulo IV ).

Al manufacturarse la herramienta deben incluirse 2 ó 3 juegos de cobres adicionales que serán guardados como partes sueltas para reponerlos cuando haga falta, y ésto es a lo sumo una vez al año.

Fuera de esto las herramientas manuales no necesitan mas que una engrasada periódica.

Una desventaja grande es que no tienen ninguna adaptabilidad y son de uso exclusivo: cualquier cambio en el modelo implica un cambio en el herramental y este tendrá que hacerse totalmente nuevo ( sin piezas de recuperación ), cuando los cambios en los estampados son drásticos, lo cual encarece grandemente sus costos.

La calidad obtenida a partir de este tipo de herramientas es bastante alta y constante. Sin embargo por la frecuencia de la operación, los operarios buscan la forma de ahorrarse trabajo y tiempo, y puede darse el caso de que no cierren todas las prensas, e incluso que reduzcan el número de puntos especificados en las hojas de proceso. Con lo cual se expone la producción a la responsabilidad que los operarios tengan en su trabajo.

Por otro lado, el costo de este tipo de herramienta es menor que los dispositivos automatizados.

## 2.5 Estudio Económico

El factor económico en la ingeniería es muy importante, máxime en México donde generalmente se trabaja con recursos limitados.

En este punto se hará una evaluación económica de cada una de las prensas de control manual que suelen utilizarse en un programa de baja producción.

Para ello se calculará el costo que genera cada dispositivo en función de su tamaño, complejidad y de la cantidad de ensambles que pueda lograr en un período definido de tiempo.

Influyen en el costo los siguientes puntos:

- a) Costo del diseño de la prensa.
- b) Costo del material del cual se constituye la prensa
- c) Costo de manufactura del dispositivo
- d) Costo de operación
- e) Costo del mantenimiento
- f) Factor dado por la cantidad de unidades ensambladas
- g) Costo de la energía utilizada en la operación.

En este estudio el costo total de las prensas será calculado a 3 años pues se considera que ésta es la vida promedio de un herramental. De tal ma

nera, que el costo total de cada dispositivo estará dado por la siguiente -  
expresión:

$$(2.1) \quad Q_t = Q_{t_1} + Q_{t_2} + Q_{t_3}$$

Donde:

$Q_t$  = Costo total del ensamble

$Q_{t_1}$  = Costo total del primer año

$Q_{t_2}$  = Costo total del segundo año

$Q_{t_3}$  = Costo total del tercer año

El costo anual está dado por

$$(2.2) \quad C_a = \frac{\frac{C_m}{3} + O + S + E}{N}$$

De donde

$C_a$  - Costo por año

$C_m$  - Costo del diseño y la manufactura del herramental

$O$  - Costo de operación en un año

$S$  - Costo de mantenimiento en un año

$E$  - Costo de la energía utilizada en la operación ( neumática, hidráulica, eléctrica, etc. )

$N$  - Factor dado por la cantidad de unidades ensambladas en la unidad de tiempo ( un año )

En este tipo de dispositivos de tipo manual, no existe gasto alguno de energía y el mantenimiento requerido es mínimo, por lo cual podemos deshechar -- estas variables, y así, la ecuación ( 2.2 ) queda reducida de la siguiente --

forma:

$$(2.3) \quad C_a = \frac{\frac{C_m}{3} + 0}{N}$$

Y por lo tanto

$$(2.1) \quad Q_t = Q_{t1} + Q_{t2} + Q_{t3}$$

Queda definido como:

$$(2.4) \quad Q_t = \frac{\frac{C_m}{3} + 0_1}{N_1} + \frac{\frac{C_m}{3} + 0_2}{N_2} + \frac{\frac{C_m}{3} + 0_3}{N_3}$$

Definamos a continuación cada una de las anteriores variables en forma detallada.

#### A. - Costo del Diseño y Manufactura.

Estos costos son proporcionados por las empresas que diseñan y manufacturan los herramientas.

Sin embargo, dichas empresas tienen que proporcionar sus precios estimados en base a experiencias anteriores de manufactura de herramientas similares.

Para nuestro estudio, se ha tomado el costo promedio de tres herramientas completas tanto de diseño y manufactura. El costo fue obtenido al multiplicar el estimado en horas hombre de labor, por el precio por hora/hombre promedio de varios talleres del área metal-mecánica en México.

Ver. Tabla ( 2.1 )

TABLA 2.1 COSTO DEL DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN HERRAMENTAL MANUAL

N°.	CANT.	DESCRIPCION	DISEÑO		MANUFACTURA			COSTO TOTAL		
			HRS.	TOTAL	MTL.	HRS.	TOTAL	MTL.	HRS.	TOTAL
1	1-1	Salpicadera Delantera (D/I)	591	236.4	119.8	913	485.0	119.8	1504	721.4
2	1	Estructura del Frente	360	144.0	145.7	1197	624.5	145.7	1557	768.5
3	1	Verificadora del Frente	630	252.0	140.2	904	501.8	140.2	1534	753.8
4	1	Piso Delantero	352	140.8	47.2	418	214.4	47.8	770	355.2
5	1	Ensamble del piso	634	253.6	178.3	1034	591.9	178.3	1668	245.5
6	1-1	Lat. Int. Trasero del Toldo (D/I)	206	82.4	23.4	316	149.8	23.4	522	232.2
7	1-1	Cuarto trasero (D/I)	846	338.4	190.9	1127	641.7	190.9	1973	980.1
8	1-1	Salpicadera Trasera (D/I)	363	145.2	78.3	783	391.5	78.3	1146	536.7
9	1-1	Ensamble del Costado (D/I)	2035	814.0	422.5	2753	1,523.7	422.5	4783	2,337.7
10	1	Porta paquetes	213	85.2	38.3	251	138.7	38.3	464	223.9
11	1	Panel inferior trasero	133	53.2	16.4	164	82.0	16.4	297	135.2
12	1	Ensamble principal	2029	811.6	827.7	4185	2,501.7	827.7	6214	3,313.3
TOTAL			8392	3,356.8	2,228.5	14,045	7,846.5	2,228.5	22,437	11,203.3

VALORES EN M.N. ( MILES DE PESOS )

- NOTAS:
1. - Datos proporcionados por la planta de operaciones de exportación ( Ford Motor Co., S.A. ).
  2. - Se considera el promedio de 3 juegos de herramientas para los totales de horas de diseño y manufactura.
  3. - El costo por hora se estima en \$400.00/Hr. M.N. ( Promedio por hora-hombre en talleres metal-mecánicos. a agosto 1981 ).

## B. - Costo de Operación.

Este costo se obtiene a partir del número de operarios necesarios en cada prensa y de la cantidad de subensambles posibles por unidad de tiempo.

Este último factor es función de la complejidad de la operación y del tamaño de las piezas a unir.

A continuación se desarrollan un par de ejemplos para calcular el costo de operación.

Para esto se deben conocer varios puntos como son:

- a) El número de piezas a unir.
- b) Sus dimensiones forma y peso.
- c) La cantidad, dificultad, localización y tipo de los puntos de soldadura a aplicar.
- d) Las diferentes clases de pistolas de punteo y su cantidad.
- e) La secuencia de operación ( Carga del material a la prensa ) enclampado, punteo, desenclampado y descarga.
- f) Las características de la prensa ( Tamaño, número de unidades constituyentes, distancias generales etc. )
- g) Distancia existente entre los lugares de almacenamiento de materiales y la prensa, así como de ésta al lugar donde debe ser depositado el subensamble.
- h) Consideraciones generales, como la disponibilidad y entrenamiento del personal, recursos económicos, condiciones ambientales y de trabajo, -

Infraestructura, relaciones sindicales etc.

Una vez que son conocidas todas estas variables se debe hacer un estimado por operación con tiempos que se basen en estudios reales de trabajos hechos con anterioridad.

Para los siguientes ejemplos, todos los datos fueron proporcionados por la: "Assembly value engineering estimating guide, Body section, Automotive - assembly division, Ford Motor Company "

Ejemplo No. 1 Prensa para ensamblar el guardafango y el larguero lateral delantero.

Tenemos definidas las siguientes variables:

- a) Número de piezas a unir: 4
- b) Características de las piezas y descripción:
  - Salpicadera delantera
  - Soporte de la Transmisión
  - Miembro lateral delantero
  - Refuerzo Salpicadera delantera

No son piezas muy grandes, pero si muy irregulares.

- c) Puntos a dar: 26
- d) Cantidad de pistolas: 4 ( 2 en la prensa del lado derecho y 2 en la del lado izquierdo )
- e) Secuencia de operación:

1. - Tomar de la reserva 4 detalles:
  - Salpicadera delantera
  - Soporte de la transmisión
  - Miembro lateral delantero
  - Refuerzo Salpicadera delantera
2. - Cargar a la herramienta:
  - Salpicadera delantera
  - Soporte de la transmisión
  - Miembro lateral delantero
3. - Cerrar prensas o "clamps "
4. - Soldar miembro lateral del soporte de la transmisión  
4 puntos de soldadura
5. - Soldar " salpicadera " al " miembro lateral delantero "  
4 puntos dobles
6. - Soldar " salpicadera " al " miembro lateral delantero "  
4 puntos
7. - Soldar " salpicadera " al " miembro lateral delantero "  
6 puntos dobles
8. - Cargar a la herramienta " refuerzo salpicadera delantera "
9. - Cerrar prensas o "clamps "
10. - Soldar " miembro lateral delantero " al " refuerzo salpicadera delantero "  
8 puntos

11. - Abrir todas las prensas o clamps.

12. - Descargar el subensamble de la " salpicadera delantera "

f) Características de la prensa:

- Manual

- 7 unidades

- Una herramienta ensamblará el lado derecho y otra el izquierdo.

g) Distancias: Estándar. ( 2 a 3 mts. de la prensa y a una altura adecuada ).

h) Consideraciones especiales: Ninguna.

Tomaremos a un sólo operario como referencia para comenzar el estudio, - -  
dado que las piezas a ensamblar no son de gran tamaño ni peso y los puntos a  
aplicar no se consideran excesivos así como tampoco es una herramienta muy  
grande y con muchos " clamps ". El estudio nos dará luz para saber si es ne  
cesario aumentar el número de operarios, prensas o ambos.

Para los tiempos de operación ver la gráfica 2.1

TIEMPO ESTIMADO POR OPERACION

TIEMPO	OPERARIO	ACUMULADO
0.10	OP 1	
0.20		
0.30		
0.40		
0.50	.50 MIN OP 2	0.50
0.60		
0.70	.20 MIN OP 3	0.70
0.80	.15 MIN	0.85
0.90	OP 4	
1.00		
1.10	.22 MIN OP 5	1.07
1.20		
1.30		
1.40	.28 MIN OP 6	1.35
1.50		
1.60	.22 MIN OP 7	1.57
1.70		
1.80		
1.90		
1.99	.37 MIN	1.94
2.00		1.99
2.04	OP 10	2.04
2.10		
2.20		
2.30		
2.40	.39 MIN	2.43
2.50	OP 11	
2.60	.18 MIN	2.61
2.70	OP 12	
2.80		
2.90	.30 MIN	2.91
3.00		
3.10		

GRAFICA 2.1 TIEMPO ESTIMADO EN BASE A UN SOLO OPERARIO (SOLO LADO DERECHO)  
 "PRENSA PARA ENSAMBLAR LA SALPICADERA DELANTERA"

**Conclusiones:**

Tiempo del ciclo: 2.91 min.

Contingencia ...: 0.30 min ( 10.26% )

Total .....: 3.21 min.

Capacidad máxima: 149 unidades ( 1 turno de 8 horas ).

Capacidad máxima: 289 unidades ( 2 turnos de 15.5 hrs. ).

Capacidad al 80%: 119 unidades ( 1 turno )

Capacidad al 80%: 230 unidades ( 2 turnos )

Unidades por hora: 15

Estos resultados son para un sólo lado, ya sea el derecho o el izquierdo, - por lo tanto con un sólo operario, sólo se podrán obtener 7.5 unidades cada hora.

Si nuestra producción requerida es de mayor capacidad, entonces será necesario incrementar el número de operarios, de prensas o automatizar la operación.

Ejemplo No. 2 Prensa para subensamblar el piso.

Con las siguientes características:

a) Número de piezas a unir: 8

b) Características y nombre de las piezas:

- Estructura del frente
- Piso delantero
- Piso trasero
- ( 2 ) Extensión piso trasero
- Refuerzo transversal del piso

- ( 2 ) Miembro lateral interior

Son piezas ensambladas ya anteriormente en otros dispositivos, grandes y pesadas. Es recomendable que el manejo se efectúe por lo menos entre dos operarios.

c) Puntos a dar: 102

d) Cantidad de pistolas: 7

e) Características de la prensa:

- Operación manual
- 13 unidades ( 12 clamps )
- Una sola prensa para todo el piso

f) Distancias: estándar

g) Consideraciones especiales: Ninguna

h) Secuencia de operación:

op 1 Tomar de la reserva la " estructura del frente ( a ) "

op 2 Tomar de la reserva el " piso delantero ( b ) "

op 3 Tomar de la reserva el " piso trasero ( c ) "

op 4 Tomar de la reserva ( 2 ) " ext. piso trasero ( d ) "

op 5 Tomar de la reserva el " refuerzo transversal del piso ( e ) "

op 6 a 10 Cargar a la herramienta cada subensamble

op 11 Cerrar prensas o "clamps"

op 12 Soldar " ext. piso trasero" al " piso trasero " 16 puntos

op 13 Soldar " piso trasero " al " piso delantero " 3 puntos

- op 14 Soldar " refuerzo transversal del piso" al "piso delantero" 6 puntos
- op 15 Soldar " estructura del frente " al " piso delantero " 2 puntos
- op 16 Soldar " piso trasero " al " piso delantero " 2 puntos
- op 17 Soldar " refuerzo transversal del piso " al " piso delantero " 4 puntos
- op 18 Soldar " estructura del frente " al " piso delantero " 1 punto
- op 19 Tomar de la reserva ( 2 ) " miembro lateral interior "
- op 20 Cargar a la herramienta el " miembro lateral interior "
- op 21 Cerrar prensas
- op 22 Soldar " estructura del frente al " miembro lateral interior "
- 10 puntos
- op 23 Soldar el " miembro lateral interior " al " refuerzo transversal "
- 5 puntos
- op 24 Soldar el " piso trasero " al " miembro lateral interior " 12 puntos
- op 25 Abrir prensas o clamps
- op 26 Descargar subensamble de piso

Para los tiempos de operación, ver la gráfica No. 2.2

#### Conclusiones:

Tiempo del ciclo: 4.00 min.

Contingencia.....: 0.41 min. ( 10.26% )

Total .....: 4.41 min.

Capacidad máxima: 108 unidades ( 1 turno 8 hrs. )

Capacidad máxima: 210 unidades ( 2 turnos 15.5 hrs. )

Capacidad al 80%: 86 unidades ( 1 turno )

TIEMPO ESTIMADO POR OPERACION

TIEMPO	OPERARIOS					TIEMPO ACUMULADO
	LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO		ATRAS	
	ADELANTE	ATRAS	ADELANTE	ATRAS		
0.10	OPS. 1a 10	OPS. 1a 10	OPS. 1a 10	OPS. 1a 10	OPS. 1a 10	
0.20						
0.30	.30 MIN	.30 MIN	.30 MIN	.30 MIN	.30 MIN	0.30
0.40	/	OP 11	/	OP 11	/	
0.50	/		/		/	
0.60		.36 MIN		.36 MIN		0.66
0.70	OP 13	/	OP 13	/	OP 12	
0.80		/		/		
0.90						
1.00						
1.10	.49 MIN		.49 MIN			
1.20	OP 14	OP 16	OP 14	OP 16		1.15
1.30						
1.40		.26 MIN		.26 MIN		1.41
1.50		/		/		
1.60						
1.70	.63 MIN		.63 MIN			
1.80	OP 15	OP 17	OP 15	OP 17		1.78
1.90						
2.00					1.41 MIN	
2.10		.37 MIN		.37 MIN	/	2.07
2.20		/		/	/	2.15
2.30	.51 MIN		.51 MIN			
2.40	OP 19 .10 MIN	OP 18	OP 19 .10 MIN	OP 18		2.29
2.50	OP 20 .05 MIN	.23 MIN	OP 20 .05 MIN	.23 MIN	OP 20 .05 MIN	2.39
2.60	OP 21 .08 MIN	OP 22	OP 21 .08 MIN	OP 22	OP 21 .08 MIN	2.47
2.70	OP 24		OP 24		/	2.52
2.80					/	2.60
2.90					/	
3.00		.50 MIN		.50 MIN	/	
3.10	.66 MIN	OP 23	.66 MIN	OP 23	/	3.02
3.20	/		/		/	3.10
3.30		.35 MIN		.35 MIN	/	3.32
3.40	OP 25		OP 25		/	3.37
3.50		/		/	/	
3.60	.30 MIN		.30 MIN			3.60
3.70	/		/		OP 26	3.62
3.80						
3.90						
4.00					.40 MIN	4.00

GRAFICA 22 TIEMPO ESTIMADO EN BASE A 5 OPERARIOS  
 "PRENSA PARA ENSAMBLAR EL PISO"

Capacidad al 80%: 168 unidades ( 2 turnos )

Producción.....: 10.8 unidades por hora

Como se ve en los ejemplos anteriores, es necesario considerar muchas variables para que el análisis sea apropiado y aproximado a la realidad.

Nótese que a pesar de ocupar a 5 operarios en la prensa de ensamble del piso, sólo es posible armar 10 piezas cada hora, mientras que en la prensa de ensamble del guardafangos delantero es posible armar 15 piezas por hora con sólo dos operarios.

De igual forma que en estas herramientas, se hace un estudio similar con todos los demás dispositivos. Cuando se tienen ya los resultados se analizan y se ven los "cuellos de botella" o puntos críticos, tomándose las debidas providencias para incrementar la productividad en esos puntos o prensas.

Los recursos mas acudidos para lograr un incremento en producción son los siguientes:

- a) Aumentar el número de turnos a 2 ó 3.
- b) Incrementar el número de operarios por prensa.
- c) Construir mayor número de dispositivos de ensamble.
- d) Automatizar los dispositivos. ( Ver. comparación de tiempos en el capítulo III ).

Las tres primeras soluciones tienen limitaciones por razones obvias.

La automatización puede ayudar al ahorrar espacio y al abaratar costos, si se lleva a cabo en la forma y tiempos adecuados.

En la siguiente tabla se ven los resultados del análisis de costos de operación de un juego de dispositivos completo para una planta de baja producción.

TABLA 2.2 TIEMPO DE OPERACION PARA UN HERRAMENTAL MANUAL

No.	Cant.	Descripción	Cant. Unidades	Cant. Pistolas	Cant. Puntos	Tiempo Por pieza	80% Unidades Por Hora	Cantidad Operarios	Cantidad Hts.	* Unidades Por Año
1	1-1	Salpicadera Delan- tera	7	2	26	3.21	15.0	2	1RH-/LH	31,200
2	1	Estructura del - Frente	8	3	108	3.47	13.8	4	1	28,704
3	1	Verificación del Frente	--	--	---	---	---	--	1	---
4	1	Piso Delantero	3	2	24	3.87	12.4	2	1	25,792
5	1	Ensamble del Piso	13	7	102	4.41	10.8	5	1	22,464
6	1-1	Lat. Int. Tras. del Toldo	3	1	88	2.34	20.5	2	1RH-/LH	42,640
7	1-1	Cuarto Trasero	12	2	103	3.96	12.1	4	1RH-/LH	25,168
8	1-1	Salpicadera Trase- ra	10	1	28	3.29	14.5	1	1RH-/LH	30,160
9	1-1	Ensamble del Cos- tado	21	3	184	5.51	8.7	6	1RH-/LH	18,096
10	1	Portapaquetes	4	1	17	2.59	18.5	2	1	38,480
11	1	Panel Interior - Trasero	3	1	15	1.59	30.1	1	1	62,608
12	1	Ensamble Princi- pal	19	6	172	5.71	8.4	5	1	17,472

\* Considerando un turno de 8 Hrs. y 260 días hábiles al año.

Como se puede observar de la tabla No. 2.2, con este tipo de herramienta sólo será posible ensamblar hasta 8.4 unidades cada hora ya que aunque existen prensas muy eficientes, se deberá tomar como base la operación menos eficiente, en este caso, la operación de la prensa principal y de prensa para ensamble de cosados.

Definamos ahora el salario promedio diario en la industria automotriz mexicana:

Para ello veamos la tabla 2.3:

**TABLA 2.3 SALARIOS DIARIOS PROMEDIO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ MEXICANA EN MAYO DE 1981.**

Ford Motor Co.....	\$ 775.60
General Motors (D.F.) .....	\$ 728.23
General Motors ( Edo. de México ) .....	\$ 462.55
Chrysler de México ( D.F. ) .....	\$ 490.13
Chrysler de México ( Edo. de México ) .....	\$ 350.26
Nissan ( Morelos ) .....	\$ 425.10
Nissan ( Edo. de México ) .....	\$ 429.78
V.A.M. ( D.F. ) .....	\$ 426.67
V.A.M. ( Edo. de México ) .....	\$ 387.18
V.W. ....	\$ 464.78
<b>PROMEDIO .....</b>	<b>\$ 489.028 M.N.</b> <b>Diarios.</b>

Ref. Revista "Proyección " Ford Motor Co., Año II Núm. 14 mayo 1981

Para obtener el costo de operación debemos multiplicar el salario diario - promedio por el número de operarios de cada prensa y por el número de días hábiles durante los cuales las prensas esten en operación. Ya hemos definido que la vida promedio de una herramienta son 3 años que corresponden a 260 días laborables por año, o sea 780 días.

Sin embargo, el salario diario promedio seguramente se vera afectado por los índices inflacionarios y el encarecimiento de la mano de obra.

Para hacer un pronóstico que refleje esta situación, tomaremos como dato los incrementos salariales que han habido en los últimos 5 años en la industria automotriz mexicana.

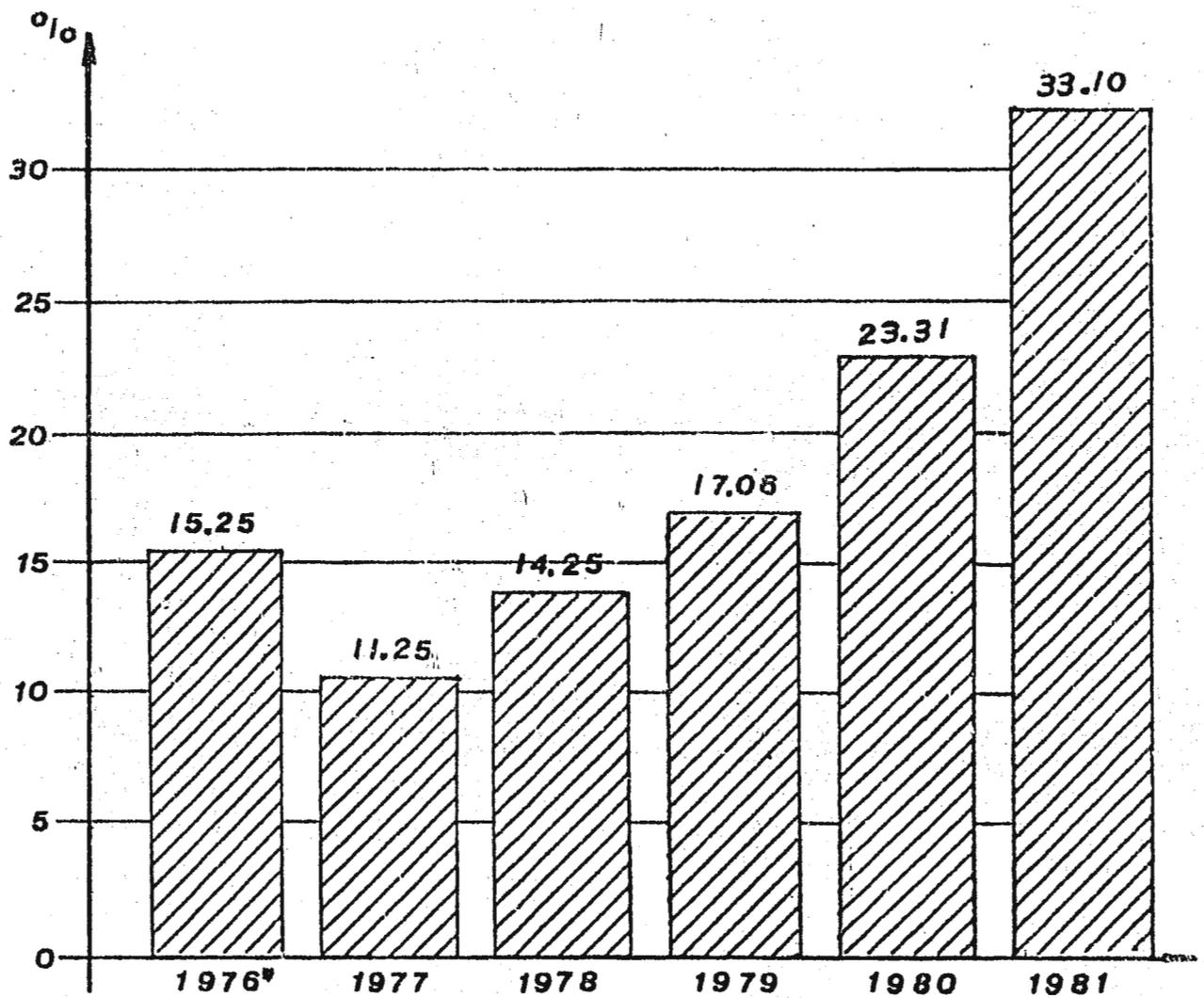
Ver Tabla 2.4 y Gráfica 2.3

TABLA 2.4 INCREMENTOS SALARIALES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ MEXICANA.

COMPAÑIA	INCREMENTO (%)						
	1976	1976'	1977	1978	1979	1980	1981
Ford Motor Co.....	18	23	15	15	18.5	27.5	36.5
Chrysler .....	15	23	10	13	18	20	23
General Motors ( D.F. ) ....	14	23	10	13	17	23	31
General Motors ( Edo. de Méx.)	15	23	10	14	17	23	32.5
Nissan .....	20	23	12	14	18	23	33
V.A.M. ( D.F. ) .....	12	23	10	14	15	25	
V.A.M. ( Edo. de Méx. ) ..	12	23	10	14	15	25	
V.W. ....	20	23	12	16	18	24	
PROMEDIO	15.25	23	11.25	14.25	17.06	23.31	33.1
% AUMENTO CADA AÑO	-	23 ( 26.22)	21.05	16.42	26.81	19.52	

( 1976' Aumento de emergencia como resultados de la devaluación del peso )

Ref. Revista "Proyección " Ford Motor Co., Año II Núm. 14, Mayo 1981



**GRAFICA 2.3 COMPARATIVA DE AUMENTOS DE SALARIOS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ MEXICANA A MAYO DE 1981**

**\*no se considera aumento de emergencia**

De las anteriores se deducen dos cosas:

1. - Cada año los aumentos salariales han sido mayores.
2. - El porcentaje en el cual se han incrementado dichos salarios es del 13.52% anual, si tomamos en cuenta que en 1977 se dió un decremento con relación al año de 1976 en el orden del 26.22%, gracias al aumento de emergencia del 76.

De otra manera, si no se toma en cuenta el aumento de emergencia el porcentaje de aumento sería del 23.45% cada año.

Con los datos anteriores podemos hacer un pronóstico para los próximos años. La tabla 2.5 muestra dichos incrementos:

TABLA 2.5 PRONOSTICO DE INCREMENTOS SALARIALES EN LOS PROXIMOS AÑOS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ - MEXICANA.

1981 .....	33.1%
1982 33.1 x 1.1352 .....	37.57%
1983 33.57 x 1.1352 .....	42.64%
1984 42.64 x 1.1352 .....	48.40%

1981 .....	\$ 489.00 diarios M.N.
1982 489 x 1.3757 .....	\$ 672.00 diarios M.N.
1983 672 x 1.3757 .....	\$ 958.00 diarios M.N.
1984 958 x 1.3757 .....	\$1,422.00 diarios M.N.

Teniendo como base los salarios anteriores, podemos calcular fácilmente los costos de operación de cada prensa.

Para ello se consideran 3 años de vida útil de la herramienta ( 260 días hábiles por año ) y un sólo turno de trabajo ( 8 horas diarias ).

Ver Tabla 2.6

TABLA 2.6 COSTOS TOTALES DE OPERACION PARA UN HERRAMENTAL MANUAL TRABAJANDO  
3 AÑOS ( 260 DIAS POR AÑO ) A UN TURNO ( 8 HRS. )

No.	Descripción de la Herramienta	Cantidad de Operarios	1982 1er. Año	1983 2do. Año	1984 3er. Año	Total
1	Salpicadera Delantera ( DER/IZQ )	2	349.4	498.2	739.4	1,587.0
2	Estructura del Frente	4	698.9	996.3	1,478.9	3,174.1
3	Verificador del Frente	--	--	--	--	--
4	Piso Delantero	2	349.4	498.2	739.4	1,587.0
5	Ensamble del Piso	5	873.6	1,245.4	1,848.6	3,967.6
6	Lateral Int. Trasero del Toldo (D/I)	2	349.4	498.2	739.4	1,587.0
7	Cuarto Trasero ( DER/IZQ )	4	698.9	996.3	1,478.9	3,174.1
8	Salpicadera Trasera ( DER/ IZQ )	1	174.7	249.1	369.7	793.5
9	Ensamble de Costado ( DER/IZQ )	6	1,048.3	1,494.5	2,218.3	4,761.1
10	Portapaquetes	2	349.4	498.2	739.4	1,587.0
11	Panel Inferior Trasero	1	174.7	249.1	369.7	793.5
12	Ensamble Principal	5	873.6	1,245.4	1,848.6	3,967.6
	T O T A L	34	5,940.5	8,468.7	12,570.5	26,979.7

VALORES EN M.N. ( MILES DE PESOS )

Como se verá, no es fácil hacer el estimado del costo de operación de las prensas para ensamblar un automóvil. Los factores podrían cambiar de un momento a otro y repercutir en el estimado, por lo cual conviene agregar un porcentaje de imprevistos a nuestro total estimado.

C. - Costo de Mantenimiento y Energía.

Los dispositivos manuales, por su robustéz y diseño no requieren mas que un mantenimiento mínimo, como limpieza, engrasado y ajuste de algunas piezas.

Tampoco requieren de ninguna fuente de energía para su accionamiento, excepto la que proporcionen los operarios.

Por estos motivos, tanto el costo de mantenimiento como el de la energía se consideran despreciables y no intervienen en nuestros cálculos.

## D. - Costo Total de las herramientas manuales.

Tomando en consideración todos los factores anteriores y aplicando la expresión ( 2.4 ), podemos calcular el costo total por prensa y por ensamble de un juego de dispositivos de tipo manual.

$$( 2.4 ) \quad Q_t = \frac{C_m + O_1}{N_1} + \frac{C_m + O_2}{N_2} + \frac{C_m + O_3}{N_3}$$

Analicemos detalladamente una prensa:

a) Prensa para ensamblar el guardafangos y el larguero lateral delantero

$$Q_t = \frac{\frac{768,500}{3} + 349,440}{31,200} + \frac{\frac{768,500}{3} + 498,160}{31,200} + \frac{\frac{768,500}{3} + 739,440}{31,200}$$

$$Q_t = 19.41 + 24.17 + 31.91$$

$$Q_t = \$75.49 \text{ por ensamble}$$

Siguiendo los mismos pasos con cada una de las prensas obtenemos el siguiente resultado:

TABLA 2.7 COSTO TOTAL POR ENSAMBLE DE UN JUEGO DE HERRAMIENTAS DE TIPO MANUAL

Nº	NOMBRE DE LA PRENSA	COSTO POR ENSAMBLE
1	Salpicadera Delantera	\$ 75.49
2	Estructura del Frente	\$ 135.71
3	Verificador del Frente	----
4	Piso Delantero	\$ 75.30
5	Ensamble del Piso	\$ 214.26
6	Lateral Int. Trasero del Toldo	\$ 42.65
7	Cuarto Trasero	\$ 165.06
8	Salpicadera Trasera	\$ 44.13
9	Ensamble del Costado	\$ 392.29
10	Portapaquetes	\$ 47.05
11	Panel Inferior Trasero	\$ 14.82
12	Ensamble Principal	\$ 416.71
	TOTAL .....	\$1,623.47 M.N.

El costo está basado en una producción máxima de 17,427 unidades al año, trabajando un turno.

Este costo seguramente parecerá bajo al lector, pero hemos de hacer notar que éste es solo el costo de operación del armado de una carrocería.

No se incluyen en este estudio, otros muchos factores como los salarios y prestaciones de todo el personal supervisorio, el de control de calidad, el administrativo, etc.

Tampoco se está tomando en cuenta, el costo de la materia prima que es muy alto, dado que en México, la inmensa mayoría de las armadoras importa el material de las carrocerías. Además se debe considerar que el ensamble de carrocerías es solo una pequeña parte del ensamble total, que incluye muchas piezas más y ante todo, que para lograr ensamblar un automóvil se requiere de una inversión y de una organización tremendas, no solo en la planta de armado sino en muchos proveedores y distribuidores de partes automotrices.

## 2.6 Sumario

Los dispositivos de ensamble de carrocerías de tipo manual, son y han sido durante muchos años, dispositivos fuertes, sencillos, muy confiables y relativamente económicos.

Por años han hecho el trabajo al cual fueron destinados eficientemente y casi sin problemas.

En México, se domina ya tanto el diseño como la construcción de estas herramientas. Sin embargo, el futuro para ellas se presenta dudoso.

Por sus características propias, tienen limitaciones que la producción actual, comienza a exigir: mas productividad y menores costos de operación.

Esta clase de máquinas como queda definido en este capítulo, puede ensamblar hasta 10 unidades cada hora como promedio, esto desde luego considerando que los elementos y medios a su alrededor, ( como transportadores, equipo, máquinas punteadoras, elemento humano, etc. ) sean los adecuados.

Por otro lado, queda patente en nuestro estudio que el encarecimiento de la mano de obra especializada no permite seguir aumentando el personal en forma irracional, lo que nos hace pensar, en automatismos que solventen,

en parte, los cada día mas altos costos de producción.

Sin embargo, no se descarta el uso de nuestros dispositivos manuales, pues éstos seguramente seguirán dando servicio mientras que sean productiva y económicamente rentables.

Por otro lado, hemos de admitir que estas máquinas, han creado una escuela y en ellas se basan todas las herramientas automáticas por mas sofisticadas que estas puedan ser.

### III. - DISPOSITIVOS AUTOMATICOS

#### 3.1 Características Generales

A diferencia de los dispositivos manuales, que son accionados por el esfuerzo físico de los operarios, los dispositivos automáticos, neumáticos e hidráulicos, utilizan algún medio fluido, para accionarse.

Este tipo de dispositivos, son mas rápidos que los manuales por lo que son usados en plantas de ensamble de alta producción. Esto como ya se indicó en los capítulos precedentes, quiere decir que se utilizan en plantas que arman mas de 15 unidades cada hora. Las plantas de mediana producción ( entre 15 y 25 unidades cada hora ) usualmente utilizan herramientas combinadas, de tal manera que algunas de sus unidades sean manuales y otras automáticas.

Plantas que ensamblan mas de 25 unidades cada hora normalmente requieren dispositivos y equipos mas sofisticados que con frecuencia, son totalmente automatizados.

Desde luego que la eficiencia de una planta no depende solo de las herramientas de ensamble. Para lograr una alta producción es necesario establecer una línea automática a todo lo largo del recorrido, usando bandas y trans-

portadores, equipos de almacenamiento y alimentación, detectores y sensores de proximidad etc., que no interrumpen o entorpezcan el altísimo ritmo de producción requerido.

En algunas plantas de los Estados Unidos, se ha logrado automatizar enormemente la producción utilizando robots industriales de los cuales hablaremos mas adelante y con mayor detalle y que son por ahora, sin duda, la revelación mas importante y novedosa a nivel industrial, en casi todos los tipos de industrias y empresas manufactureras, pues por su gran adaptabilidad y versatilidad, el robot se puede usar en casi cualquier operación industrial.

Tanto por los bajos volúmenes de producción, como por la hasta hace poco tiempo, mano de obra barata, en México no se ha desarrollado la automatización. Sin embargo, el gran crecimiento del país esta haciendo no solo recomendable sino absolutamente necesario, que automaticemos las operaciones de las industrias, como se han venido sistematizando ya muchas operaciones por computadora en los departamentos de servicio.

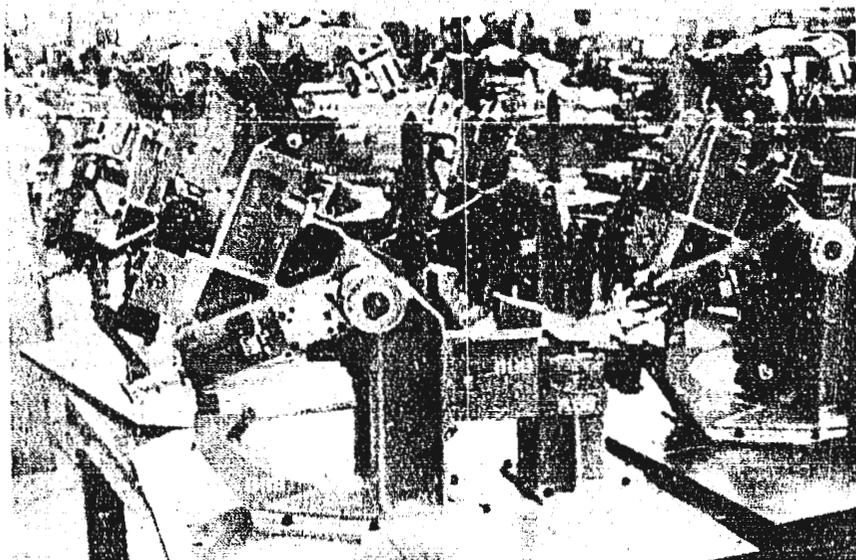
El cambio es difícil de ejecutar. Hay que cambiar procesos, operaciones y lo que resulta mas complicado: criterios, maneras de pensar de generaciones que durante años, han venido trabajando con los mismos sistemas.

Para que la automatización sea efectiva y adecuada hay que llevarla a cabo - con cuidado y después de un concienzudo estudio que considere todas las variables involucradas en el proceso, tales como costo de diseño y manufactura, mantenimiento, operacionabilidad, versatilidad, productividad, control, recuperación, costo de energía, factores de seguridad, calidad etc. Lo mas importante para tener éxito al automatizar una operación es ser oportunos. Ni mas temprano ni mas tarde. Debemos de estar preparados para el cambio en el momento y lugar mas convenientes.

En el presente capítulo, se tratará de dar un panorama sobre los elementos mas importantes de los dispositivos automáticos. Los elementos de trabajo, control, transmisión y generación de energía.

Estos principios son universales y por lo tanto, pueden adaptarse y aplicarse a muchos problemas y necesidades diferentes y no en forma exclusiva a herramientas de ensamble de autos.

De hecho, las herramientas de ensamble automáticas constan de los mismos elementos que los dispositivos manuales, y además tienen un circuito o mando que opera ciertos elementos de trabajo como motores, cilindros, etc. que moveran a su vez y en forma automática a las prensas o "clamps" para que sean estos los que sujetando y localizando a las partes metálicas, permitan al operario hacer sus ensambles en una forma mas eficiente.



**FIG. 3.1 Herramientas Neumáticas para Alta Producción.**

### 3.2 Principios de mando y regulación

En los dispositivos automáticos se pueden distinguir tres partes o bloques de elementos:

- a) Módulo de entrada.
- b) Módulo de transmisión y tratamiento de las señales.
- c) Módulo de trabajo.

O dicho de otro modo, existe un sistema de regulación de una señal, un sistema transmisor de dicha señal y un sistema a regular, que efectuará el trabajo deseado.

En esta sección trataremos de explicar los principios básicos para el mando, regulación y ejecución de señales en un sistema automático.

Antes de entrar en materia conviene recordar algunas definiciones de la noción de "Mando".

- "Dispositivo que sirve para generar grandes energías empleando otras menores"
- "Conjunto de órganos que sirven para modificar a menudo automáticamente la potencia de una máquina o su funcionamiento"
- "Elementos que transmiten la energía o movimiento con el fin de registrar la variación del estado de funcionamiento o gobernar otro órgano"

- "Control sin intervención humana de la alimentación de una máquina o - primera materia "
- "Conjunto de fenómenos en un ciclo que no pueden ser desarrollados secuencialmente con seguridad por el hombre "
- "Mandar o controlar, es el fenómeno engendrado en el interior de un sistema, durante el cual uno o varios parámetros considerados de entrada, influyen, según leyes propias del sistema, a otros parámetros considerados de salida. Este fenómeno origina una acción a través del órgano de transferencia, como tal o a través de la cadena de mando "

Esquemáticamente un mando podría representarse de la siguiente manera:

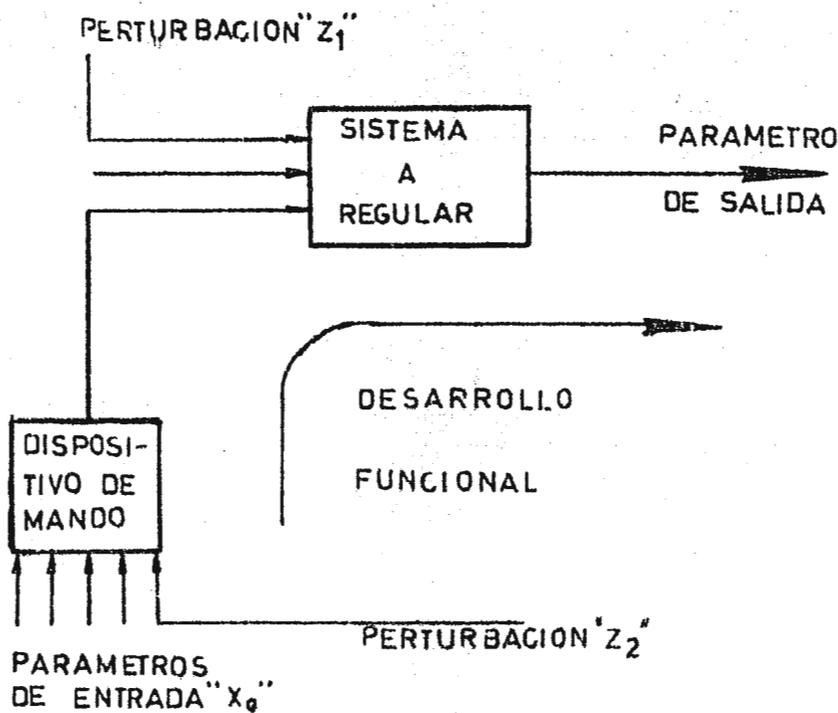


FIG. 3.2 Esquema de un principio de mando

Definamos ahora la noción de " regulación "

" Regular es el fenómeno mediante el cual, el parámetro de salida se toma constantemente en consideración y es comparado con otro de referencia, antes de ser adaptado, en función del resultado al parámetro de entrada. El desarrollo funcional que resulta es un círculo cerrado "

La regulación tiene por finalidad adaptar el valor del parámetro a regular, - a pesar de influencias parásitas o perturbadoras, al valor predeterminado - como parámetro de referencia.

El circuito de mando, figura 3.1 se transforma de la siguiente manera:

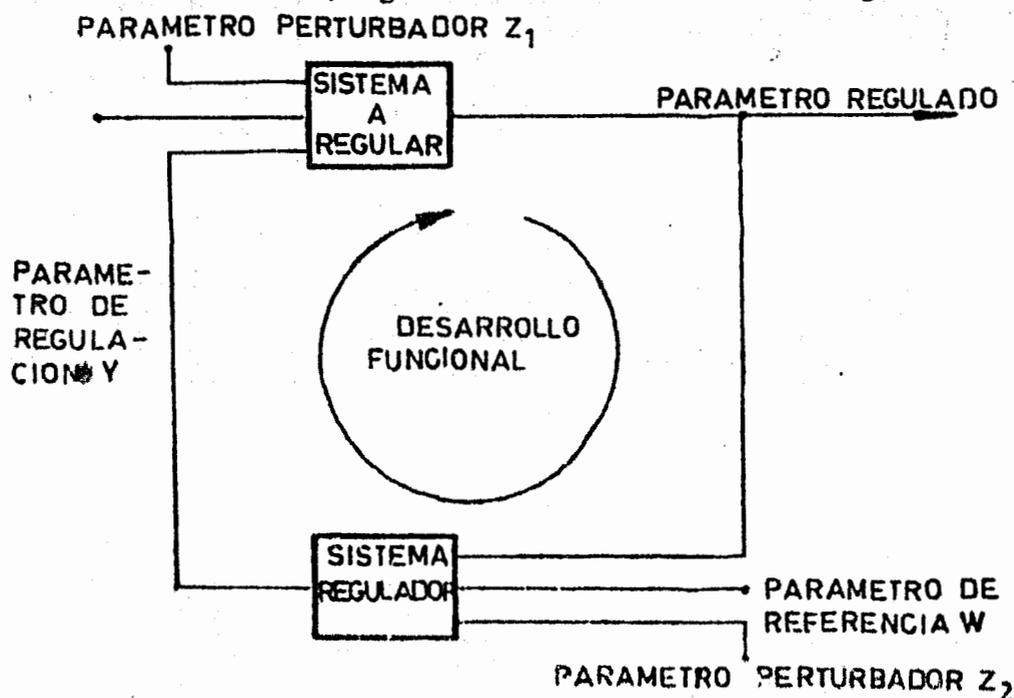


FIG. 3.3 Esquema de un principio de un mando regulado

La cadena o circuito de mando se caracteriza por un flujo de señales que parten desde la introducción hasta la salida de las señales ( ejecución de las órdenes ) pasando por el tratamiento de las señales.

Desde el punto de vista tecnológico, ello significa que el circuito de transmisión de las señales debe comprender un módulo de entrada, otro de tratamiento y el de salida.

Mencionemos algunos ejemplos de equipo:

- a) Variables de entrada: Finales de carrera mandados por leva o por rodillo; captadores de información sin contacto; relevadores fotoeléctricos; detectores de paso; detectores de proximidad; pulsadores; interruptores de mando manual; pedales, etc.
- b) Módulos de tratamiento: Circuitos lógicos eléctricos, relevadores, válvulas piloteadas neumáticamente, elementos lógicos etc.
- c) Organos de potencia: Contactores, distribuidores hidráulicos y neumáticos, etc.
- d) Elementos de trabajo: Motores eléctricos, neumáticos; cilindros neumáticos o hidráulicos.
- e) Existe la posibilidad de utilizar en el interior de un circuito de mando dos tipos de energía, a saber:

a) Energía de mando.

b) Energía de trabajo.

Por energía de trabajo se entiende la energía necesaria para accionar y controlar el órgano de trabajo ( cilindro o motor ), mientras que por energía de mando se entiende la energía que alimenta los órganos de tratamiento y de entrada.

### 3.3 Fuentes de Energía para Organos de Trabajo y mandos.

Energía disponible. Límites de utilización.

Las formas en que la energía se presenta y puede ser utilizada son muy variadas, por lo cual es conveniente definir los criterios a seguir para hacer la elección mas apropiada.

En la práctica la elección del sistema de mando puede no ser fácil ya que existen muchas cuestiones que hay que tener en cuenta tales como condiciones ambientales, mantenimiento, seguridad y confiabilidad del producto, dimensiones del equipo, etc. También es frecuente que un sistema utilice en forma simultánea dos o mas fuentes de energía tanto para los elementos de trabajo como para los de mando y regulación. Cuando esto acontece se dice que el sistema es mixto y se debe hacer notar que este tipo de circuitos son muy comunes en los dispositivos automáticos.

Enumeremos pues las fuentes energéticas mas comunes, los criterios de elección, las ventajas y desventajas de cada uno.

A. - Fuentes de energía para órganos de trabajo:

- a) Mecánica ( se usa solo en condiciones muy especiales )
- b) Eléctrica

- c) Neumática
- d) Hidráulica

B. - Criterios que definen la elección.

- a) Fuerza
- b) Distancia a recorrer
- c) Tipo de movimiento ( lineal, rotatorio )
- d) Velocidad
- e) Dimensiones generales del equipo
- f) Durabilidad
- g) Sensibilidad
- h) Fiabilidad
- i) Costo

C. - Características del equipo

- a) Electricidad

Acumulación difícil de la energía. Transmisión fácil y muy rápida. Costo reducido.

Fuerza disponible no muy elevada. Muy adecuada cuando las distancias entre los mandos y los órganos de trabajo son muy grandes.

La generación de movimientos lineales es complicada y cara puesto que hay que usar elementos de transformación de movimientos. Adecuada para mo-

movimientos de rotación aunque la regulación de la velocidad de rotación y del par es difícil y cara.

Las dimensiones generales del equipo son grandes.

En general los elementos no están protegidos contra sobrecargas y esta protección aunque posible es cara.

Mantenimiento laborioso.

#### b) Hidráulica

Acumulación de la energía dentro de estrechos límites. Transmisión limitada y lenta del movimiento. ( Distancia máxima 100 mts. velocidad de 2 a 6 mts/seg ).

Costo elevado de la energía.

Generación de movimientos lineales muy simple aunque la velocidad de trabajo es reducida ( hasta 0.5 mts/seg )

Fuerzas disponibles muy grandes.

Generación de movimientos rotativos simple. Velocidades bajas pero a régimen constante. Buen rendimiento en general y par elevado.

En general los elementos están protegidos contra la sobrecarga. Las instalaciones no son fáciles por la canalización y como las presiones son altas,

se requiere de una estanqueidad absoluta, lo cual eleva el precio del equipo.

### c) Neumática

Acumulación fácil de la energía. Transmisión limitada y relativamente lenta ( hasta 100 mts. de distancia y de 20 a 40 mts / seg. )

El costo de la energía es muy elevado.

Generación de movimientos lineales simple y económica.

La velocidad de trabajo es elevada ( hasta 2 mts/seg ) aunque las longitudes son limitadas ( no mas de 2 mts. ). Las fuerzas también son limitadas ( hasta 4000 Kp como máximo ). Dimensiones pequeñas del equipo.

Generación de movimientos rotativos simple y económica aunque el rendimiento es deficiente. La velocidad de rotación es muy elevada. El par disponible es relativamente bajo.

En general los elementos están protegidos contra las sobrecargas. El equipo es antiexplosivo. La regulación de la velocidad y el par es simple.

D.- Fuentes de energía para órganos de mando:

- a) Mecánica ( con grandes limitaciones )
- b) Electricidad
- c) Electrónica
- d) Neumática alta presión

- e) Neumática baja presión
- f) Hidráulica ( en mucha menor proporción )

**E. - Criterios para la elección del sistema:**

- a) Velocidad de las señales
- b) Tiempo de conmutación de los elementos.
- c) Fiabilidad de los elementos.
- d) Longevidad
- e) Insensibilidad a las influencias ambientales
- f) Dimensiones del equipo
- g) Mantenimiento
- h) Costo.

## F.- Características Generales

Característica	Electricidad	Electrónica	Neumática Alta Presión	Neumática Baja Presión
Velocidad de transmisión de las señales:	Muy elevada aprox. la velocidad de la luz		40-70 m/s	100 a 200 m/s En ciertos casos hasta la velocidad del sonido
Distancia	Practicamente ilimitada		Limitada por la velocidad de transmisión de las señales	
Tiempo de respuesta de los elementos:	Menos de 10 microsegundos	Mas de 10 microsegundos	Menos de 10 microsegundos	Menos de 1 microsegundo
Fiabilidad:	Insensible a las condiciones ambientales	Muy sensible a las condiciones ambientales	Insensible a las condiciones ambientales. Gran longevidad	Insensible a las condiciones ambientales. Sensible al aire comprimido - contaminado
Dimensiones:	Grandes	Muy pequeñas	Muy grandes	Pequeñas
Tratamiento de las señales:	Digital	Digital Analógico	Digital	Digital Analógico
Componentes:	Contactores Relevadores	Válvulas Transistores	Distribuidores	Elementos estáticos y dinámicos

Si aplicamos estos criterios de selección y características a nuestros dispositivos de ensamble, podremos concluir lo siguiente:

a) Elementos de Trabajo:

En la mayoría de los casos no son necesarios movimientos de rotación, sin embargo son muy usuales los movimientos lineales.

Por ello queda excluida la electricidad como energía para los órganos de trabajo.

Se pueden utilizar cilindros hidráulicos o neumáticos para accionar las prensas. Sin embargo, una fuerza muy grande, podría dañar las partes de la carrocería y se solicita una alta velocidad para lograr la producción deseada.

Dadas esas consideraciones se antoja que la energía neumática es la más adecuada para este tipo de dispositivos. Aunque la energía es cara, un circuito con buena estanqueidad, ( sin fugas ) da altos rendimientos.

b) Elementos de Mando:

Las distancias que separan los mandos de los elementos de trabajo no son muy grandes. Dadas las durísimas condiciones a que son sometidos los dispositivos, se necesita que el equipo sea resistente y de larga duración. Las dimensiones no son muy importantes ya que estos dispositivos van fijados al suelo y se dispone por lo general de suficiente espacio para su instalación.

Por lo cual, el equipo adecuado está compuesto por elementos de mando - neumáticos, tanto de baja como de alta presión. Dado su bajo costo inicial, su gran longevidad y su gran confiabilidad.

Desde luego que para cada aplicación y cada problema específico tendrá que hacerse un estudio detallado de la energía a usar.

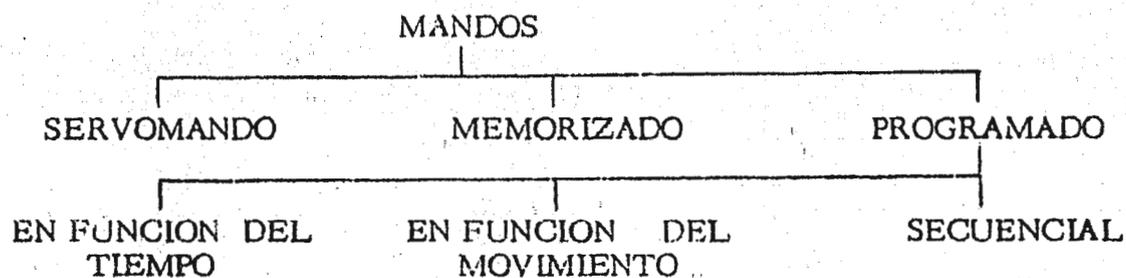
Para los robots industriales, que tienen gran versatilidad se hace necesario el control electrónico y un tratamiento muy sofisticado de las señales.

Sin embargo, una herramienta automática con un trabajo específico que desarrollar, se puede programar fácilmente por medio de elementos neumáticos.

### 3.4 Clasificación de los Organos de mando según su función

Otra clasificación muy importante para los mandos depende no de la energía utilizada, como la clasificación anterior, sino de la función que efectúan.

Tipos de mando según la función que efectúan:



- A) Servomando: Existe siempre una relación unívoca entre el parámetro de referencia y el de salida,

Ej. :-Torno copiador, en el cual los movimientos de la herramienta de corte son mandados directamente por movimientos en el copiador.

- La regulación de una lámpara, su luminosidad está siempre en función de la posición del potenciómetro o transformador.

( Ver Fig. 3.4 )

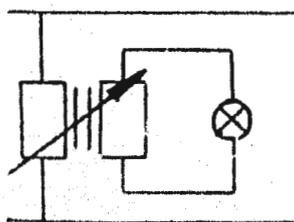


FIG. 3.4

B) Mando Memorizado: Después de la supresión del parámetro de entrada, el valor obtenido para la salida queda mantenido - hasta la entrega de una contraorden, es decir, una señal en sentido inverso.

Ej.: Puesta en marcha y paro de un motor por medio de pulsadores.

Ver. Fig. 3.5

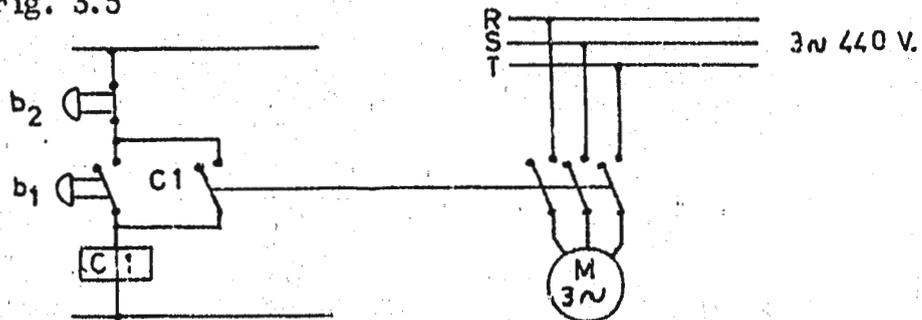


FIG. 3.5

Al accionar el pulsador, el contactor  $C_1$  con automantenimiento se energiza y aún después de retirar  $b_1$  el motor continuará en marcha hasta que se accione  $b_2$  que mandará desenergizarse la bobina  $C_1$  que parará el motor.

C) Mando Programado en función del tiempo:

Los parámetros de entrada o referencia son suministrados por unos transmisores de programa temporizado. Pueden servir como transmisores de programas temporizados:

- Un árbol de levas.
- Tarjetas perforadas.
- Bandas perforadas etc.

Ej.: Una cajita de música es un claro ejemplo. La banda rotatoria tiene memorizadas las señales de referencia y se desarrolla cronológicamente.

D) Mandos programados en función del desplazamiento:

Los parámetros de referencia son emitidos según una distancia determinada, recorrida por una pieza móvil del sistema o posición de la misma.

Ej.: Un cilindro de doble efecto, con un pulsador, para dar el movimiento de avance y un final de carrera que mandará el regreso del cilindro ( Ver Fig. 3.6 ) cuando este haya recorrido una distancia previamente establecida.

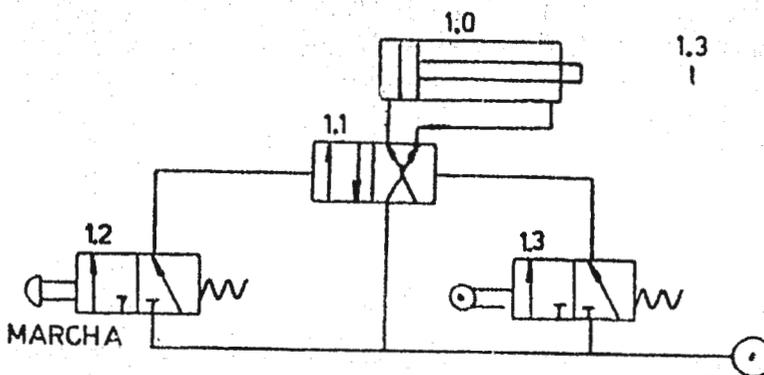


FIG. 3.6

E) Mandos programados secuenciales:

El programa secuencial está memorizado en el interior del transmisor, que en función del estado del sistema hace desarrollar paso a paso las diferentes fases del programa que posteriormente se incorporan al sistema. El

programa puede ser gobernado a partir de tarjetas perforadas, bandas magnéticas a cualquier otra memoria.

Estos mandos se caracterizan por un transmisor de programa y por un dispositivo capaz de explorar el estado obtenido por el sistema a mandar.

Ej.: Una máquina de control numérico.

La señal de avance o de inicio es dada por la banda previamente perforada.

Al final del trabajo efectuado el " estado de la máquina " es informado por un detector. Cuando es alcanzada esta posición se manda una señal que hace avanzar la banda perforada la cual a su vez mandará una segunda señal al sistema.

Con estos mandos se tiene la ventaja de la versatilidad del sistema pues no es necesario variar ninguna parte física del sistema para variar las condiciones del mismo. Todo está en función del programa. Desde luego estos mandos son mas sofisticados y mas caros.

## 3.5 Principios de mando en circuitos neumáticos

a) Circuito con un cilindro de simple efecto y mando directo.

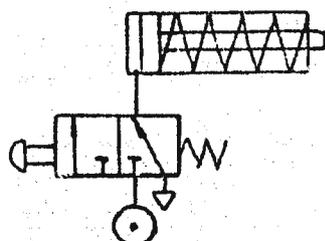


FIG. 3.7

Se usa una válvula 3/2 normalmente abierta o cerrada, para accionar el cilindro. Es el ejemplo mas sencillo de un servomando. A una acción en la válvula, corresponde siempre otra en el cilindro y con duraciones iguales. Al soltar la válvula el cilindro regresa también a su posición de descanso.

Para regular la velocidad de salida del bástago del cilindro se puede usar una válvula reguladora de velocidad que no es mas que una estrangulación variable y una válvula antirretorno o " check " juntas y cuyo símbolo es el siguiente:

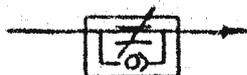


FIG. 3.8 Regulador unidireccional

En ocasiones es necesario que un mismo cilindro sea operado por 2 ó mas operarios situados estos en diferentes lugares. Para ello es necesario usar una válvula selectora de circuito o módulo "O".

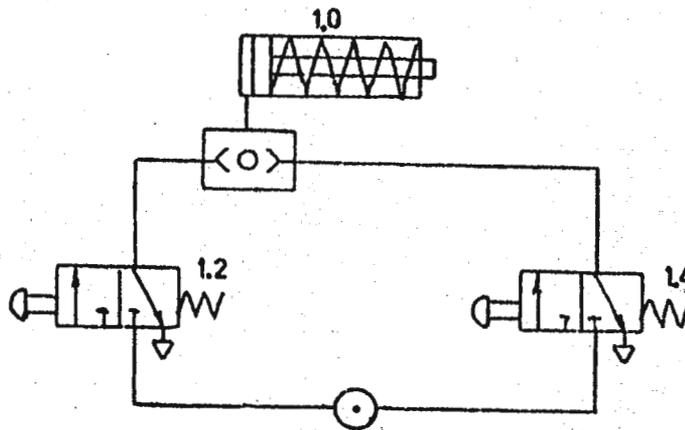


FIG. 3.9 Mando de un cilindro por medio de dos operarios situados en diferente posición.

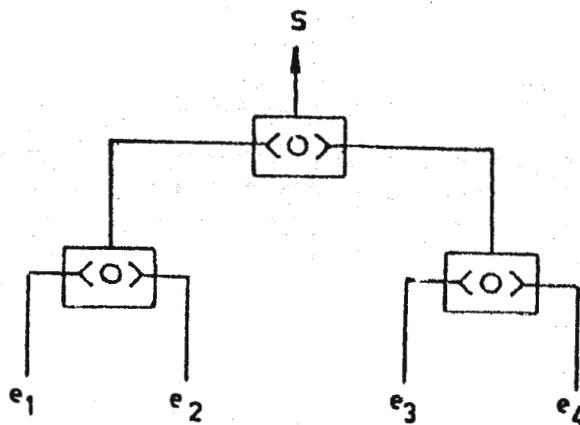


FIG. 3.10 Colocación de varios módulos "O"

Cuando se necesiten varios mandos para un solo cilindro ( Ver Fig. 3.11 ) se pueden conectar en diferentes formas los módulos selectores, aunque siempre su número será igual al número de operarios menos uno.

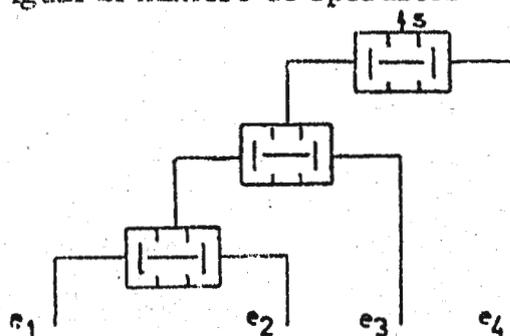


FIG. 3.11 Módulos " Y " o de simultaneidad conectados en serie.

Otro elemento importante es la válvula de simultaneidad o módulo " Y ". Este sirve para que exista una señal de salida sólo que 2 ó mas señales de entrada lleguen a él simultáneamente.

Este tipo de válvulas estan muy difundidas como elementos de seguridad ya que aseguran que el operario utilice las 2 manos para accionar el automatismo y no exista el riesgo de que meta una mano cuando el aparato esté funcionando. ( Ver Fig. 3.11 )

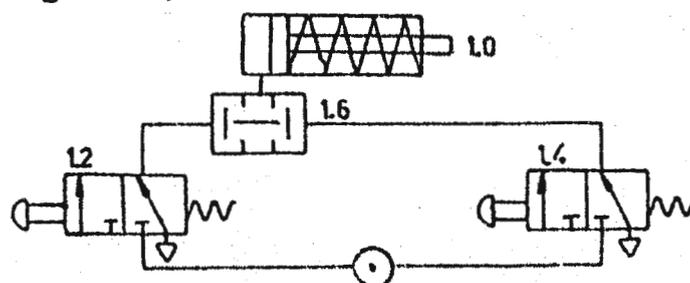


FIG. 3.12 Mando de un cilindro con dispositivo de seguridad.

Este mismo efecto se puede lograr conectando las 2 válvulas en serie: ( Ver

Fig. 3.13 )

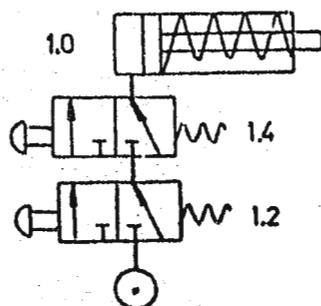


FIG. 3.13 Existe una señal de salida " A " si las dos válvulas están accionadas. Esto mismo - es lo que pasa en circuitos eléctricos, - donde los interruptores se colocan en - serie para lograr el dispositivo de seguridad.

b) Cilindro de doble efecto con mando indirecto ( memorizado )

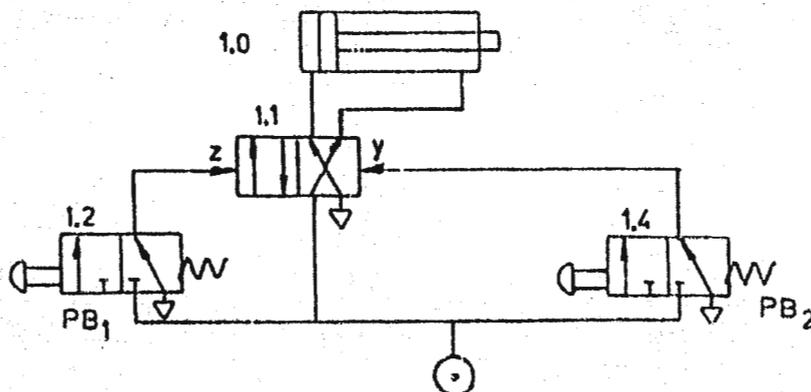


FIG. 3.14

La salida del cilindro se logra presionando  $PB_1$ , que manda una señal a la válvula de potencia, distribuidora o de memoria ( 1.1 ) la cual no regresa a su posición de origen aunque  $PB_1$  sea liberada. Para lograr que el cilindro regrese a su punto de reposo, es necesario que se produzca una señal

en  $PB_2$  que llegará al piloto " y " de la válvula de potencia, cambiando entonces de posición y provocando el regreso del cilindro.

Este es el principio de la memoria en circuitos neumáticos o hidráulicos.

A cada cilindro le corresponde una válvula de memoria o de potencia. Esta deberá estar conectada a la línea de alta presión o de trabajo y estará regida por dos pilotos. Estos pueden ser neumáticos de alta o baja presión o eléctricos ( solenoides ).

Existen desde luego muchos otros elementos que intervienen en la composición de un circuito, sin embargo sería difícil y muy extenso no sólo explicarlos sino mencionarlos.

Los elementos anteriores y sus variantes, combinados de una forma adecuada y siguiendo una metodología pueden formar circuitos complejos y útiles para nuestros fines.

### 3.6 Diseño y realización de un mando automático - neumático

Existen diferentes métodos para diseñar los mandos neumáticos.

Se explicarán 3 que están muy desarrollados y difundidos:

- a) Método general
- b) Método en cascada.
- c) Método paso a paso ( mínimo y máximo )

El método general, es el mas elemental y sencillo. Se usa en automatismos simples con pocos movimientos y en los cuales no son necesarias grandes medidas de seguridad.

El método de cascada es un poco mas complejo y además mas seguro. El método paso a paso, es mas completo que los anteriores lo cual lo hace mas caro, por otro lado proporciona mayor flexibilidad a la operación y es muy seguro.

Con estos métodos es posible diseñar y establecer cualquier tipo de automatismos en circuitos neumáticos.

Para poder escoger uno de los tres métodos, es necesario conocer muy bien las necesidades de nuestro sistema y las limitaciones y cualidades de cada método.

## A) Método General para resolución de Automatismos.

Para establecer un circuito con este método es necesario seguir los siguientes pasos:

1. - Plantear el problema.

2. - Fijar las condiciones generales como son:

a) Condiciones de arranque ( por botón, pedal, palanca, presencia de pieza, combinaciones de varias )

b) Ciclo único o ciclo continuo

c) Condiciones de regulación:

- Movimiento lento - estrangulación

- Movimiento rápido - válvulas de escape rápido

- Fuerza - reguladores de presión

d) Condiciones de seguridad:

- Mando bimanual

- Paros de emergencia:

Un cilindro en movimiento debe regresar a su posición original.

Un cilindro en caso de paro debe quedar sin presión

Un cilindro en movimiento debe regresar a su posición de partida en caso de paro, pero si está en su final de carrera, habrá de permanecer en dicha posición.

Un cilindro en movimiento deberá regresar a su posición extrema inmediata anterior.

Combinación de varios paros.

3. - Dimensionar los elementos:

- a) Cálculo del gasto o consumo de aire del circuito
- b) Consumo de la energía
- c) Definir el tamaño del compresor y equipo auxiliar
- d) Diámetro de las tuberías
- e) Considerar los factores de humedad
- f) Filtro, reguladores y lubricadores.

4. - Hacer el croquis o diagrama del problema.

5. - Definir la secuencia de operación

6. - Establecer el diagrama funcional

- a) Diagrama de movimientos
- b) Diagrama de mandos

7. - Elección del tipo de mando

8. - Elaboración del circuito

Aplicación:

1. - Se quiere diseñar un dispositivo automático que coloque piezas de igual tamaño en una determinada posición, para que puedan ser estampadas y en forma automática sean posteriormente retiradas de dicha posición para dar paso a la siguiente pieza.

2. -

a) Se desea que el arranque sea con pulsador y que tenga un dispositivo de seguridad que obligue al operario a usar las dos manos para lograr el arranque.

- b) Se desea que el ciclo pueda ser único o continuo a voluntad.
- c) Los cilindros que mueven la pieza deberán salir lentamente para no dañar el producto, mientras que el cilindro estampador deberá producir un golpe en el mismo.
- d) Se desea que por seguridad, todos los cilindros regresen a su posición de descanso, en caso de operar la válvula de emergencia.
3. - El cálculo de gastos, longitudes y diámetros de tuberías, compresor, -- equipo auxiliar etc. no se desarrolla por no estar dentro del alcance del presente estudio.
4. - Efectuar el croquis o diagrama del problema.

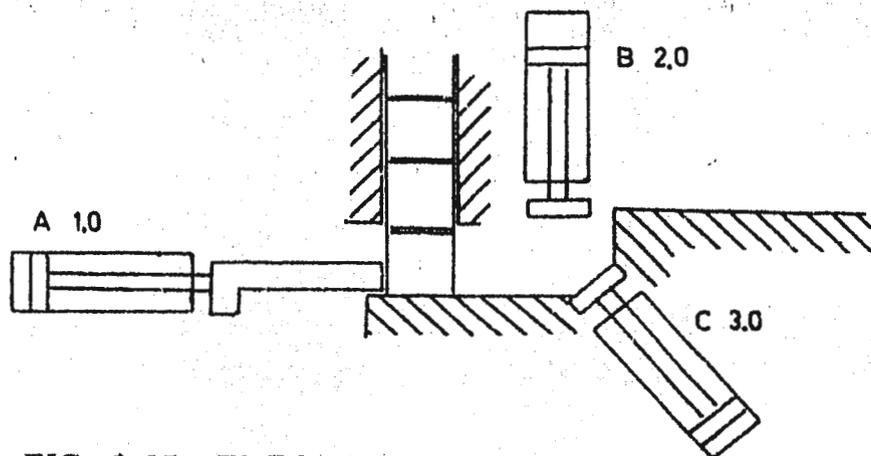


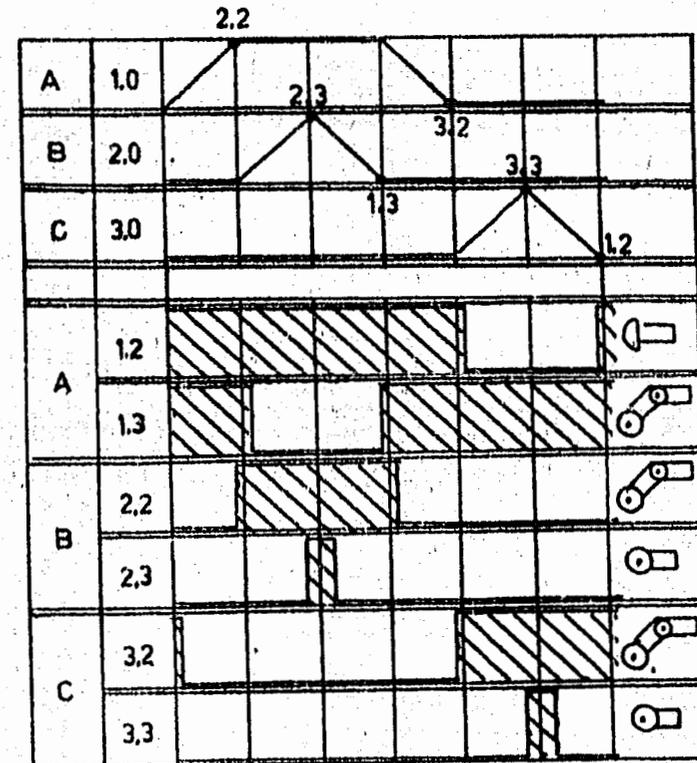
FIG. 3.15 El Cilindro  
 " A " localiza la pieza  
 " B " Estampa  
 " C " Retira la pieza

5. - Establecer la secuencia:

( A+ ), ( B+ ), ( B- ), ( A- ), ( C+ ), ( C- ).

6. - Desarrollar el diagrama funcional:

- a) **Diagrama de Movimientos:**  
 Demuestra en una forma gráfica y secuencial, los movimientos efectuados por cada cilindro, siendo las líneas inferiores los PMI de los cilindros y los PMS se muestran en las líneas superiores.  
 El diagrama está dividido en partes equidistantes que representan cada movimiento de los cilindros.
- b) **Diagrama de Mandos:**  
 Demuestra en una forma gráfica, los movimientos de las válvulas de mando ( pulsadores o límites ) de acuerdo a los movimientos de los cilindros.  
 Cada cilindro será mandado por lo menos por 2 válvulas. Las zonas ashuradas representan el tiempo en que estas válvulas se encuentran accionadas.  
 Para evitar interferencias en el circuito, es necesario que las válvulas de mando de un solo cilindro no se encuentren accionadas en forma simultánea.



3.1 DIAGRAMA FUNCIONAL

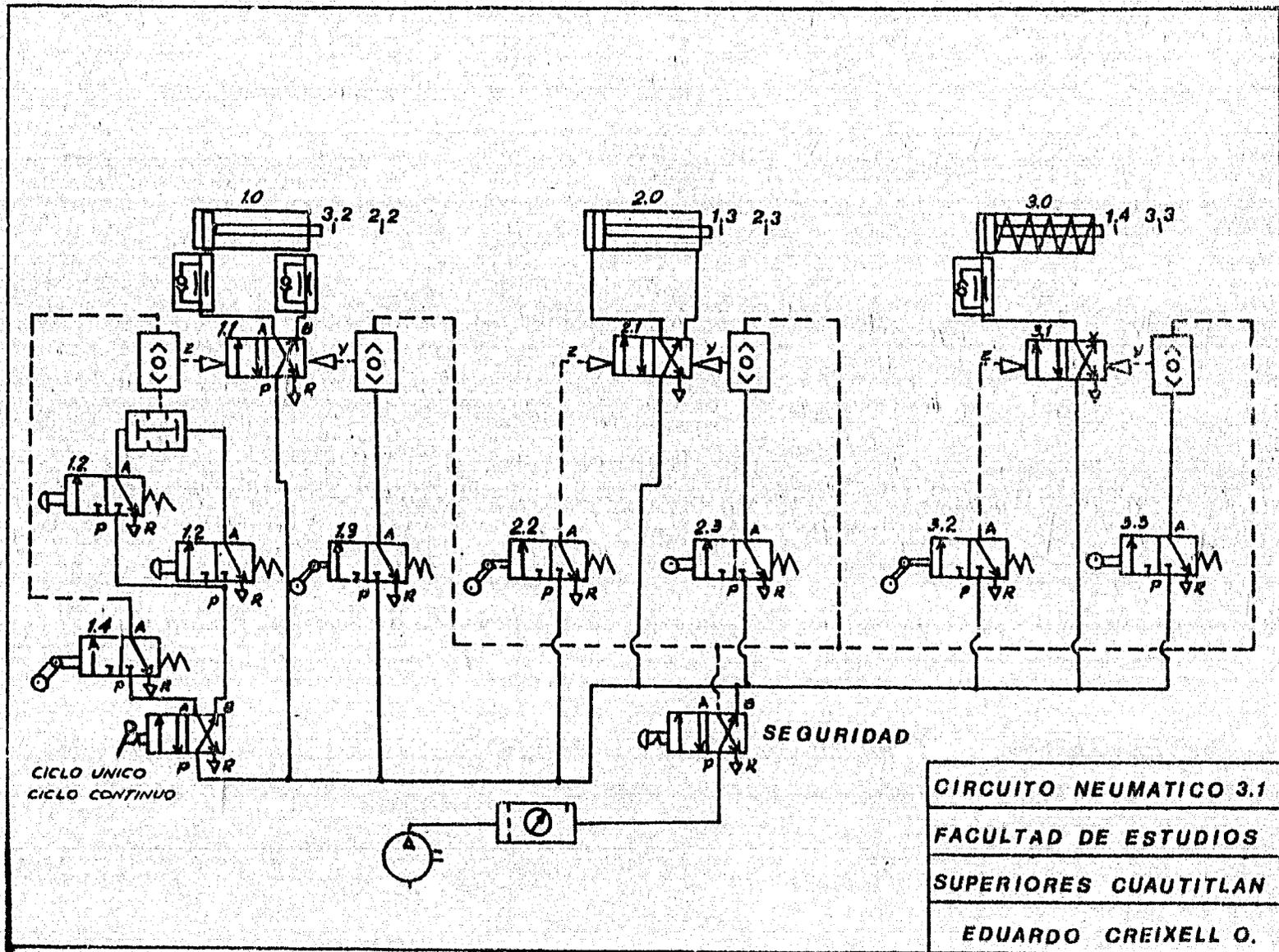
En el ejemplo desarrollado, los cilindros tienen en algún momento a sus válvulas de mando accionadas en forma simultánea. Lo cual impide su movimiento. Para evitar esto, se necesitan usar válvulas de rodillo escamoteable, que sólo mandan un impulso a la válvula de memoria y quedan liberadas en forma inmediata.

Para definir el diagrama de mandos es necesario definir en donde deben situarse las válvulas de mando con relación al movimiento de los cilindros. Así vemos que la salida del cilindro " B " es accionada por el final de carrera del cilindro " A " y el regreso del cilindro " B " por su mismo final de carrera. Cuando el cilindro " B " regresa a su final de carrera ( PMI ) provoca el retorno del cilindro " A " y éste a su vez el movimiento del cilindro " C " hacia delante y este mismo accionará su regreso cerrándose así el ciclo. Las válvulas de mando se colocarán en los puntos mencionados.

El primer movimiento ( salida del cilindro " A " ) se puede lograr ya sea por accionamiento directo de un pulsador ( ciclo único ) o por una válvula de final de carrera que detecte una pieza en posición ( ciclo continuo )

8. - Elaboración del circuito.

( Ver circuito 3.1 )



Breve explicación del circuito:

Se puede seleccionar el ciclo único o el ciclo continuo mediante la válvula 4.1 con enclavamiento.

En caso de que se escogiera el ciclo único, para que comience la operación, será necesario que se accionen simultáneamente las válvulas  $PB_1$  y  $PB_2$  que mandarían su señal a la válvula de simultaneidad. Esta sólo dejará pasar esta señal si recibe las dos señales en forma simultánea, en otra forma la bloquea e impide que llegue al piloto "z" de la válvula 1.1

Si 1.1 recibe la señal "z", cambiará su posición, siempre y cuando no exista otra señal en su piloto "y", pero como la válvula 3.1 se encuentra liberada, el cambio se efectúa provocándose así la salida del bástago del cilindro 1.0 que posicionará la pieza en su lugar adecuado.

Al llegar 1.0 a su PMS accionará la válvula 2.2 que mandará una señal al piloto "z" de la memoria 2.1, esta cambiará si no existe presión en 2.3 - que en este momento está liberada, por lo cual el cambio es posible, y el cilindro 2.0 sale y estampa la pieza deseada. Al llegar a su final de carrera, el bástago accionará la válvula 2.3 que mandará una señal al piloto "y" de 2.1 que gracias al rodillo escamoteable de la válvula 2.2 no se encuentra presurizada en "z" por lo cual cambia su posición y hace que el mismo cilindro 2.0 regrese a su PMI.

En este momento, se acciona la válvula 1.3 y esta manda una señal a la "y" de la memoria 1.1 que cambia de posición ya que el piloto "z" no está en este momento presurizado y hace que el cilindro 1.0 regrese liberando la pieza y accionando la válvula de rodillo escamoteable 3.2 la cual presuriza "z" de la memoria 3.1 que cambia gracias a que su piloto "y" no tiene energía pues 3.3 no está accionada. Al cambiar de posición se logra que el cilindro 3.0 que desplaza la pieza hacia afuera salga y accione además la válvula 3.3 en su final de carrera.

Al accionarse ésta se presuriza la "y" de la memoria 3.1 que cambia ya que 3.2 es de rodillo escamoteable y no mantiene la presión en "z" de 3.1 que al cambiar hace que el bástago de 3.0 regrese a su posición inicial.

En este punto el ciclo termina. Para que comience de nuevo es necesario que se opriman los botones de arranque en forma simultánea, o que se cambie a ciclo continuo por medio de la válvula con enclavamiento 4.1 que le daría presión a 1.2. Esta al accionarse, manda presión al piloto "z" de la memoria 1.1 por medio del módulo "o" comenzando así de nuevo el ciclo.

En caso de accidente, o de alguna dificultad, se puede accionar la válvula de seguridad, que accionará simultáneamente todos los pilotos "y" de las memorias y como los pilotos "z" los manda a escape se logra en forma-

inmediata que todos los cilindros regresen a su posición de descanso, pudiéndose entonces arreglar la falla y desconectar la válvula de seguridad.

Como se notará con este método es necesario usar válvulas de rodillos escamoteables para evitar el bloqueo de las memorias, que en otra forma no accionarían por tener sus dos pilotos presurizados al mismo tiempo. Este tipo de válvulas no son recomendables debido a que su funcionamiento no es muy confiable y además hay que colocarlas en poco antes de las finales de carrera de los cilindros para que puedan ser accionados y liberados por estos.

Esto causa un desplazamiento indeseable en los movimientos y si existieran varios cilindros podrían existir interferencias.

Otra desventaja en este tipo de circuitos es que no existe seguridad en el dispositivo ya que si una válvula se bloquea o es accionada accidentalmente por algún operario, el cilindro que es regido por dicha válvula, funcionará aunque no este dentro de la secuencia provocando con ello serios trastornos al equipo, el producto o incluso un accidente de trabajo.

Para evitar todas estas desventajas, deberán usarse otros métodos como los descritos a continuación.

**B) Método de Cascada para la solución de automatismos neumáticos**

Se deben seguir los siguientes pasos para este método:

- 1) Se repite la secuencia del 1 al 6 del método general.
- 2) Descomponer la secuencia en grupos de tal manera, que en un grupo no se encuentren los dos movimientos complementarios de un mismo cilindro.
- 3) Dibujar cilindros y válvulas de mando correspondientes.
- 4) Colocar letras de identificación en los finales de carrera se usen o no.
- 5) Dibujar tantas líneas de presión como grupos existan.
  - a) Dibujar tantas memorias 4/2 como grupos existan menos uno.
  - b) Conectar las memorias en serie, de tal manera que sólo una de ellas tome presión del compresor.
  - c) La intercomunicación de las memorias será de tal forma que una señal de entrada " e " provoque la conexión del grupo " S " correspondiente y así mismo elimine el grupo inmediato anterior.
- 6) Desarrollar el circuito en base a la secuencia establecida.

Nota # 1. Se deberá tomar en cuenta que al inicio del ciclo se tendrá aire en el grupo en el que finalice la secuencia.

Nota # 2. Cada válvula de señal deberá tomar su presión de alimentación del grupo en que se encuentra.

Nota # 3. La última válvula de señal de cada grupo, deberá provocar cambio de grupo.

Veamos como deberán conectarse las válvulas memoria en cascada en un circuito que tenga 5 grupos.

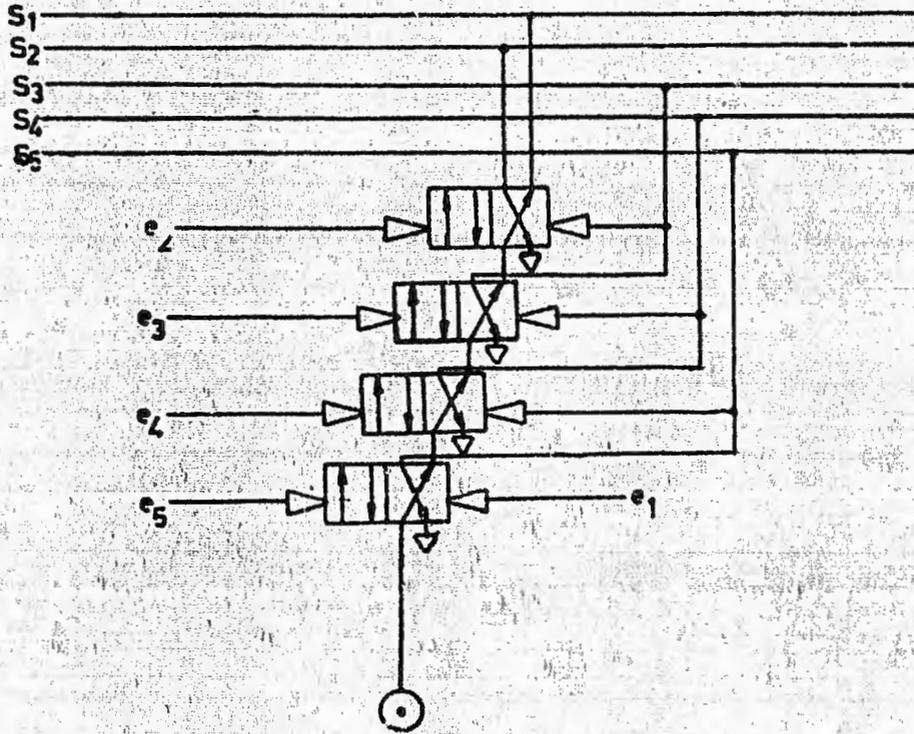


FIG. 3.16

De esta forma se deberán hacer las conexiones para que el método funcione, según indicaciones del punto 5 y las notas 1 a 3.

**Aplicación:**

- 1) Se quieren formar canales a partir de una lámina en 3 pasos. Primero - deberá sujetarse la pieza mediante la acción de un cilindro. Posteriormente deberá doblarse a  $90^\circ$  por la acción de un segundo cilindro para después - terminar la operación de doblez con un tercer cilindro. Cuando éste se retraiga, el primer cilindro soltará la pieza que podrá ser retirada entonces en forma manual por un operario.
- 2) Deberá iniciarse el circuito presionando un botón y se requiere que sea ciclo único. Todos los cilindros deberán tener válvulas reguladoras de flujo para control de velocidades de los cilindros.
- 3) En caso de emergencia o accidente, los cilindros deberán regresar a su posición de descanso.
- 4) El diagrama del circuito quedará en la siguiente forma:

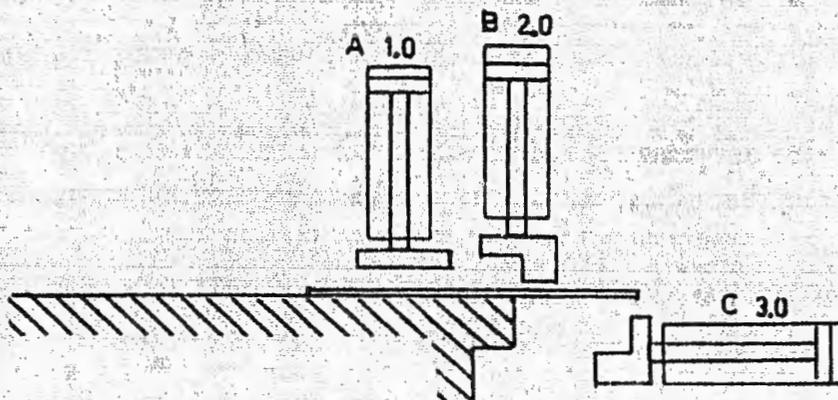


FIG. 3.17

5) Secuencia de operación:

( A+ ), ( B+ ), ( B- ), ( C+ ), ( C- ), ( A- )

Formándose los siguientes grupos:

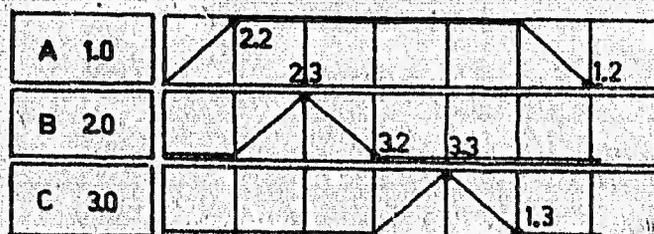
( A+, B+ ), ( B-, C+ ), ( C-, A- )

I

II

III

6) Diagrama de movimientos:

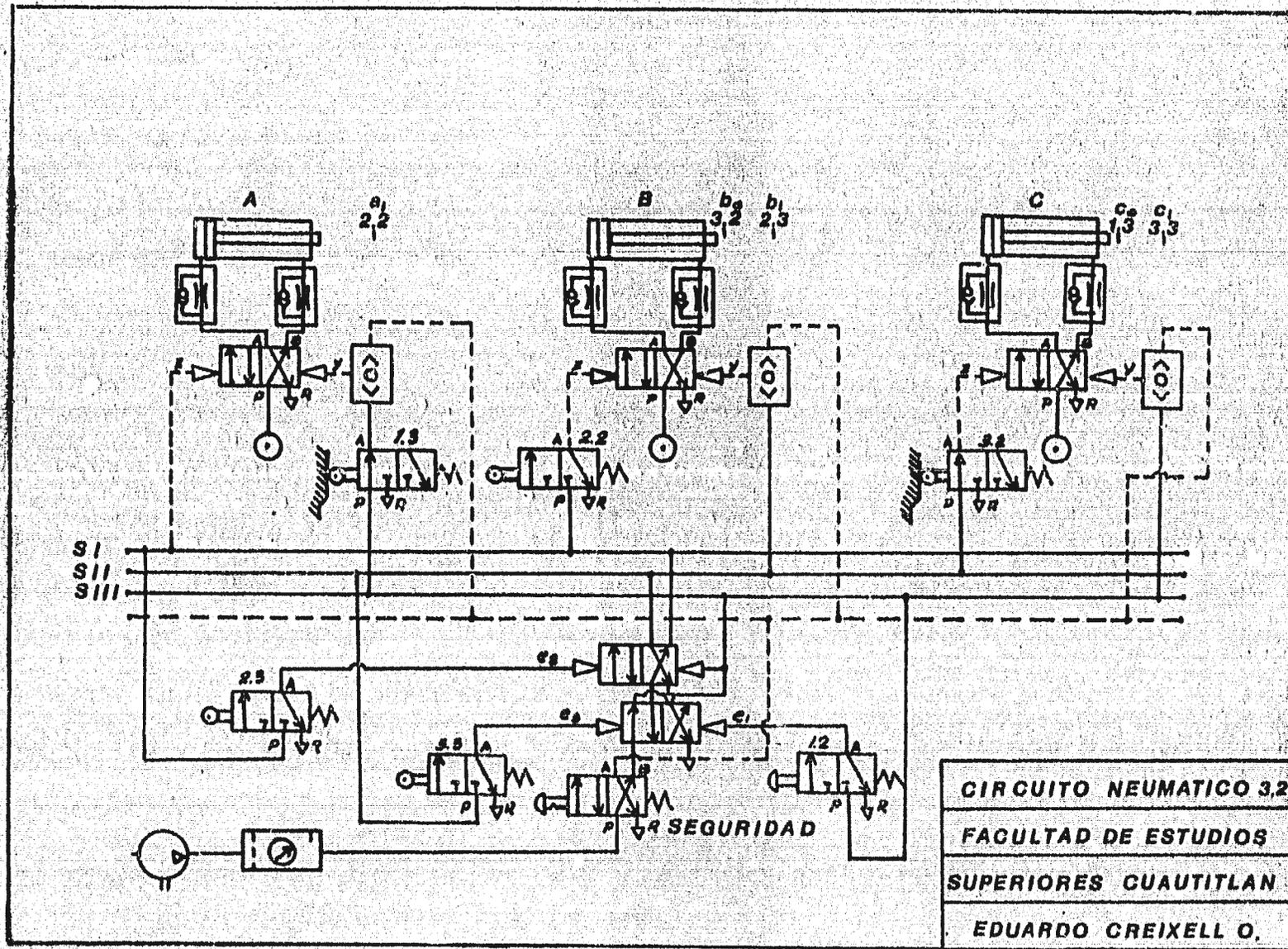


### 3.2 Diagrama Funcional

7) Elaboración del circuito. ( Ver circuito 3.2 )

Breve explicación del circuito.

Como el último grupo en el cual finaliza la secuencia es el grupo número 3, este se encuentra presurizado, por lo cual la válvula de inicio 1,2 deberá tomar presión de dicho grupo.



<b>CIRCUITO NEUMATICO 3.2</b>
<b>FACULTAD DE ESTUDIOS</b>
<b>SUPERIORES CUAUTITLAN</b>
<b>EDUARDO CREIXELL O.</b>

Se pretende presurizar el grupo  $S_1$  y desconectar el grupo  $S_3$ . Para lograr esto se manda la señal a  $e_1$  que gracias al arreglo en cascada logra este objetivo.

Al tener presión en I, la memoria de A ( 1.1 ), cambia de posición lo que origina el desplazamiento del cilindro A que sujetará la pieza a doblar y al mismo tiempo acciona 2.2 la cual mandará en ese momento una señal al piloto "z" de la memoria 2.1. Como el piloto "y" no está presurizado, la válvula cambia y hace que el bástago del cilindro " B " se desplace doblando la lámina y accionando 2.3.

En ese momento termina el grupo I y deberá comenzar el grupo II. Para ello es necesario que se mande una señal a  $e_2$  por lo cual la válvula 2.3 se conecta a dicho piloto, conectando así el grupo  $S_2$  y desconectando a  $S_1$

Al presurizarse  $S_2$  el piloto "y" de 2.1 recibe una señal y cambia la posición de la válvula ya que " z " está a escape.

Esto hace que el cilindro 2.0 regrese a su PMI y al mismo tiempo accione 3.2 que presurizará " z " de la memoria 3.1. Al estar " y " de 3.1 a escape se logra el cambio por lo cual el cilindro 3.0 avanza, concluyendo así los movimientos del grupo  $S_2$ .

Al llegar 3.0 a su posición extrema hará el segundo doblez en la lámina y accionará la válvula 3.3.

Esta deberá efectuar el cambio de grupo, por lo cual se conecta a  $e_3$  presurizándose así  $S_3$  y mandando a escape a  $S_2$ .

Al energizarse  $S_3$  el piloto " y " de la memoria 3.1 hace el cambio en la válvula, debido a que " Z " esta a escape y el cilindro 3.0 entonces regresa a su posición original y es entonces cuando acciona la válvula 1.3 la cual al mandar su señal al piloto " y " del 1.1 causa el retorno del cilindro 1.0 con lo cual queda concluido el ciclo.

Para efectuar el paro de emergencia, es necesario que todos los pilotos " y " sean presurizados y todos los " z " sean puestos a escape. Esto se logra colocando módulos " O " en las entradas de los pilotos " y " de las memorias.

Con este método se obtienen mejores resultados que con el método general, ya que no son necesarias las válvulas de rodillos escamoteables, con lo cual se evitan desplazamientos en la secuencia y posibles fallas con este tipo de válvulas.

Por otro lado, solo se tiene presión en un grupo a la vez lo que reduce el riesgo de una interferencia o que una válvula sea accionada en forma acci-

dental. De cualquier manera, esto podrá acontecer con las válvulas que se encuentran presurizadas en un momento dado, lo que causaría el movimiento de algún cilindro fuera de secuencia, aunque repito el riesgo se disminuye al mínimo.

Las desventajas de este método principalmente giran alrededor del costo ya que son necesarias un mayor número de válvulas.

### C) Método paso a paso para la resolución de automatismos neumáticos:

Existen dos versiones de este método. El paso a paso mínimo y el paso a paso máximo. El máximo ofrece mas seguridad que el mínimo y es uno de los métodos mas sofisticados que existen. A continuación se desarrollan cada uno de los dos métodos y se explican sus diferencias.

1) Se deben seguir los mismos puntos del 1 al 6 desglosados en el método general.

2) Descomponer la secuencia en grupos.

a) Para el paso a paso mínimo se descompone la secuencia en la misma forma que en el método de cascada ( de tal manera que en un grupo no se encuentren los dos movimientos complementarios de un cilindro ).

b) Paso a paso máximo: La división de la secuencia será por cada fase de trabajo, un grupo.

3) Dibujar cilindros y válvulas de mando correspondientes.

4) Dibujar válvulas de mando en los finales de carrera se usen o no.

5)

a) Dibujar tantas líneas de presión como grupos existan

b) Dibujar tantas memorias 3/2 como grupos existan

c) Conectar las memorias de tal manera que cada una de ellas conecte a -- cada grupo, asimismo su presión de alimentación será independiente y tomada del compresor.

d) Conectar tantos módulos " Y " como grupos existan a las memorias, de -- tal manera que la salida de aquellos sean conectados a los pilotos " z " de -- estas.

e) Una de las señales de entrada en los módulos " Y " tendrá las siguientes -- funciones:

- Encausar un movimiento de trabajo .
- Preparar el paso siguiente.
- Borrar el paso anterior.

6) Elaborar el circuito en base a la secuencia establecida.

Nota # 1 Al accionar el ciclo se deberá tener aire en el último grupo.

Nota # 2 Las válvulas de señal deberán tomar su presión de alimentación:

- Paso a paso mínimo: del grupo en que se encuentre o bien del compresor.
- Paso a paso máximo: Su alimentación siempre será del compresor.

Las válvulas de memoria deberán conectarse de la siguiente forma en un circuito elaborado por el método paso a paso:

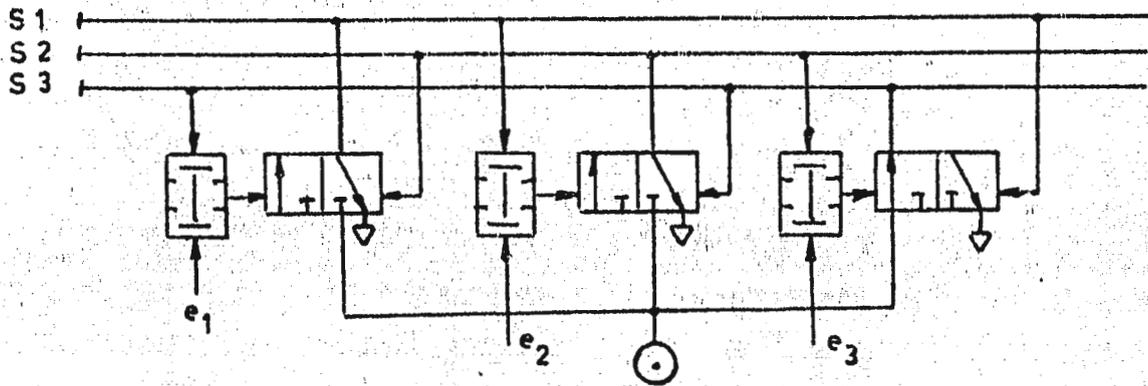


FIG. 3.18 Forma para conectar las válvulas de memoria en un circuito desarrollado por el método paso a paso.

En base a la secuencia anterior veamos una aplicación:

Se desea proyectar un robot con programación fija para un dispositivo de manipulación que seleccione un producto proveniente de una línea transportadora y lo coloque alternadamente en dos lugares diferentes.

Además deberá poderse accionar en forma manual o automática. Si se escoge el método manual, cada cilindro deberá poderse mover en forma independiente y si se escoge el método automático deberá tener dos opciones: ciclo único y ciclo continuo.

En el ciclo continuo la unidad deberá estar en accionamiento desde que se acciona el botón de marcha hasta que se accione el paro.

Todos los movimientos podrán ser controlados por finales de carrera.

1. - Croquis de situación:

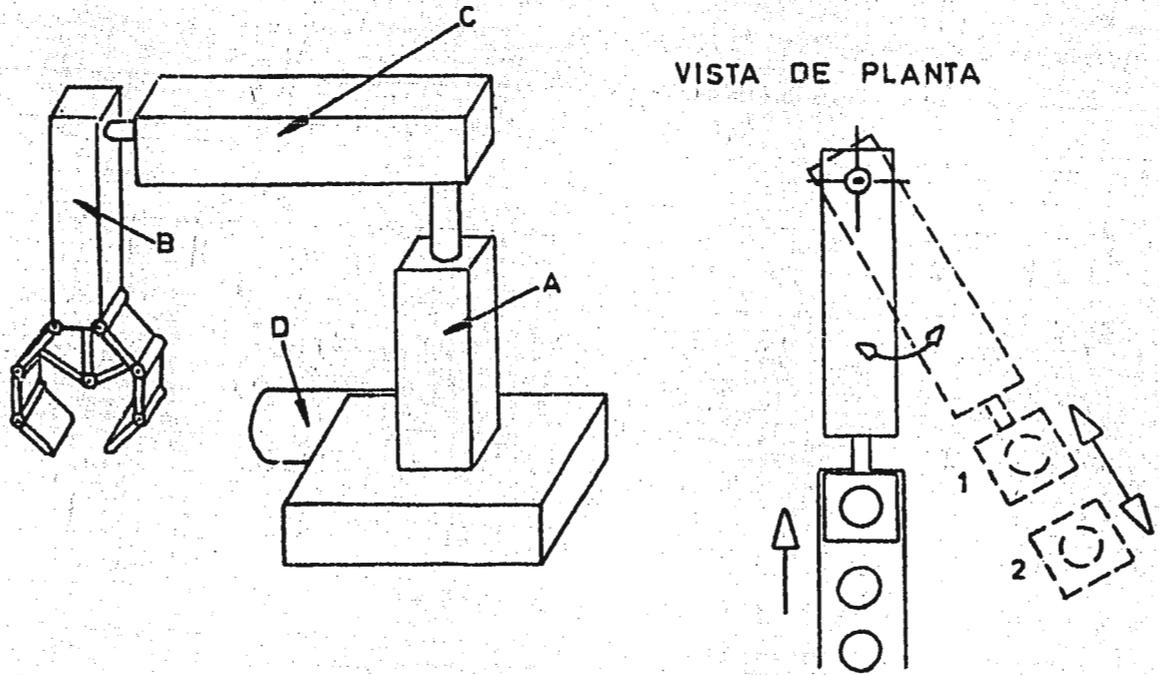


FIG. 3,19 Croquis del Robot Neumático

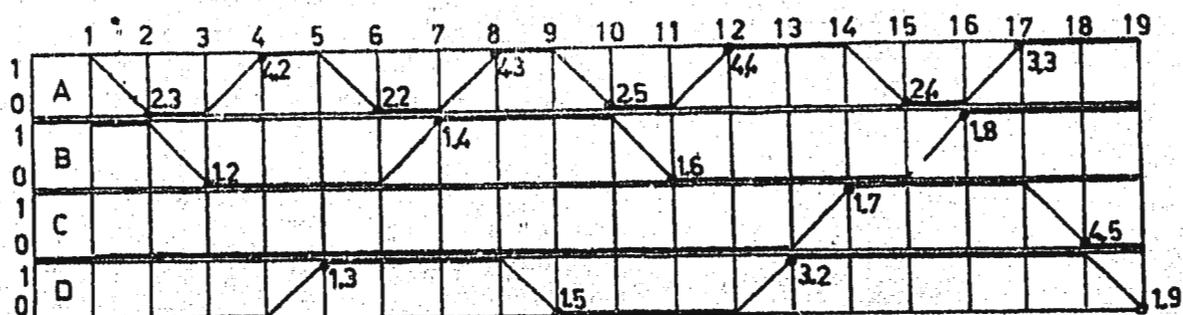
2. - Secuencia de operación:

A-, B-, A+, D+, A-, B+, A+, D-, A-, B-, A+, D+, C+, A-, B+, A+, C-, D-

Formándose los siguientes grupos ( Paso a paso mínimo )

(A-, B-),	(A+, D+),	(A-, B+),	(A+, D-),	(A-, B-),	(A+, D+, C+),	(A-, B+),	(A+, C-, D-)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII

## 3. - Diagrama de movimientos:



## 4. - Elaboración del circuito ( Ver Circuito No. 3.3 )

## 5. - Breve explicación del circuito:

Con la colocación adecuada de las válvulas de memoria en el método - paso a paso se logra presurizar solo una línea a la vez con lo cual obtenemos mucho mayor seguridad en el sistema.

Como se verá se han incluido una gran cantidad de módulos "o" e "y" para lograr la secuencia requerida.

Por medio de la válvula 3/2 de palanca se selecciona el circuito manual o automático. En el primero es posible accionar cada cilindro en forma independiente, por medio de las válvulas 3/2 "A", "B", "C", o "D". Este método se usa principalmente para reparaciones y ajustes.

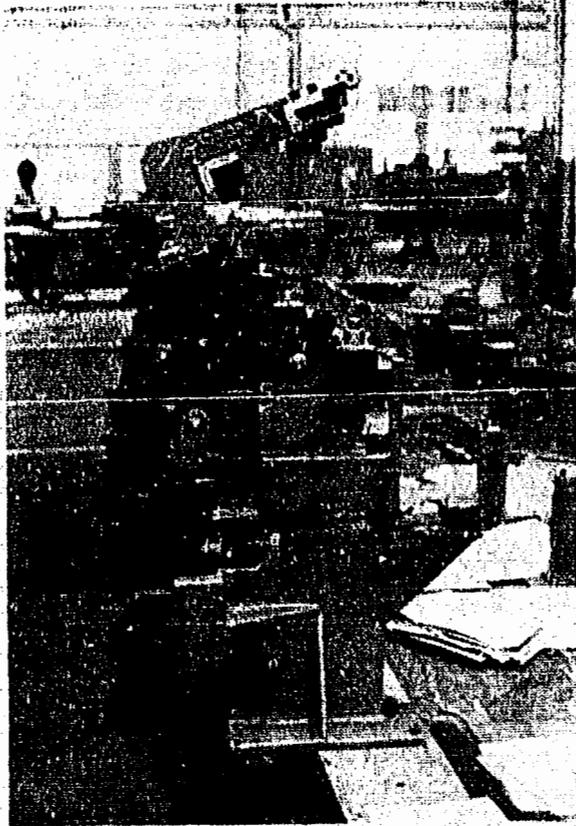
Otra válvula 3/2 de palanca selecciona el ciclo en continuo o único. En el caso de ciclo continuo, la máquina seguirá trabajando hasta que la -

válvula de botón de "paro" sea accionada, en cuyo caso el robot seguirá trabajando hasta completar el ciclo, por lo cual, siempre se efectuará el paro en la misma posición, pues será cortada la señal de entrada  $e_1$ , y la última línea ( 8 ) será la que quede presurizada.

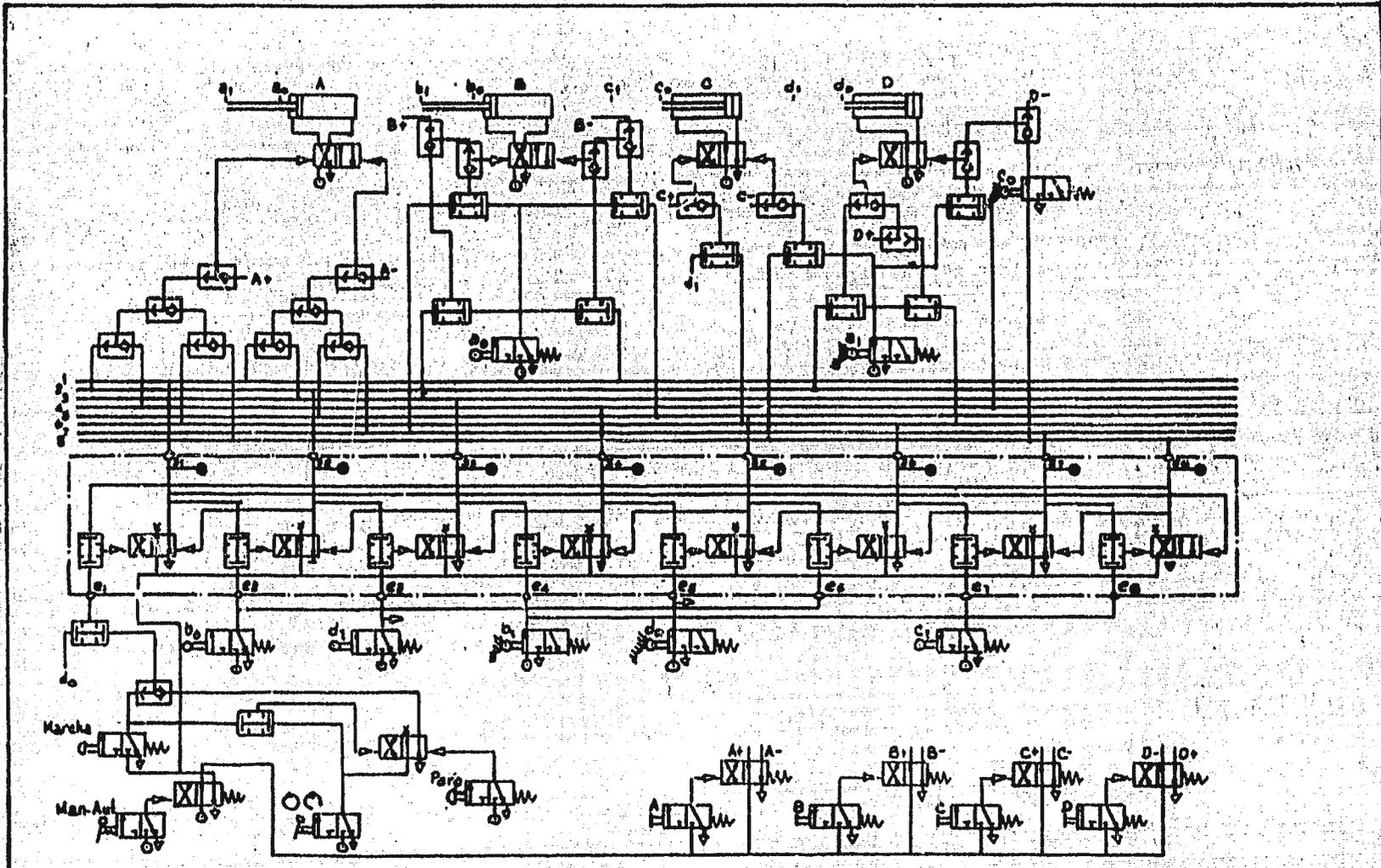
En el circuito se han incluido unos detectores de presión (  $S_1$  a  $S_8$  ) con los cuales se facilita mucho el mantenimiento de la herramienta, pues con ellos se ven claramente los grupos a los que no les llegue presión en un momento dado o tengan algún problema.

Se notará que este tipo de circuitos es usado en dispositivos complicados, en los cuales es necesario alta confiabilidad. El presente dispositivo se elaboró con el método paso a paso mínimo; en caso de usar el paso a paso máximo, - el número de válvulas se incrementaría notablemente ( 1 para cada punto de la secuencia ) en total 18 memorias y 18 módulos " y " los cuales garantizarían por completo la seguridad de no interferencia de la máquina, pero el costo y la complejidad de la máquina se elevarían.

Aunque el circuito se diseña como lo hemos hecho en el presente estudio, en el mercado existen conjuntos de válvulas módulos y "manifolds" ( distribuidores ) que vienen ya integrados y preconectados, con lo cual se eliminan conexiones y elementos varios, reduciendo sus dimensiones, su costo y facilitando su instalación.



**FIG. 3.20** Unidades Accionadas por Cilindros Neumáticos, mandados por válvulas de final de carrera.



CIRCUITO NEUMATICO 3.3
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTILAN
EDUARDO CREIXELLO O.

### 3.7 Estudio Económico.

El propósito del presente estudio es hacer una comparación entre la productividad y costo de los dispositivos manuales y los dispositivos automáticos.

Como ya fué mencionado anteriormente a lo largo del capítulo, para que estos dispositivos funcionen adecuadamente y a toda su capacidad es necesario que sean instalados una serie de elementos y servicios en la planta de ensamble que vayan de acuerdo con dichos dispositivos.

En el área de ensamble de carrocerías son factibles muchas mejoras como la automatización de prensas y dispositivos para soldar ( Ver Capítulo IV ), líneas de movimientos de materiales y métodos de almacenamiento.

Con el mismo criterio del capítulo precedente, analicemos el incremento de producción que se logra en una prensa automática.

Tomemos como ejemplo la misma prensa del sub-ensamble de piso ahora automatizada en todos sus " clamps " y pernos localizadores.

Utilicemos la misma fórmula ( 2.1 ) para obtener el costo total:

$$( 2.1 ) Q_T = \text{Costo 1er. año} + \text{Costo 2o. año} + \text{Costo 3er. año}$$

El costo anual está dado por ( 2.2 )

$$( 2.2 ) C_a = \frac{\frac{C_m}{3} + O + S + E}{N}$$

Como ya fue explicado, este tipo de dispositivos exige mantenimiento y además que se incremente el costo de la energía utilizada para su funcionamiento. Por ello es necesario desarrollar la expresión ( 2.1 ) de la siguiente forma:

$$( 3.1 ) Q_T = \frac{\frac{C_m}{3} + O_1 + S_1 + E_1}{N_1} + \frac{\frac{C_m}{3} + O_2 + S_2 + E_2}{N_2} + \frac{\frac{C_m}{3} + O_3 + S_3 + E_3}{N_3}$$

Siguiendo la misma secuencia del capítulo anterior se definirán a continuación cada una de las variables involucradas en ( 3.1 )

#### A) Costo del, diseño y la manufactura

Cant.	Descripción	Diseño		Manufactura		Total	
		Hrs.	Total Mtl.	Hrs.	Total Mtl.	Hrs.	Total
1	Ensamble de Piso	1900	760.0	2110	1,112.4	4010	1,872.4

NOTA: Se toma el mismo costo por hora de \$400.00 M.N. del capítulo No. II

#### B) Costo de Operación

Si automatizamos todas las prensas ( 13 clamps ) se logran abatir los tiempos de operación ya que se ahorra tiempo al abrir y cerrar dichos clamps. Con -

ello se logran los siguientes resultados ( Ver la Gráfica 3.1 )

**Conclusiones:**

Tiempo del ciclo .....	: 3.06 min.
Contingencia .....	: 0.31 min. ( 10.26% )
Total .....	: 3.37 min.
Capacidad máxima .....	: 142 unidades ( 1 turno 8 hrs. )
Capacidad máxima .....	: 276 unidades ( 2 turnos 15.5 hrs. )
Capacidad al 80% .....	: 113 unidades ( 1 turno )
Capacidad al 80% .....	: 220 unidades ( 2 turnos )
Producción .....	: 14.1 unidades cada hora.

En un año de 260 días hábiles trabajando un turno normal de 8 horas tendremos 29,626 unidades producidas.

Dado que no se está automatizando el proceso de soldadura en este ejemplo, consideramos que siguen siendo necesarios 5 operarios para esta prensa. - Esto se debe a que es necesario la carga y descarga de partes grandes y pesadas y a que hay que aplicar 102 puntos de soldadura en un tiempo razonable.

Por este motivo el costo de operación será el mismo que en el dispositivo manual, si se consideran los mismos incrementos salariales especificados

TIEMPO ESTIMADO POR OPERACION

TIEMPO	OPERARIOS				ACUMULADO	
	DERECHA		IZQUIERDA			
	ADELANTE	ATRAS	ADELANTE	ATRAS		
0.10	OP 1a10					
0.20						
0.30	.30 MIN	0.30				
0.40	OP 11 .05 MIN	0.35				
0.50	OP 13		OP 13		OP 12	
0.60						
0.70						
0.80	.49 MIN		.49 MIN			0.84
0.90	OP 14	OP 16	OP 14	OP 16		
1.00						
1.10		.26 MIN		.26 MIN		1.10
1.20						
1.30						
1.40	.63 MIN		.63 MIN			1.47
1.50	OP 15	OP 17	OP 15	OP 17		
1.60						
1.70					.341 MIN	1.76
1.80		.37 MIN		.37 MIN		1.84
1.90	.51 MIN		.51 MIN			1.98
2.00	OP 19 .10 MIN	OP 18	OP 19 .10 MIN	OP 18		2.08
2.10						
2.20	OP 20 .05 MIN	.23 MIN	OP 20 .05 MIN	.23 MIN	OP 21 .05 MIN	2.21
2.30	OP 24	OP 22	OP 24	OP 22		
2.40						
2.50						
2.60						
2.70		.50 MIN		.50 MIN		2.71
2.80	.66 MIN	OP 23	.66 MIN	OP 23		2.87
2.90						
3.00	OP 25 .05 MIN	.35 MIN	OP 25 .05 MIN	.35 MIN	OP 26	3.01
3.10						3.06
3.20						
3.30						
3.40					.40 MIN	3.41
3.50						

GRAFICA 3.1 TIEMPO ESTIMADO EN BASE A 5 OPERARIOS

"PRENSA PARA ENSAMBLAR EL PISO-AUTOMATIZADA"

en el capítulo anterior. **Ensamble del Piso \$ 3,967,600.00**

### C) Costo de mantenimiento

Se deben considerar los costos de mantenimiento y gastos de energía que para las herramientas manuales fueron depreciadas. Para el costo de mantenimiento debemos tomar en cuenta repuestos para empaques de cilindros, tubería, conexiones, bástagos y resortes de válvulas, indicadores de presión etc.

Dependiendo del número de unidades automáticas podemos estimar que para el dispositivo en estudio tendremos los siguientes valores (actualizados a marzo 1982)

**Tabla 3.1 Costo de repuestos y refacciones para un dispositivo neumático con 13 cilindros ( Datos a marzo de 1982 )**

Cantidad	Repuesto	Costo
20	Juegos de empaques	\$2,500.00
1	Filtros	\$1,000.00
2	Bástagos P/Válvula	\$ 600.00
4	Resortes	\$ 150.00
25 mts.	Tubo flexible	\$ 500.00
10	Conexiones	\$ 600.00
2	Indicadores de presión	\$ 150.00
<b>T o t a l:</b>		<b>\$5,500.00 M.N.</b>

Es el costo del 1er. año. Si consideramos un incremento de 30% anual en el costo de los anteriores productos tendremos:  $S_1 = \$5,500.00$   $S_2 = \$7,150.00$   
 $S_3 = \$9,295.00$   $S_4 = \$12,083.00$

Consideremos ahora la labor requerida para hacer las reparaciones:

Podemos estimar dos reparaciones preventivas al año con una duración de 16 horas cada una ( para limpieza, lubricación, ajuste y reparación ).

Usando los datos calculados en la tabla 2.5 veamos el costo de mantenimiento:

Tabla 3.2 Costo de la labor de mantenimiento para un dispositivo con 13 cilindros:

Año	Salario diario	Salario por hora	Costo mantenimiento
1982	\$ 672.00	\$ 84.00	\$ 2,688.00
1983	\$ 958.00	\$120.00	\$ 3,832.00
1984	\$1,422.00	\$178.00	\$ 5,688.00
T O T A L	\$3,052.00	\$382.00	\$12,208.00

De donde se puede calcular el costo total de mantenimiento según la expresión 3.2

$$(3.2) \quad C_{mt} = C_{m1} + C_{m2} + C_{m3}$$

$C_{mt}$  = Costo de mantenimiento total

$C_{m1}$  = Costo de mantenimiento del primer año

$Cm_2$  = Costo de mantenimiento del segundo año

$Cm_3$  = Costo de mantenimiento del tercer año

De 3.3 vemos

( 3.3 )  $Cm_1$  = Costo de refacciones  $_1$  + Costo de la labor

Ver tabla 3.3 para cálculo del costo total del mantenimiento

Tabla 3.3 Costo Total de mantenimiento para un dispositivo neumático con 13 cilindros considerando 2 reparaciones preventivas - de 16 horas cada una.

Año	Costo de refacciones	Costo de labor	Total
1982	\$ 7,150.00	\$ 2,688.00	\$ 9,838.00
1983	\$ 9,295.00	\$ 3,832.00	\$13,127.00
1984	<u>\$12,083.00</u>	<u>\$ 5,688.00</u>	<u>\$17,771.00</u>
T o t a l	\$28,528.00	\$12,208.00	\$40,736.00

D) Cálculo del gasto de energía:

Para conocer el costo de la energía consumida debemos calcular el consumo de aire y éste se calcula dependiendo del número de cilindros y sus dimensiones.

Para el dispositivo propuesto, se están usando cilindros de 64 mm. de diámetro y de 76 a 101 mm. de carrera.

Con la expresión 3.4 se calcula el consumo de aire por cilindro ( para cilindros de doble efecto )

$$( 3.4 ) \quad V = \left[ \frac{S \cdot D^2 \pi}{4} + \frac{S \cdot (D^2 - d^2) \pi}{4} \right] n \cdot \text{Relación de Compresión}$$

De donde:

V = Cantidad de aire ( lts/min)

s = Longitud de carrera ( cm ) del cilindro

n = Ciclos por minuto

D = Diámetro del émbolo del cilindro

d = Diámetro del bástago del cilindro

En nuestro ejemplo están definidas las siguientes variables:

s: Tomaremos una longitud promedio de todos los cilindros será nuestro ejemplo s = 88.5 mm.

n: 0.235 ciclos/min ( 14.1 ciclos/hr )

D: es constante en todos los cilindros D: 64 mm.

d: También es constante d: 16 mm.

La relación de compresión está dada por 3.5

$$( 3.5 ) \text{ Rel. Com.} = \frac{101.3 + \text{Presión Trabajo}}{101.3} \quad \left( \text{referida a nivel del mar} \right) \\ \text{en KPa}$$

De donde:

101.3 = es una atmósfera física de presión

La presión de trabajo se obtiene a partir de la fuerza requerida en el émbolo  
( 3.6 )

$$(3.6) F : Pt \times A$$

De donde:

F: Fuerza requerida en el émbolo ( teórica ) en Newtons

Pt: Presión de trabajo ( KPa ó  $10^5$  N/m<sup>2</sup> )

A: Superficie útil del émbolo ( m<sup>2</sup> )

Es usualmente considerada adecuada una presión de trabajo ( Pt ) de 6 Kg/cm<sup>2</sup> con lo cual se logra una fuerza teórica en el émbolo para cilindros de 64 mm de dia. de:

$$(3.6) F: 6 \text{ kg/cm}^2 \times A$$

$$A: \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (6.4)^2}{4} \text{ cm}^2 = 32.17 \text{ cm}^2$$

$$(3.6) F: 6 \text{ Kg/cm}^2 \times 32.17 \text{ cm}^2 = 193.02 \text{ Kp} = 1893.52 \text{ N.}$$

Esta fuerza es suficiente para sujetar firmemente el material pero al mismo tiempo no tanta que sea dañado por la presión.

En realidad la presión de trabajo es variable pues depende de la carga y utilización que en un determinado momento pueda tener la línea.

Sin embargo para nuestros cálculos tomaremos la Pt como

$$Pt = 6 \text{ Kg/cm}^2 = 588.6 \text{ KPa.}$$

Por lo tanto ( 3.5 )

$$(3.5) \text{ Rel. Comp.} = \frac{101.3 \text{ KPa} + 588.6 \text{ KPa}}{101.3 \text{ KPa}} = 6.81$$

Por lo tanto la expresión ( 3.4 ) queda definida como :

$$(3.4) (V: 8.85 \text{ cm} \times 32.17 \text{ cm}^2 + 8.85 \text{ cm} \times 30.16 \text{ cm}^2) (0.235 \times 6.81)$$

$$V: 882.78 \text{ cm}^3/\text{min} = 0.883 \text{ lts}/\text{min cil}$$

Como son 13 cilindros tomaremos:

$$V_T = 0.883 \times 13 = 11.47 \text{ lts}/\text{min} = 688.57 \text{ lts}/\text{hr} = 5508.58 \text{ lts}/\text{turno}$$

$$1,432,232 \text{ lts}/\text{año} (260 \text{ turnos}) = 1432 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Demos un } 30\% \text{ de ineficiencia: } 1861 \text{ m}^3/\text{año}$$

El estudio se hará considerando que se automatizarán 10 herramientas del total de 12, con un número promedio de cilindros igual a 13. En realidad este estudio debe hacerse para cada uno de los dispositivos, pero dado que (como se demuestra a continuación) el costo de la energía es relativamente reducido, y para simplificar el ejemplo, se está haciendo la anterior consideración.

Por lo tanto para 10 herramientas, el gasto de aire comprimido será:

$$8,950 \text{ lts}/\text{hr.} \text{ ó } 8,950 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Según catálogos de fabricantes de compresores (Kellog Mexicana) un compresor de dos pasos con motor eléctrico de 5 H.P. entrega  $8 \text{ Kg}/\text{cm}^2$  de presión y hasta  $31 \text{ m}^3/\text{hr.}$  de aire (en operaciones intermitentes la presión de trabajo puede alcanzar hasta  $12 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ )

Por lo tanto, se considera que aunque dicho compresor está sobrado para la operación, es apropiado considerando posibles cambios e incrementos en

la línea.

Acudiendo a la tabla que determina la capacidad en K.W. para motores eléctricos emitida por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, un motor de 5 H.P. requiere de 0.988 KW/HP o sea un total de 4.490 KW.

Considerando un año de 260 turnos de 8 horas se trabajarán 2080 horas por año.

Por consiguiente se consumiran:  $4.490 \text{ KW} \times 2080 \text{ hr/año} = 9339.2 \text{ KW HR/año}$

El precio del KW HR. promedio es de \$3.5 KW HR. y tendrá un sobre precio de \$1.00 KW HR. cada año.

Por lo tanto el costo de la energía está dado por la tabla 3.4

Tabla 3.4 Costo de la energía para un compresor de 2 pasos con un motor eléctrico de 5 HP.

Año	Costo KW Hr. ( Pesos )	Consumo ( KW Hr. )	Costo Energía ( Pesos )
1982	\$3.50	9339	\$ 32,686
1983	\$4.50	9339	\$ 42,025
1984	\$5.50	9339	\$ 51,364
<b>Total</b>			<b>\$126,075</b>

Si se considera que este costo se divida entre las 10 herramientas automatizadas, entonces el costo de la energía en la prensa de ensamble de piso será de \$12,607.00 M.N. en 3 años de uso regular.

### E) Cálculo del Costo Total de los Dispositivos Automáticos

Para esto se aplica la expresión 3.1 considerando los valores recién establecidos:

$$(3.1) \quad Q_T = \frac{\frac{C_m}{3} + O_1 + S_1 + E_1}{N_1} + \frac{\frac{C_m}{3} + O_2 + S_2 + E_2}{N_2} + \frac{\frac{C_m}{3} + O_3 + S_3 + E_3}{N_3}$$

$$Q_T = \frac{624,133 + 873,600 + 9,838 + 3269}{29,626} + \frac{624,133 + 1,245,400 + 13,127 + 4,203}{29,626}$$

$$+ \frac{624,133 + 1,848,600 + 17,771 + 5136}{29,626}$$

$$Q_T = \frac{1,510,840 + 1,886,863 + 2,495,640}{29,626}$$

$$Q_T = 50,99 + 63,69 + 84,24$$

$Q_T$ : \$198.92 por operación en la prensa de ensamble de pisos.

Como se podrá observar, aunque en este dispositivo los costos de diseño, manufactura, mantenimiento, energía, etc. son más altos que en los dispositivos manuales, su alto rendimiento hace que el costo final por ensamble se vea disminuido, si la prensa trabaja a su máxima capacidad, ya que la

prensa de ensamble de piso de accionamiento manual trabajando también a su máxima capacidad, nos genera un costo de \$ 214.26 por ensamble.

El hecho de haber desarrollado este ejemplo sólo con la prensa de piso es porque se considera una prensa promedio con la cual se puede dar una idea clara de los factores tanto económicos como de incremento de productividad.

### 3.8 Sumario

Las posibilidades y variedad de los dispositivos automáticos son enormes, y limitados sólo por el tipo de energía utilizada. Con ellos podemos diseñar y automatizar casi cualquier herramienta de tipo convencional y complicarla o sofisticarla tanto como se requiera.

En los dispositivos de ensamble automotriz se está difundiendo rápidamente el uso de automatismos y se espera que cada día este proceso se acelere, utilizando no sólo circuitos neumáticos sino eléctricos, electrónicos o híbridos.

Con los dispositivos automáticos se ganan muchas cosas; como regularidad en la carga, ajuste, fijación y localización de las partes lo cual rediría en calidad del producto. También se regulariza la producción, con lo cual se facilita el control y la programación de la misma. El espacio requerido para colocar los dispositivos es menor, ya que serían necesarias varias líneas manuales para producir lo que una sola línea automática. (Ver estudio económico). El factor de seguridad es un arma de dos filos, pues los dispositivos automáticos previenen que los operarios estén alejados de las prensas en el momento de la operación, sin embargo una acción descuidada puede traer fatales consecuencias.

Se incrementa el costo de inversión original así como el de la energía utilizada para su operación. Las instalaciones necesarias para que puedan lograr la producción requerida se hace también mas cara y mas laboriosa.

El mantenimiento, nulo en los dispositivos manuales, se hace aquí no sólo necesario sino indispensable, para el buen funcionamiento de la planta.

A pesar de ello, si la prensa se utiliza a su máxima capacidad, el costo total por ensamble disminuye de \$214.26 a \$198.92 M.N. por ensamble en la prensa de piso, lo cual representa un ahorro de \$15.34 por ensamble.

Esto si se considera el volumen producido por año ( 29,626 ensamblajes ) nos da un ahorro de \$454,462.84 M.N. anual en una sola operación o prensa.

De tal manera que a máxima capacidad se incrementa la producción en 24% y se reduce el costo en un 7%, esto da una idea de las bondades de la automatización en el sentido económico.

Desde luego que existen herramientas que por su fácil funcionamiento, logran una producción adecuada sin necesidad de automatizar, ahorrándose así el incremento en el costo inicial y reduciendo gastos de mantenimiento y energía.

Al hacer el estudio económico y productivo, se deberá tener en cuenta también el aumento en la demanda que podría sufrir un modelo automotriz mientras este en el mercado, pues podría darse el caso que en el primer año de producción no sea justificable la inversión por el bajo volumen producido, pero en los años sucesivos el aumento de la demanda provoque insuficiencias en la línea con lo cual se tendría que incurrir a mayores gastos y posibles atrasos o paros en la producción de unidades.

Se espera que el presente capítulo haya dado una idea aproximada al gran estudio que se tiene que hacer para la semi-automatización de una línea de ensamble de autos.

## IV. - DISPOSITIVOS DE SOLDADURA.

### 4.1 Generalidades

#### a) Introducción.

Los capítulos precedentes hablan de los dispositivos de localización y fijación de las carrocerías; debe entenderse que con ellas no termina la operación de armado. La soldadura consiste en la unión de dos o más piezas de acero, de aluminio, etc. mediante el uso de calor y algunas veces de presión.

En la actualidad se han logrado desarrollar diferentes técnicas de soldadura, las cuales tienen su variante en la forma de aplicar el calor, que el proceso de soldadura es más rápido y eficiente que el de unión por tornillos, estos han sido casi obsoletizados. Los procesos de la soldadura se dividen en:

principales:

Para aplicar la soldadura, se hacen necesarios también ciertos dispositivos y como en el caso de los dispositivos de sujeción pueden ser automáticos, semi-automáticos o manuales. Aunque en los dispositivos de soldadura el grado de complejidad es mucho mayor ya que son necesarias varias fuentes de poder para lograr una unión de soldadura.

Existe una gran variedad de maneras para soldar, pero en el caso del armado de carrocerías es la soldadura por resistencia la más usada. Es por ello que se incluye un subtema del proceso citado.

El implementar máquinas automáticas de soldadura eleva enormemente la productividad, al no tener que alcanzar la temperatura de fusión de las piezas a unir.

producción y acelera por lo tanto todos los procesos antecedentes y subsecuentes a ella. Es por ello que se hace necesario un cuidadoso estudio de ingeniería industrial antes de colocar punteadoras automáticas.

En este capítulo se presenta una pequeña propuesta para semiautomatizar una prensa en su operación de punteo. Las otras prensas por tener menos uniones se consideran de punteo convencional, es decir, por medio de pistos las de punteo.

Este tema es enorme y complejo, por lo que requiere para su comprensión de mucho estudio y dedicación, por lo cual se incluyen algunos textos como referencia en la bibliografía.

Que sirva pues, nuestro estudio para dar una idea general y somera de lo que son las máquinas punteadoras y la soldadura por resistencia.

$$4.1 \quad \text{Calor} = I^2 RT$$

$$\text{Calor} = \text{Watts}$$

$$I^2 = \text{Corriente}^2 \text{ (amps. )}$$

$$R = \text{Resistencia del material (ohms. )}$$

$$T = \text{Tiempo (segs. )}$$

En esta fórmula tenemos dos de los factores fundamentales adelante, vamos a considerar y que son: La corriente y el factor importante viene siendo la presión, con estas variables

## 4.2 Soldadura por Resistencia.

### A) Introducción.

La soldadura consiste en la unión de dos o más piezas de metal con la aplicación de calor y algunas veces de presión.

En la actualidad se han logrado desarrollar diferentes técnicas de soldadura, las cuales tienen su variante en la forma de aplicar el calor y por el equipo utilizado. Los procesos de la soldadura se dividen en dos grupos principales:

1. - Los que no requieren de presión ( soldadura de fusión ): soldadura de arco, de gas, por haz de electrones, rayo laser, etc.
2. - Los que requieren de presión: soldadura de fricción, por resistencia, de inducción en frío, ultrasónica, etc.

Los procesos del primer grupo, necesitan del aporte de un material de soldadura en alguna forma y de una temperatura de fusión de metal a soldar.

Los procesos que utilizan presión, requieren que la superficie del metal adquiera una temperatura suficiente para que tenga lugar la cohesión entre los materiales a unir; ésta es casi siempre una temperatura de subfusión. Sin embargo, si se logra alcanzar la temperatura de fusión, el metal fundido debe estar rodeado de metal sólido.

Se han integrado nuevos tipos de electrodos y técnicas nuevas de soldadura para alterar el concepto de lo que es un material soldable. Prácticamente los materiales ferrosos ( aceros aleados y no aleados ), y los no ferrosos ( aluminio, cobre, magnesio, plomo, etc. ), pueden soldarse por cualquier técnica, utilizando únicamente el equipo y el material adecuado, sin embargo vamos a situar nuestra atención a la soldadura por resistencia, ya que esta técnica actualmente está tomando fuerza en toda la industria.

En el proceso de soldadura por resistencia, se aprovecha la resistencia eléctrica que ofrecen los materiales a soldar, al paso de una determinada cantidad de corriente ( amps. ), y dicho proceso tiene su base en la ley física que dice: Que " el calor es producido en un conductor por el paso de una corriente eléctrica ". La cantidad de calor para efectuar una soldadura es expresada por la fórmula básica: 4.1

$$4.1 \quad \text{Calor} = I^2 RT$$

$$\text{Calor} = \text{Watts}$$

$$I^2 = \text{Corriente}^2 \text{ ( amps. )}$$

$$R = \text{Resistencia del material ( ohms. )}$$

$$T = \text{Tiempo ( segs. )}$$

En esta fórmula tenemos dos de los factores fundamentales que, de aquí en adelante, vamos a considerar y que son: La corriente y el tiempo; el tercer factor importante viene siendo la presión, con éstas vamos a efectuar-

nuestros cálculos para determinar los parámetros adecuados para hacer la soldadura.

Por lo tanto, si nosotros hacemos pasar una cantidad de corriente eléctrica, un determinado tiempo a través de los materiales que se van a unir, logramos causar un calentamiento local y la soldadura se completará por la soldadura de presión. El efecto de la presión, es refinar el grano estructural del material, produciendo una soldadura con propiedades físicas, en muchos casos igual al metal base y en la mayoría de las veces, superior.

Cuando la corriente pasa por los materiales, la máxima resistencia se encuentra en el punto de contacto de los mismos; por lo tanto, el mayor efecto de calentamiento se origina en el punto en el que deseamos hacer la soldadura; al terminar de hacer la unión, tenemos entre las piezas que se han solidificado una pepita o nuez del material soldado ( Ver. Fig. No. 4.1 )

La soldadura por resistencia es primordialmente un proceso de alta producción, adaptado a la unión de metales de calibres ligeros esencialmente. Además es el único proceso que nos permite una aplicación regulada, y precisa del calor, asimismo, la operación es extremadamente rápida.

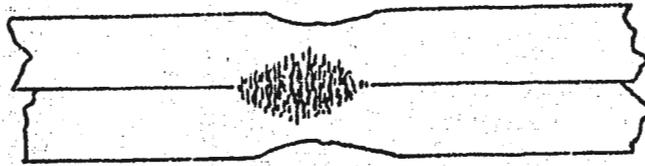


FIG. 4.1 SECCION TRANSVERSAL DE UN PUNTO DE SOLDADURA

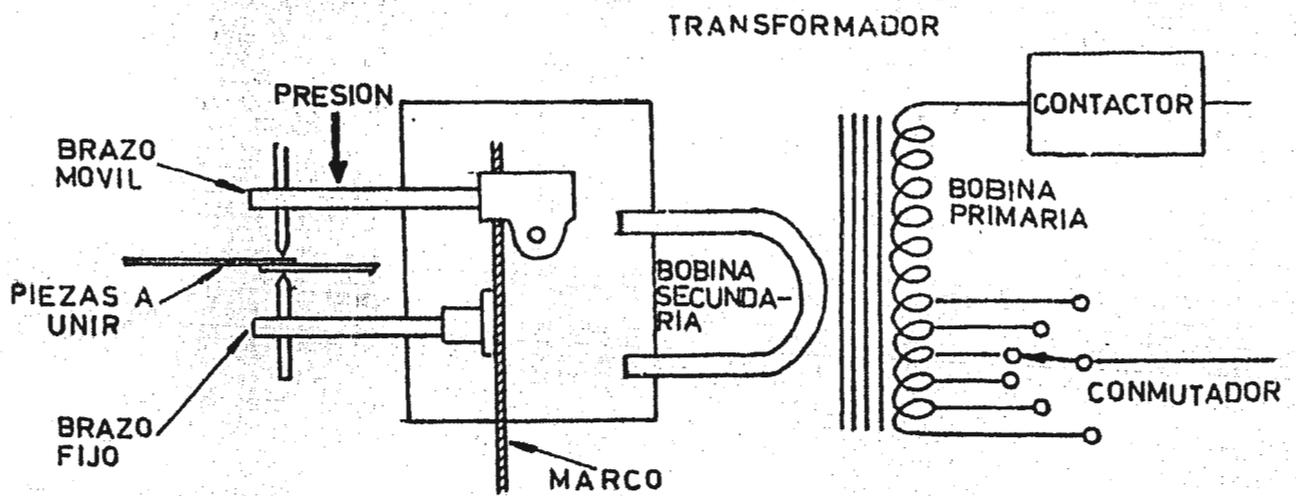


FIG. 4.2 DIAGRAMA DE UNA MAQUINA PUNTEADORA

La soldadura por resistencia se puede dividir en los siguientes grupos principales:

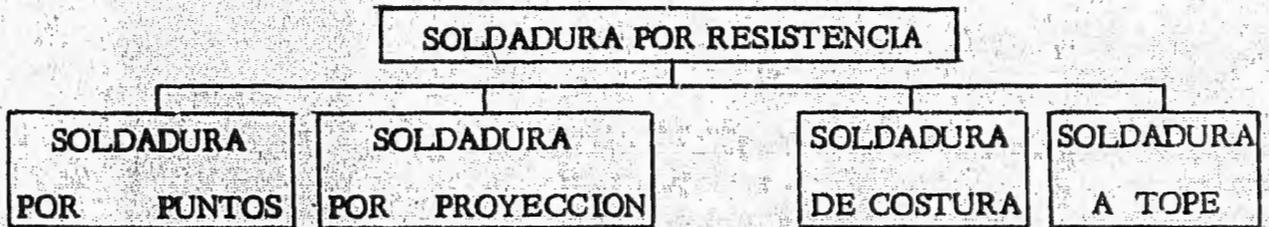


TABLA 4.1

Sin embargo, para la soldadura de carrocerías, los tipos más usados son el de soldadura por punteo y el de soldadura por costura. ( en mucho menor escala ). Ambos procesos se desarrollan más adelante.

En todas las soldaduras por resistencia, los tres factores que intervienen se proporcionan de la siguiente forma: La corriente de soldadura ( amps. ), queda determinada por un transformador ( de corriente alterna regularmente ); para tener la posibilidad de variar la corriente secundaria, el transformador esta equipado con un regulador ( conmutador ), en el lado primario, esto es para variar el número de vueltas en la bobina primaria y así obtener la corriente deseada. Esto puede verse en la Fig. 4.2.

El segundo factor, es el tiempo de soldadura, es muy importante, y este está programado por un control de tiempo o temporizador. En una soldadu

ra por resistencia existen tres tiempos básicos para efectuar una unión - aceptable, y son:

Tiempo de pre-soldado ( compresión ). - Antes de que fluya a la corriente de soldadura por los materiales, debe existir un lapso ajustable, el cual nos permita sujetar correctamente y con la presión requerida las piezas a unir, precisamente esta es la función del tiempo pre-soldado.

Tiempo de soldadura. " Es precisamente el lapso durante el cual fluye corriente de soldadura a través de los materiales.

Tiempo de post-soldado ( retención ). - Luego de cortar la corriente de soldadura, necesitamos retener durante un intervalo de tiempo los electrodos con presión aplicada entre sí, ésto es para permitir solidificar la pepita de soldadura, este intervalo es llamado tiempo de post-soldado.

Y el último de los factores, que es la presión entre la soldadura, puede obtenerse manualmente, por medios mecánicos, por presión de aire, por resortes o por medios hidráulicos. Su aplicación debe controlarse y coordinarse con la aplicación de la corriente de soldadura.

Si cada una de las variantes y factores antes mencionados son adecuados, una buena soldadura se producirá. En la práctica, dos de las variantes son usualmente cambiadas al mismo tiempo. Sin embargo para propósitos de

una explicación clara, dos de las variantes se mantendrán constantes, -  
mientras que la tercera se cambiará.

Si el tiempo y la presión se mantienen constantes, con que se disminuya  
un 10% de la corriente, resultará en una disminución del 19% de calor -  
efectivo. ( Fig. No. 4.3 )

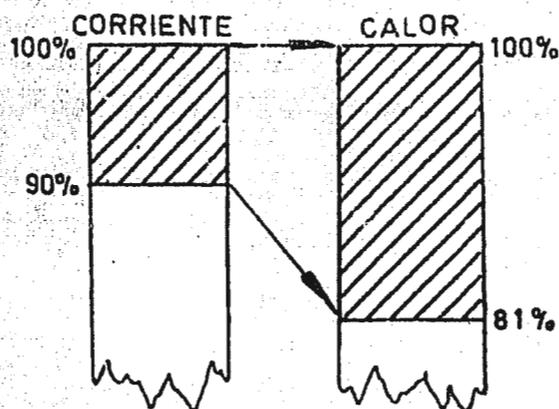


FIG. 4.3 Tiempo y Presión constantes.

Si la corriente y la presión son mantenidos constantes, la disminución del tiempo de soldadura en un 10% resultará en un decrecimiento del 10% del calor efectivo ( Fig. No. 4.4 )

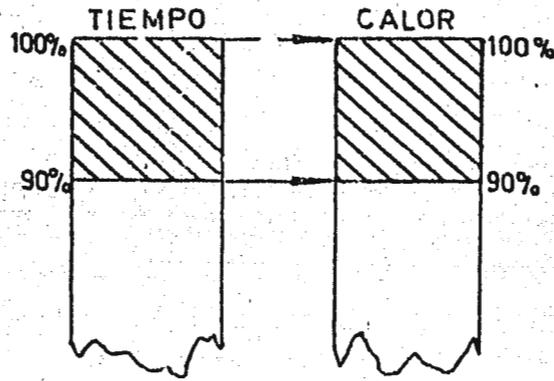


FIG. 4.4 Corriente y Presión constantes.

Si la corriente y el tiempo son mantenidos constantes, y se disminuye en un 10% la presión resultará en un 5% de incremento del calor efectivo ( FIG. No. 4.5 )

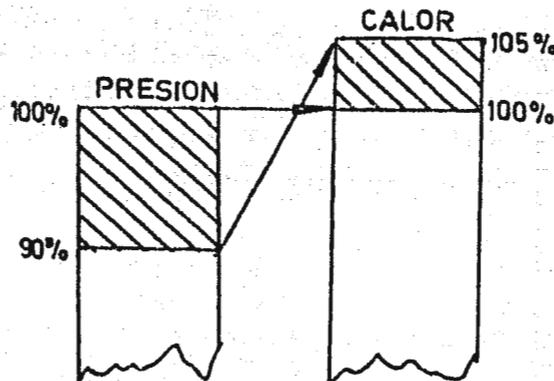


FIG. 4.5 Corriente y Tiempo constantes

De esta forma descriptiva se hace evidente que una disminución de corriente o de tiempo de soldadura resulta en un decrecimiento de calor efectivo; mientras que un decrecimiento de presión resulta en un aumento de calor efectivo en la zona de soldadura.

Basados en los factores ya nombrados, surge una pregunta: ¿ Por qué no disminuir la presión lo mismo que el tiempo y la corriente ? . Esto resultaría en la misma cantidad de calor efectivo que se está produciendo con los parámetros correctos, pero con menos tiempo y corriente requerida. Si el calor efectivo fuera el único factor para efectuar una buena soldadura, esto sería un método aceptable de realizar la misma. Sin embargo, para la realización de la soldadura se necesita que los parámetros y los datos sean lo mas real posible. Una buena soldadura, depende de una presión correcta.

Una buena presión resulta en:

- a) Descarga de metal licuado ( chisporroteo ).
- b) Condiciones pobres del metal en la superficie.
- c) Desgaste de la punta del electrodo ( erosión ).
- d) Reducción en la formación granular del metal.

El motivo de que estos efectos indeseables ocurran, es la razón de que una soldadura nunca debe ser hecha con una reducción de presión, corriente y tiempo.

La soldadura de los materiales es ampliamente basada en su conductividad eléctrica y térmica, dependiendo, además, hasta cierto grado de su punto de fusión.

Practicamente todos los materiales principales pueden ser soldados, aunque hay algunos que son considerablemente mas difíciles que otros; algunos son tan difíciles hasta el punto de ser considerados comercialmente impráctico el soldarlos, tal es el caso del plomo y estaño.

#### B) Condiciones Generales para la Soldadura.

Generalmente las uniones soldadas por resistencia deben prepararse mas exactamente y deben estar considerablemente mas limpias que las que se usan en otros procesos. La soldadura se facilita si se limpian las superficies y liberan de materias extrañas, tallándolas con cepillos de alambre o con algun producto contra impurezas. Las impurezas tienden a debilitar la soldadura, haciendo el metal quebradizo o bien, llenándolo de numerosas inclusiones de gas o de escoria. Las impurezas también causan las malas cohesiones de metales.

Puesto que las tendencias a la oxidación aumentan con la temperatura y se presentan violentamente, es importante la velocidad con que efectúe la soldadura. Algunos procesos son mas rápidos que otros, pero el trabajo

debe hacerse en todo caso, tan rápidamente como sea posible.

### C) Procesos principales de Soldadura.

Los procesos principales de soldadura por resistencia enunciados anteriormente, se estudian brevemente en el texto que sigue:

#### a) Soldadura por puntos:

En esta forma de soldadura, se sujetan dos o más láminas de metal entre electrodos de cobre, como se mostró en la figura 4.2. El ciclo de soldadura se inicia cuando los electrodos, ejerciendo una presión se ponen en contacto con el metal antes de aplicar la corriente en el período conocido como tiempo de pre-soldado. La corriente de amperaje suficiente, se hace circular entre los electrodos, haciendo que el metal en contacto con ellos eleve rápidamente su temperatura, a la de soldadura. Tan pronto como se alcanza esta temperatura, los electrodos oprimen a las láminas juntas y se completa la soldadura. Este período se conoce como tiempo de soldadura.

Enseguida y con la presión aún aplicada, se interrumpe el paso de la corriente por los materiales a unir, en el período que se llama tiempo de post-soldado, durante el cual el metal se solidifica recuperando su resistencia mecánica.

Finalmente se quita la presión y la pieza se retira de la máquina o se mueve

para soldar otro punto.

La soldadura por puntos es probablemente la forma mas simple de soldadura por resistencia y para láminas ordinarias de acero, no presenta muchos problemas. Las buenas soldaduras requieren láminas de acero que están libres de películas de óxido o sustancias extrañas.

Al solidificarse el material, se forma en el punto un nudo metálico. El tamaño y estructura del nudo determina la resistencia de la unión. El tamaño del nudo formado, depende a su vez del tamaño de los electrodos, de las presiones aplicadas y del calor alcanzado.

Las imperfecciones superficiales, las variaciones en la resistencia mecánica de la soldadura y la unión de los electrodos, son los defectos que se pueden tener si la superficie no se ha preparado correctamente. Puede notarse que en la soldadura por puntos, existen siete zonas de generación de calor.

Vease figura 4.6

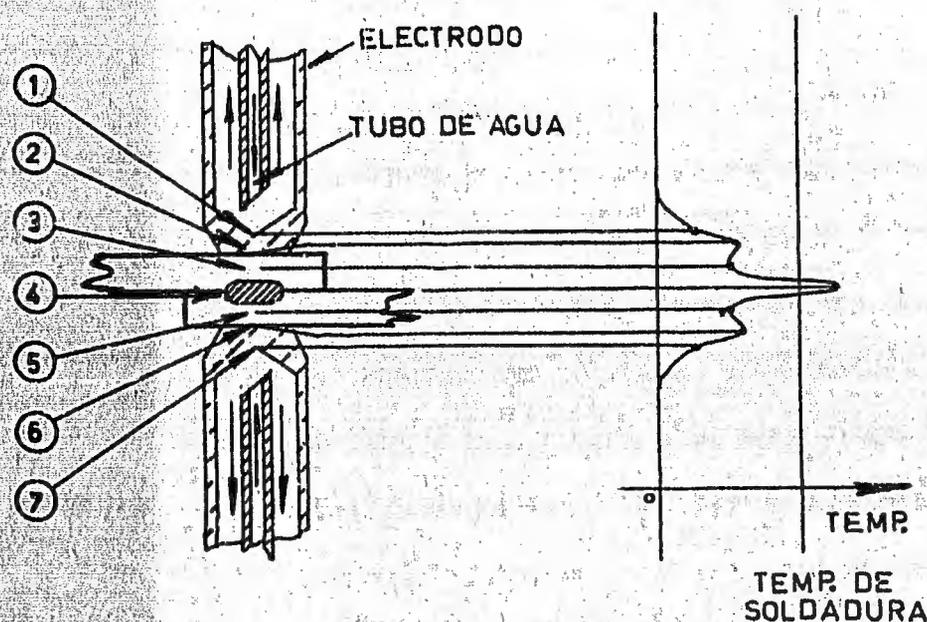


FIG. 4.6 Zonas de Generación de calor

El punto de mayor resistencia es el número 4, aquí el calor es el máximo; los siguientes puntos de mayor resistencia son 2 y 6, en estos puntos el calor se eleva rápidamente pero no tanto como en el punto 4; los siguientes en cuanto a cantidad de calor son los puntos 3 y 5 localizados en el metal de las láminas y los últimos son los puntos 1 y 7. Cabe hacer notar que en los puntos 2 y 6 el calor es disipado por el contacto del agua en los puntos 1 y 7. La resistencia de contacto entre las caras de las dos láminas es, como vemos, el punto de máxima resistencia, donde se inicia la formación de la soldadura.

Si las láminas son iguales de espesor como de análisis, el balance calorífico será tal, que la nuez de soldadura se encontrará en el centro. Con láminas de espesores desiguales o láminas de diferentes resistencias eléctricas, al soldarlas se verá afectada la cantidad de calor entre el punto de contacto de las láminas. Por ejemplo si la lámina superior es de acero inoxidable y la inferior de acero al bajo carbón la resistencia y la generación de calor será aumentada en la zona 2 con el resultado de que la nuez de soldadura se desarrollará más en la lámina superior. Lo mismo pasaría si las superficies de contacto de los electrodos son de áreas desiguales o si los electrodos tienen diferente conductividad.

En algunos casos no se aplica un solo punto a la vez, sino que se usa un sistema conocido como soldadura directa, llamado también como soldadura en series paralelo, donde los electrodos se encuentran en serie y una placa gruesa de cobre hace las funciones del segundo electrodo al pasar por ella la corriente, al mismo tiempo que sirve de respaldo pues está colocada abajo de las láminas.

Cuando se desea efectuar más de un punto de soldadura en las piezas a unir ya sea con una máquina de un solo punto o con máquina de puntos múltiples, es importante tomar en cuenta que en el caso de un simple punto, una cierta fijación de condiciones fueron implicadas; ahora si un segundo punto es hecho cercano al primero, aquí ocurre un efecto de disipación de corriente,

y es necesario tener en mente este fenómeno ya que en la mayoría de los procesos de soldadura por resistencia sufren su presencia.

Así en la figura No. 4.7 el metal en medio de los electrodos provoca un circuito dividido, parte de la corriente viajará por la trayectoria "A", mientras que el resto viajará a través de la trayectoria normal "B". Si "A" es larga, su resistencia, comparada con la de "B" será alta y el efecto de disipación puede ser olvidado. Sin embargo, si "A" es corta, una apreciable porción de la corriente total será disipada. Otro factor importante es que como la trayectoria "B" se eleva en temperatura, la resistencia del punto aumenta, aumentando así el efecto de disipación.

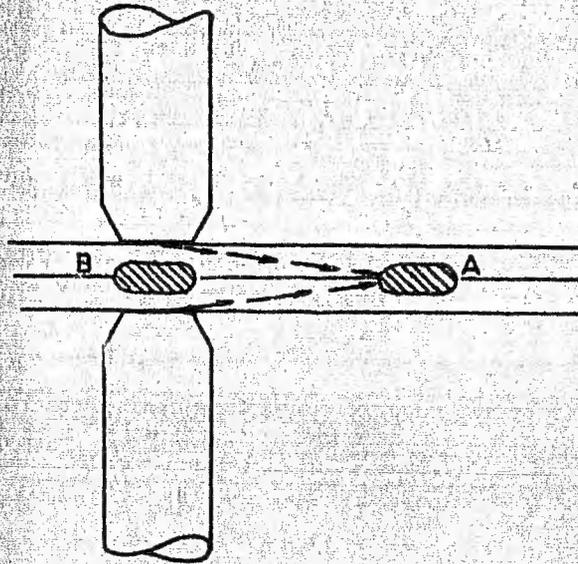


FIG. 4.7 Efecto de la Disipación de Calor

Para contrarrestar este efecto es necesario incrementar la cantidad de corriente, en los puntos de soldadura subsecuentes al primero, puesto que si esto no se hace, hay posibilidades de que los puntos adicionales sean deficientes en cuanto a calidad y confiabilidad.

La soldadura por puntos se presta mucho al trabajo a gran escala debido a su simplicidad y rapidez con que se dan los puntos. Esta soldadura tiene muchas aplicaciones, desde hojas delgadas donde se usan corrientes muy bajas hasta placas gruesas que requieren altas corrientes y mucho tiempo. Teóricamente, cualquier metal de espesor razonable puede soldarse por puntos, sin embargo, al aumentar el espesor, la tremenda fuerza que se necesita se convierte en el factor limitante. El límite máximo de espesor es de alrededor de 9.6 mm ( 0.375 pulg. ).

A continuación se presentan las tablas de datos para soldadura por puntos de los metales más comúnmente soldados.

TABLA No. 4.2

ACERO BAJO Y MEDIANO CARBON

Esp. en Pulg.	Diam. del Punto del Elec.	Presión en el Punto en Lbs.	Corrien- te en Amperes	Tiempo en Ciclos	Trans- lape Mínimo
0.012	1/8	150	2400	3	3/8
0.021	3/16	250	4200	4	7/16
0.030	3/16	360	6000	6	7/16
0.036	1/4	430	7200	8	1/2
0.048	1/4	580	9600	10	9/16
0.060	1/4	720	12000	12	5/8
0.075	5/16	900	14000	15	11/16
0.090	5/16	1100	15500	18	3/4
0.105	3/8	1260	17500	21	13/16
0.120	3/8	1450	19000	24	7/8

TABLA No. 4.3

ACERO INOXIDABLE Y SUS ALEACIONES

Esp. en Pulg.	Diam. del Punto del Elec.	Presión en el Punto en Lbs.	Corrien- te en Amperes	Tiempo en Ciclos	Trans- lape Mínimo
0.016	1/8	330	3000	4	1/4
0.019	5/32	400	3500	4	5/16
0.031	3/16	650	4800	5	3/8
0.038	3/16	900	6300	6	7/16
0.050	1/4	1200	7500	8	1/2
0.062	1/4	1500	9000	10	5/8
0.078	5/16	1900	11000	16	3/4
0.125	3/8	3200	15000	20	7/8

TABLA No. 4.4

ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

Esp. en Pulg.	Diam. del Punto del Elec.	Presión en el Punto en Lbs.	Corriente en Amperes	Tiempo en Ciclos	Trans-lape Mfimo
.016	1/4	250	15000	4	3/16
.020	1/4	350	17000	5	3/16
.025	1/4	400	19000	6	7/32
.032	1/4	450	20000	8	1/4
.040	1/4	500	22000	8	1/4
.051	3/8	600	24000	10	5/16
.063	3/8	650	26000	10	3/8
.072	3/8	700	28000	11	3/8
.081	1/2	750	30000	12	3/8
.091	1/2	800	32000	12	7/16
.102	1/2	900	35000	13	7/16
.125	1/2	1000	38000	15	1/2

TABLA No. 4.5

LAMINA GALVANIZADA

Esp. en Pulg.	Diam. del Punto del Elec.	Presión en el Punto en Lbs.	Corriente en Amperes	Tiempo en Ciclos	Trans-lape Mfimo
.022	3/16	310	8800	8	7/16
.034	3/16	550	11000	12	7/16
.040	3/16	625	12500	13	1/2
.052	1/4	840	14000	18	9/16
.064	1/4	1050	15500	23	5/8
.078	5/16	1400	19500	28	11/16
.093	5/16	1800	24000	34	3/4
.108	11/32	2200	26000	39	13/16
.123	13/32	2500	28000	44	7/8
.138	7/16	3000	31000	49	11/8

### b) Soldadura de Proyección.

La soldadura de proyección, es un proceso similar a la soldadura por punteo y se ilustra en el diagrama lineal de la figura No. 4.8. Existen dos tipos de proyecciones, las cuales las llamaremos naturales y las formadas; las naturales son por ejemplo: una arista del cuerpo, la curvatura del diámetro exterior de una barra redonda, el chaflán de la punta de un birlo, etc. Las formadas existen en las láminas metálicas o cualquier otra pieza que se ha de soldar en esta forma y que pasan primero por una prensa punsonadora que efectúa pequeñas protuberancias o botones en el metal. Estas proyecciones se hacen comunmente en forma esférica y se elevan sobre la superficie del material.

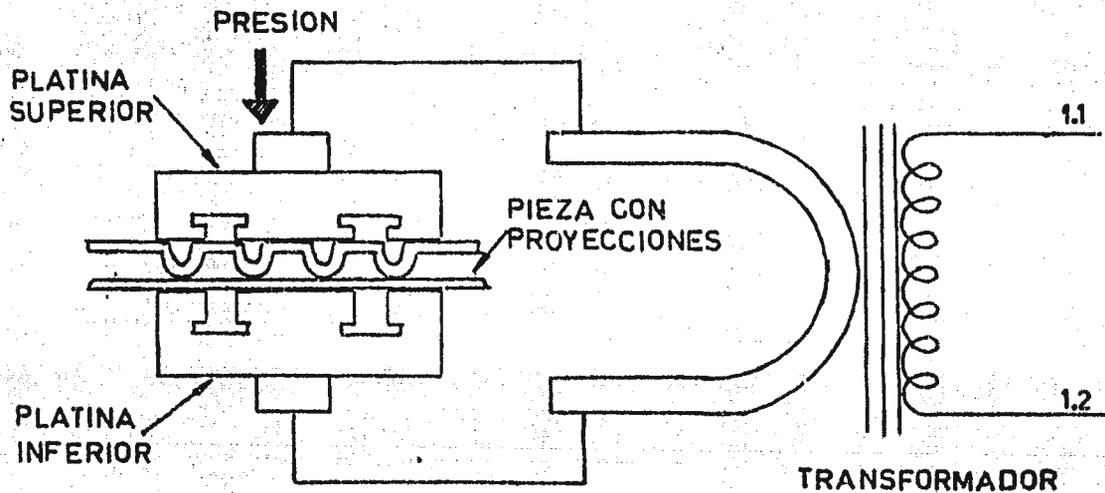


FIG. 4.8 Soldadura por Proyección

Una de las ventajas de este proceso de soldadura, es que se efectúan simultáneamente gran número de soldaduras. El único límite para el número de soldaduras, es la capacidad que tenga la máquina para distribuir en forma uniforme la corriente y la presión sobre las piezas. Los resultados obtenidos de este método son generalmente uniformes y la apariencia de la soldadura es por lo general mejor que la de la soldadura por puntos. La vida de los electrodos es larga, puesto que solamente se usan superficies planas y se requiere muy poco mantenimiento.

### c) Soldadura por costura.

La soldadura por costura consiste en una soldadura continua aplicada a dos piezas traslapadas de metal laminado. La unión se produce por el calor obtenido de la resistencia al paso de una corriente aplicada en forma continua. La corriente pasa por las láminas traslapadas, que se mantienen sujetas bajo presión entre dos métodos.

El primero es soldadura continua o convencional, donde se aplica una presión y corriente constante, para hacer la soldadura, desde el principio al final de la misma.

El segundo es soldadura por pulsaciones, este método es igual al primero, excepto que en éste, la corriente no se aplica en forma constante sino a intervalos de tiempo espaciados entre sí. Por lo tanto, este método es un

proceso continuo de soldadura por puntos y aquí la frecuencia de la línea de tensión actúa como interruptor.

Los dos tipos de soldadura por costura que se utilizan comúnmente en la industria se ilustran en la figura No. 4.9. El tipo más común y confiable de soldadura por costura es la efectuada por pulsaciones, mostrada en la parte inferior de la figura. Esta soldadura consiste en una serie de puntos de soldadura traslapados con suficiente empalme de las pepitas o nueces de la misma, esto se efectúa así, con el propósito de obtener una unión a prueba de presión o fugas; si no es necesario resistencia a la presión, las pepitas pueden espaciarse de acuerdo a las necesidades particulares.

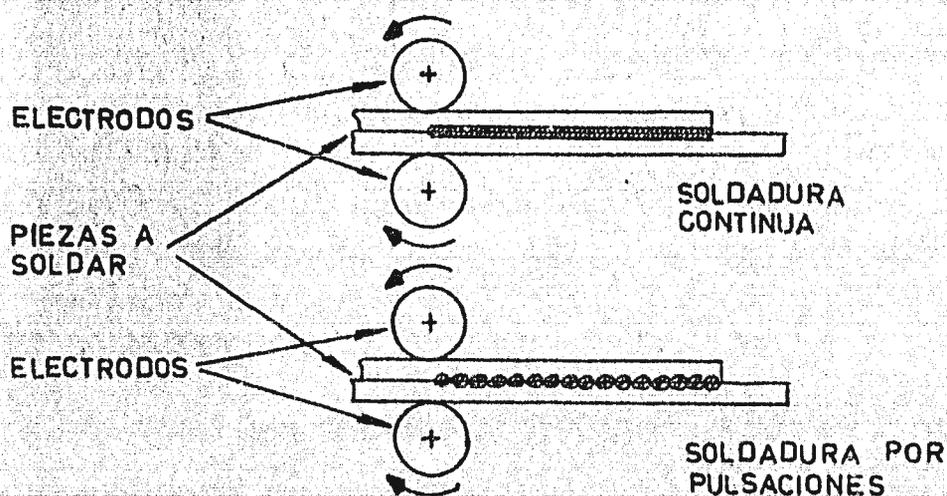


FIG. 4.9 Soldadura por Costura

Como ya se explicó anteriormente la resistencia de los materiales a unir es mayor al empezar a soldar, y conforme se avanza en la operación, la resistencia va disminuyendo hasta fijarse en un valor sostenido; por lo tanto, teniendo en cuenta el efecto de disipación, al empezar a soldar se requiere de una cantidad menor que la necesaria en los pasos subsecuentes para mantener constante la zona de calentamiento y una soldadura satisfactoria.

La magnitud de la corriente, se convierte obviamente en el factor más prominente para controlar la cantidad de calor de la soldadura. El calor de las superficies de contacto de los electrodos, se mantiene al mínimo usando electrodos de aleaciones de cobre y se disipa enfriando los electrodos y áreas de soldadura con agua. El segundo factor es la fuerza o presión entre electrodos, ya que el calor generado en la superficie entre las dos láminas en el área de contacto puede aumentarse, disminuyendo la fuerza entre los electrodos. El tercer factor o variable que influye en la cantidad de calor generado, es el tiempo de soldadura que, en soldadura de costura está controlado, por la velocidad de rotación de los electrodos. La cantidad de calor generado, disminuye con un aumento en la velocidad de soldadura.

En la Fig. No. 4.12 se muestran los dos tipos de máquinas más empleadas en este proceso. La primera es una soldadura de costura tipo longitudinal, aquí las piezas a soldar se mueven en forma perpendicular al frente de la máquina; la segunda es una soldadura de costura tipo circular, en ésta las

piezas a trabajar tienen movimiento paralelo al frente de la máquina.

La soldadura por costura se usa en la fabricación de recipientes de metal, mofles, defensas de automóviles, tubos de estufa, gabinetes de refrigeradores, tanques de gasolina, etc. Las ventajas de este tipo de fabricación incluyen un diseño más simple, ahorro de material, uniones fuertes y construcción de bajo costo.

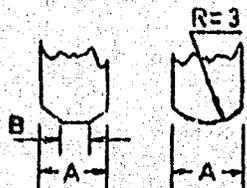
Este proceso y el de soldadura por puntos son los que están más desarrollados dentro de la industria automotriz. La soldadura por puntos se aplica en todas aquellas partes que aunque no se vean directamente, deben llevar un buen acabado superficial, mientras que la soldadura por costura es aplicada ya sea en partes herméticas como mofles o en partes donde la costura o unión de soldadura va a ser visible y se requiere de un magnífico acabado.

A continuación se proporcionan tablas con datos para soldar por costura, tanto acero de bajo y mediano carbón, como láminas de acero inoxidable.

TABLA N° 4.6

SOLDADURA POR COSTURA DE ACERO BAJO CARBON

ESPESOR "E" DE PIEZA - NOMINAL	ANCHO DEL ELECTRODO	FUERZA DEL ELEC- TRODO	TIEMPO DENTRO	TIEMPO FUERA	VELOCÍ DAD DE SOLDA- DURA	SOLDA DURAS POR PULGA DA	TRAS- LAPE MINI- MO	CORRIEN TE DE SOLDADU RA
---	------------------------	---------------------------------	------------------	-----------------	------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	-----------------------------------



PULG.	"A" MIN. PULG.	"B" MIN. PULG.	LBS	CICLOS (60 x SEG.)	CICLOS	PULG.POR MINUTO	PULG.	AMPS.
0.010	3/8	3/16	400	2	1	80	15	8000
0.021	3/8	3/16	550	2	2	75	12	11000
0.031	1/2	1/4	700	3	2	72	10	13000
0.040	1/2	1/4	900	3	3	67	9	15000
0.050	1/2	5/16	1050	4	3	65	8	16500
0.062	1/2	5/16	1200	4	4	63	7	17500
0.078	5/8	3/8	1500	6	5	55	6	19000
0.094	5/8	7/16	1700	7	6	50	5.5	20000
0.109	3/4	1/2	1950	9	6	48	5	21000
0.125	3/4	1/2	2200	11	7	45	4.5	22000

NOTAS:

- TIPO DE ACERO: SAE 1010
- MATERIAL DEL ELECTRODO:  

CONDUCTIVIDAD MINIMA	CLASE 2
DUREZA MINIMA	75% DE COBRE
	75 ROCKWELL "B"
- PARA ENSAMBLES LARGOS EL TRASLAPE MINIMO INDICADO DEBERA INCREMENTARSE UN 30%.

TABLA No. 4.7

SOLDADURA POR COSTURA DE ACERO INOXIDABLE

ESPESOR "E" DE PIEZA NOMINAL	ANCHO DEL ELECTRODO	FUERZA DEL ELECTRODO	TIEMPO DENTRO	TIEMPO FUERA	MAXIMA VELOCIDAD DE SOLDADURA	SOLDADURA POR PULGADA	TRASLAPE MINIMO	CORRIENTE DE SOLDADURA
------------------------------	---------------------	----------------------	---------------	--------------	-------------------------------	-----------------------	-----------------	------------------------



PULG.	PULG.	LBS	CICLOS	CICLOS	PULG. POR MINUTO		PULG.	AMPS.
0.006	3/16	300	2	1	60	20	1/4	4000
0.008	3/16	350	2	1	67	18	1/4	4600
0.010	3/16	400	3	2	45	16	1/4	5000
0.012	1/4	450	3	2	48	15	5/16	5600
0.014	1/4	500	3	2	51	14	5/16	6200
0.016	1/4	600	3	2	51	14	5/16	6700
0.018	1/4	650	3	2	55	13	5/16	7300
0.021	1/4	700	3	2	55	13	3/8	7900
0.025	3/8	850	3	3	50	12	7/16	9200
0.031	3/8	1000	3	3	50	12	7/16	10600
0.040	3/8	1300	3	4	47	11	1/2	13000
0.050	1/2	1600	4	4	45	10	5/8	14200
0.062	1/2	1850	4	5	40	10	5/8	15100
0.070	5/8	2150	4	5	44	9	11/16	15900
0.078	5/8	2300	4	6	40	9	11/16	16500
0.094	5/8	2550	5	6	36	9	3/4	16600
0.109	3/4	2950	5	7	38	8	13/16	16800
0.125	3/4	3300	6	6	38	8	7/8	17000

NOTAS:

1. TIPOS DE ACERO: 301, 302, 303, 304, 308, 309, 310, 316, 317, 321, 347 y 349.
2. MATERIAL DEL ELECTRODO:
 

CONDUCTIVIDAD MINIMA	CLASE 3
DUREZA MAXIMA	45% DE COBRE
	95 ROCKWELL "B"
3. PARA ENSAMBLÉS LARGOS EL TRASLAPE MINIMO INDICADO DEBERA INCREMENTARSE UN 30%.

d) Soldadura a tope/

Esta forma de soldadura, ilustrada en la figura 4.10 se logra sujetando dos piezas de metal que tienen, regularmente la misma sección transversal y se les aplica presión cuando se está generando calor en la superficie de contacto, por resistencia eléctrica. Aún cuando la presión se mantiene durante el calentamiento, en ningún momento es la temperatura lo suficientemente alta para fundir el metal, ya que de alcanzarse la temperatura de fusión, no existiría una buena cohesión entre los materiales, por no contar con metal sólido a su alrededor.

La junta se deforma ligeramente por este procedimiento, pero este defecto se puede eliminar rolado o esmerilando posteriormente. Ambas partes por soldarse, deberán ser de la misma resistencia con objeto de que el calentamiento sea uniforme en la junta. Si han de soldarse dos materiales diferentes, los tramos de metal que se proyectan desde las abrazaderas deben estar en proporción a la resistencia específica de los materiales que se van a soldar. El mismo tratamiento debe usarse cuando se soldan a tope dos metales de diferente sección transversal.

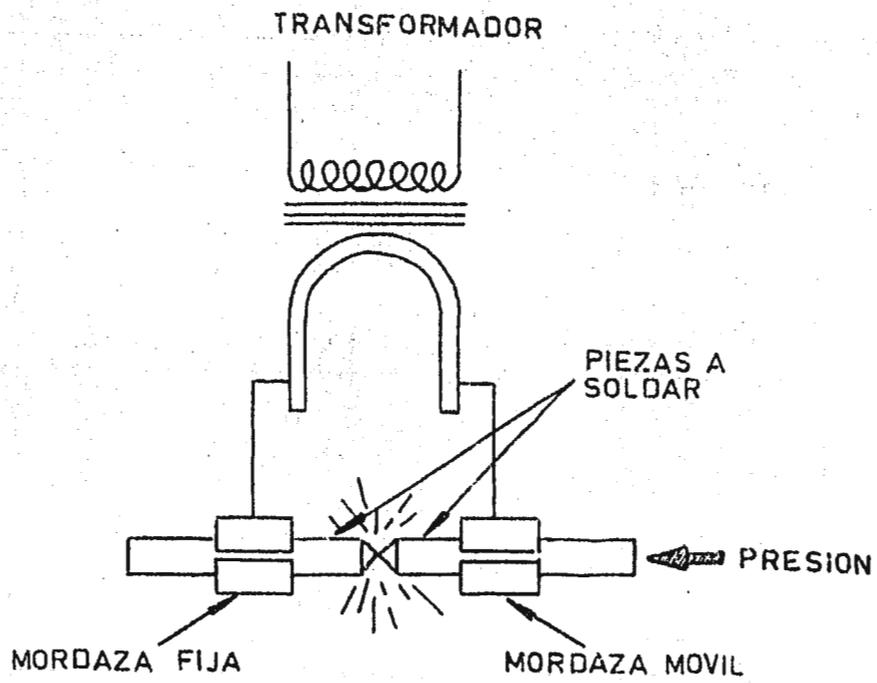


FIG. 4.10 Soldadura a Tope

En operación el trabajo se sujeta primeramente en la máquina y se aplica - después presión sobre las juntas. La corriente de soldadura se conecta en tonces iniciándose el calentamiento, cuya rapidez depende de la presión el material y el estado de las superficies. Ya que la resistencia de contacto varía intensamente con la presión aplicada, la presión es menor al principio y aumenta el valor que sea necesario para efectuar la soldadura ( 51 a -  $580 \text{ Kg/cm}^2$  ). Cuando se alcanza la temperatura de soldadura, se desconecta la corriente y la pieza se retira de la máquina.

Practicamente, todos los metales que pueden soldarse con los procesos anteriores pueden también soldarse a tope, con la resistencia mecánica de la soldadura, aproximadamente igual a la resistencia del metal que se está soldando. Este tipo de soldadura se adapta especialmente a varillas, tubos, formas estructurales pequeñas y muchas otras partes de sección uniforme. Se han soldado con éxito hasta áreas de unos  $11.5 \text{ cm}^2$  pero generalmente el proceso se limita a áreas pequeñas debido a la limitación de la corriente.

### 4.3 Dispositivos para Soldar.

Todas las máquinas para soldadura por resistencia, tienen los mismos principios fundamentales de construcción y operación pero varían según el proceso usado, esto es, una máquina punteadora, varía con respecto a una de soldadura continua o de soldadura por proyección. Ver figs. 4.12 a 4.14.

Las máquinas mas usuales y que serán las que veamos con mas detalle son las máquinas punteadoras y esto se debe a que son las que tienen mayor aplicación en el armado de carrocerías como lo vemos con anterioridad.

Las máquinas para soldadura por puntos, se fabrican en tres tipos generales: Estacionarias de un solo punto, portátiles de un solo punto y máquinas de puntos múltiples. Las máquinas estacionarias pueden clasificarse como de brazo oscilante y de presión directa. Las del tipo de brazo oscilante son las mas simples y mas baratas, pero generalmente están limitadas a máquinas de pequeña capacidad. Estas máquinas reciben este nombre, debido a que el movimiento para la aplicación de la presión y elevación del brazo móvil, lo hacen balanceando el brazo superior; la operación de estas máquinas puede ser en forma mecánica o en forma neumática.

Las máquinas mas grandes emplean generalmente movimiento directo en línea recta para el electrodo superior, como se muestra en la figura 4.11;

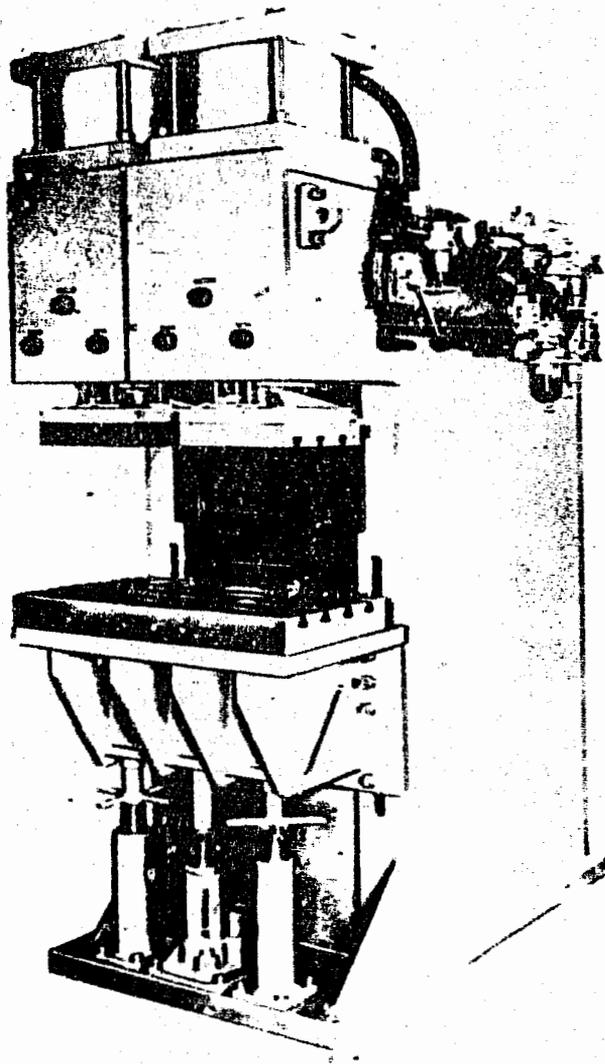


FIG. 4.13. Máquina estacionaria para soldadura por proyección, con doble cabezal.

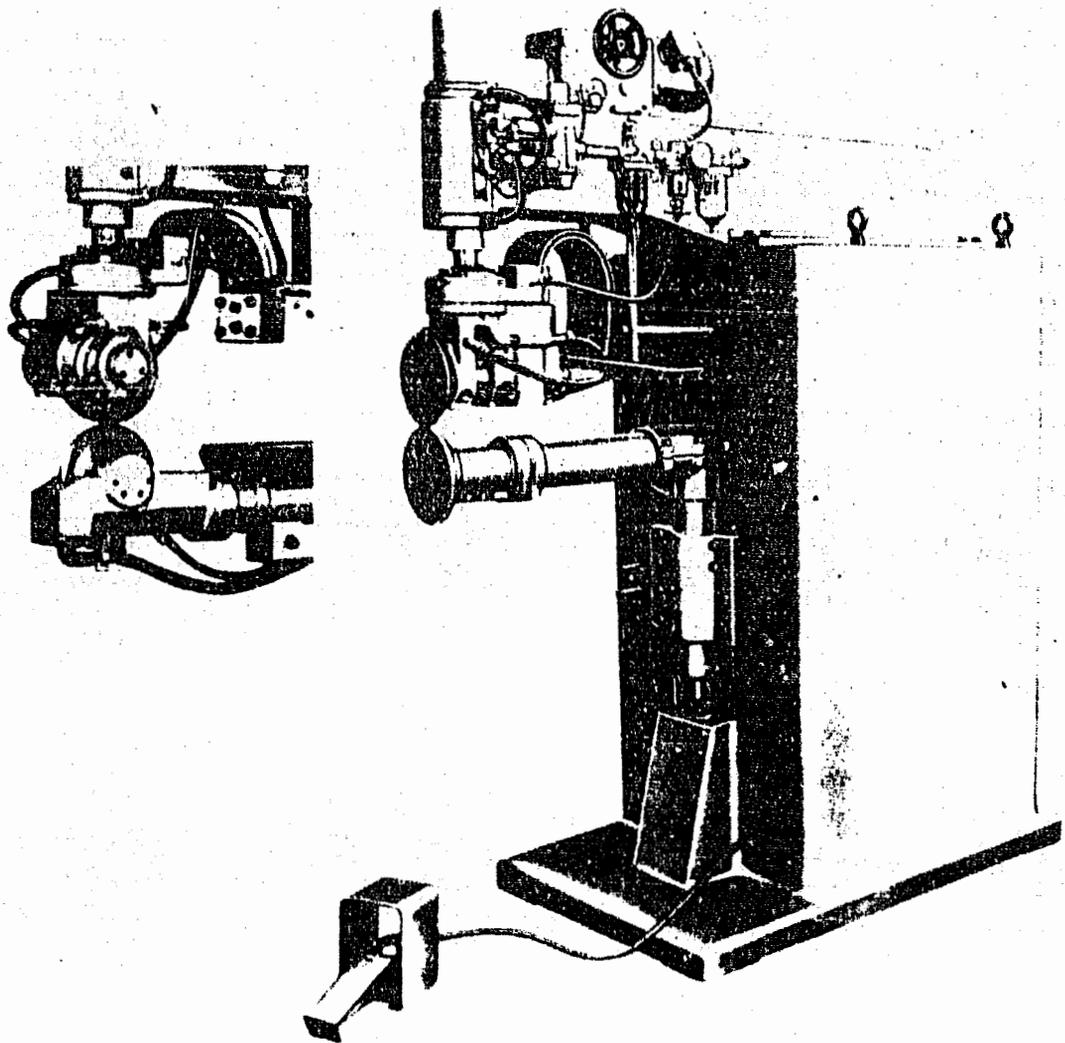


FIG. 4.12. Máquina estacionaria para soldadura por costura, adaptable para soldar transversal y longitudinalmente.

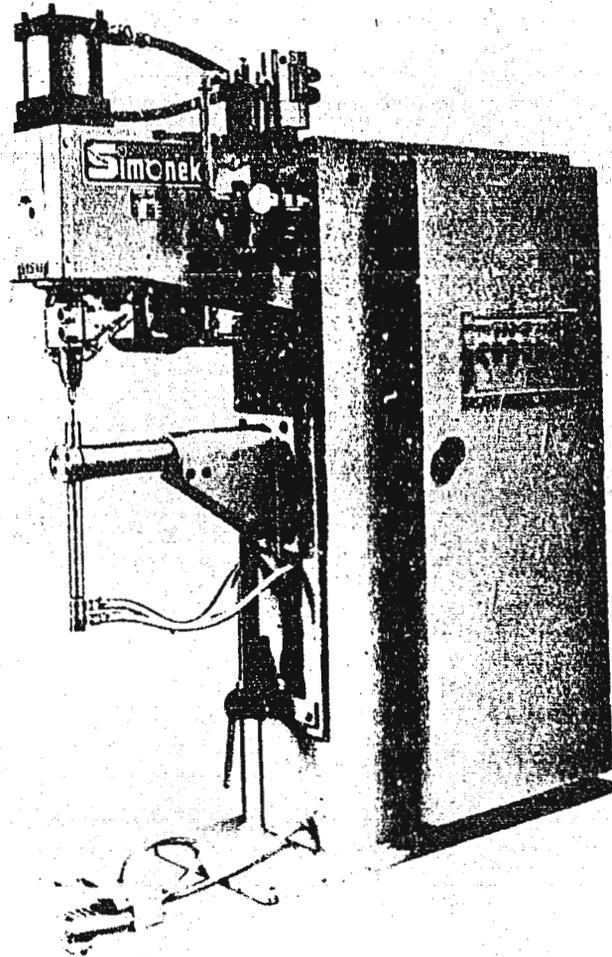


FIG. 4.11 Máquina estacionaria para soldadura por puntos.

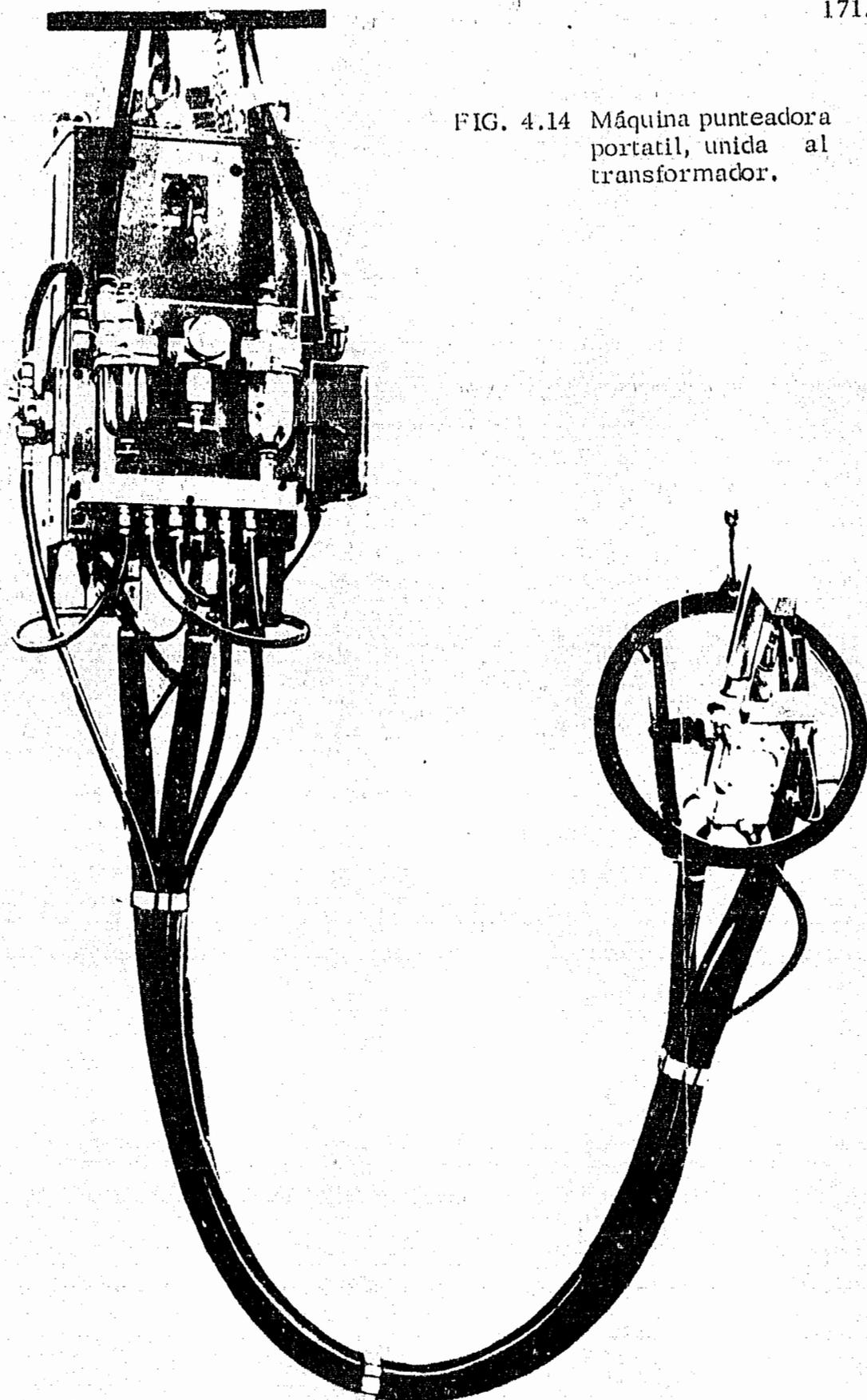
Estas máquinas anteriores son comerciales y no son manufacturadas bajo normas especiales. En ellas los materiales a unir son llevados hasta la máquina que efectúa los puntos requeridos.

Sin embargo, cuando las piezas a unir son grandes, pesadas o necesitan de una colocación muy bien definida, resulta impracticable llevarlas hasta la máquina. Tal es el caso de todas nuestras uniones.

Para estos casos, se usan soldadoras portátiles colgadas de balancines y unidas por medio de largos cables a los transformadores estacionarios. Ver fig. 4.14. Estas soldadoras portátiles son usualmente conocidas como "pistolas de punteo" por su semejanza con las armas del mismo nombre. Las pistolas son fácilmente movidas a cualquier posición. En la actualidad se fabrican gran cantidad de pistolas, siendo sus principales diferencias las formas de sus puntas y la forma de aplicación de la presión ya que ésta puede ser aplicada en forma manual, hidráulica o neumáticamente. Ver fig. 4.15 y 4.16.

Las pistolas de punteo son los dispositivos para soldar mas frecuentemente usados en la industria automotriz mexicana ya que son relativamente económicas y se adaptan fácilmente a cualquier operación pudiéndose usar en diferentes trabajos sin adaptación alguna. No necesitan mayor mantenimiento que el cambio programado de los electrodos de punteo ( que obviamente se

FIG. 4.14 Máquina punteadora portatil, unida al transformador.



desgastan con el uso) y de las partes o piezas mas expuestas como cables, -- mangueras, así como limpieza del sistema de enfriamiento que gracias al sarro depositado por el agua, puede llegar a obstruírse.

Por otro lado la producción actual no ha exigido hasta ahora el uso de dispositivos de soldadura mas complejos.

Sin embargo, como queda constatado en las tablas de secuencia de operación - ( Gráficas 2.1, 2.2, 3.1 ) el mayor tiempo del ciclo es utilizado en la soldadura de las partes metálicas.

Esto indica que aunque sean automatizados, los dispositivos de fijación y soporte ( ver capítulos 2 y 3 ) no se ganará mucho tiempo y la operación no será totalmente eficiente, mientras la operación de punteo no sea a su vez automatizada.

Para ello se han desarrollado dispositivos especiales capaces de hacer o dar varios puntos simultáneamente. ( Ver inciso 4.4 )

Estas máquinas están conectadas a uno o varios transformadores y deben de ser manufacturados de acuerdo a un requerimiento específico.

Su principio de operación es el mismo que el utilizado por las máquinas pun--

teadoras de un solo electrodo, sin embargo estos dispositivos, en la industria automotriz, suelen estar conectados y secuencialmente programados a los dispositivos de sujeción. De tal manera que una vez que los pernos de localización y las prensas o "clamps" han sido accionados, se manda una señal a la máquina punteadora, que inmediatamente efectúa los punteos deseados.

Se tiene que desarrollar un concienzudo estudio de diseño para lograr que la mayoría de los puntos puedan aplicarse en cada operación, aunque casi siempre se tiene que repuntear a mano ya que existen puntos inaccesibles para las máquinas que además, son limitadas en sus movimientos.

Una gran desventaja de estos dispositivos es su nula flexibilidad. No pueden variar su operación ni pueden sufrir ningún cambio en su programación a menos que se altere grandemente su diseño. Esto causa que los costos sean muy altos cuando una nueva línea tiene que ser incorporada o un cambio en el modelo se tiene que adaptar.

Como es lógico pensar, estas máquinas son complejas y caras. Utilizan en su accionamiento energía eléctrica para efectuar los puntos, energía hidráulica y neumática que mueve los órganos de trabajo, lleva integrado un sistema de enfriamiento a base de agua y un sistema complejo de control electrónico.

Algunas de sus partes son recuperadas al haber un cambio de modelo y son -

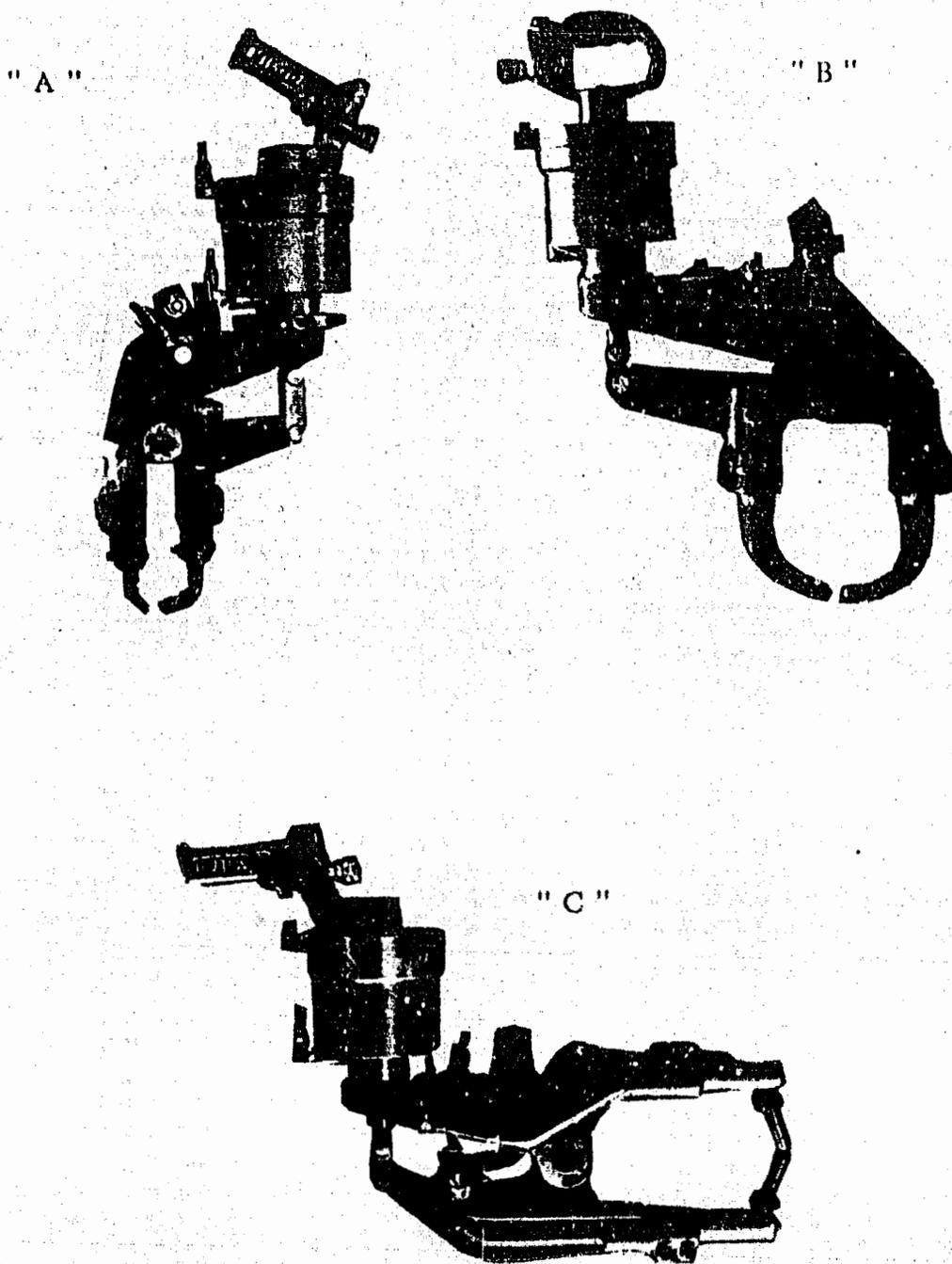


FIG. 4.15 Pistolas de punteo  
"A" y "B" Trabajo semipesado  
"C" Trabajo pesado

usadas en futuros requerimientos.

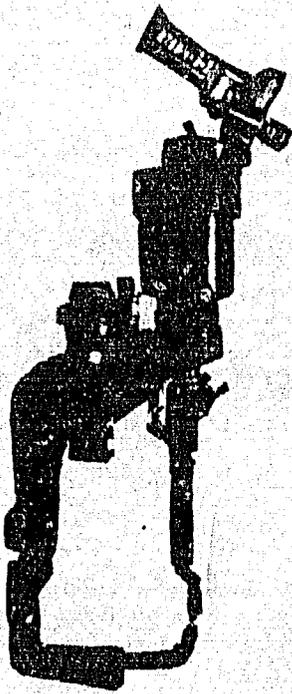
Con esta clase de dispositivos integrados en la línea, la producción se eleva fácilmente hasta 30 ó 40 unidades cada hora y por línea y son usados por -- plantas de muy alta producción.

Otro punto interesante es el relativo a la calidad del producto, ya que al automatizarse la operación, todos los puntos de soldadura, serán constantes, es decir, serán aplicados con la presión, inclinación y tiempo requeridos, así como en el lugar adecuado, asegurándose por otro lado que todos los puntos -- serán aplicados sin temor a que el operario por descuido, por mala voluntad o falta de tiempo " economice " puntos, lo cual debilitaría sin duda la unión.

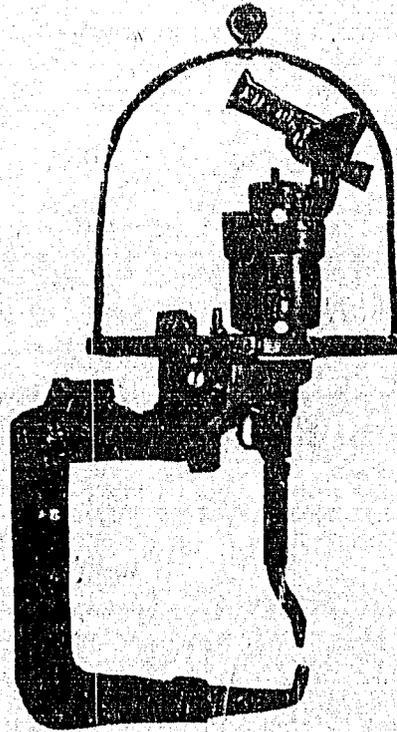
Además de lo anterior, podemos agregar que algunas operaciones en la línea y especialmente en el área de punteo son muy cansadas y riesgosas para los operarios. Dichas operaciones pueden ser ventajosamente substituídas por -- los dispositivos automáticos o semiautomáticos.

En la actualidad se están fabricando dispositivos automáticos con gran flexibilidad en sus operaciones y con gran capacidad de memoria; además de que su adaptación a la industria automotriz ha sido un éxito en muchos y diferentes procesos. Estos dispositivos serán tratados con mas detalle en el siguiente capítulo y son los llamados " Robots Industriales " .

" A "



" B "



" C "

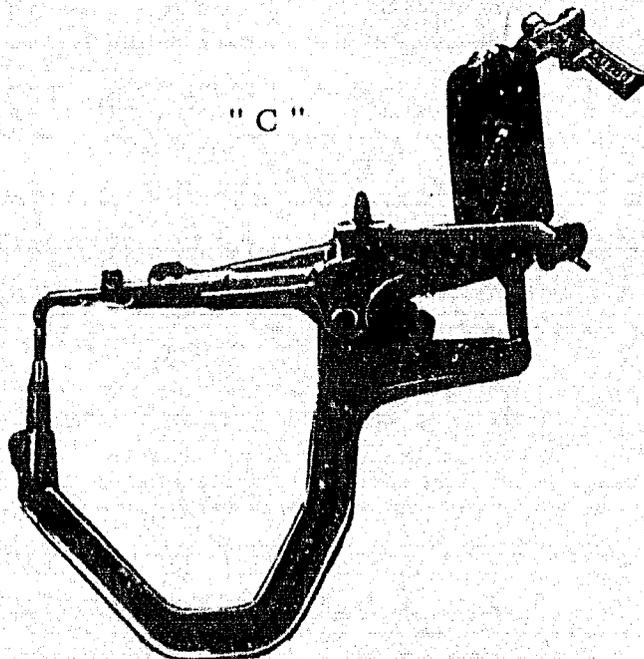


FIG. 4.16 Pistolas de punteo  
"A" y "B" Trabajo ligero  
"C" Trabajo pesado

Por ahora baste decir que la mayor aplicación de éstos dispositivos es en las líneas de punteo de carrocerías ya que su gran adaptabilidad, flexibilidad, movilidad y precisión los ha colocado como la herramienta mas adecuada en éste proceso y en los países industrializados se han desarroliado líneas completas de punteo por medio de robots.

#### 4.4 Propuesta para instalar un dispositivo semi-automático de soldadura.

Como quedó demostrado en los capítulos 2 y 3, el cuello de botella en nuestra línea de ensamble se encuentra en la prensa principal, ya que en ella se ensamblan todos los subensambles hechos con anterioridad en otras prensas y por lo mismo las partes a unir son muy grandes y pesadas, teniéndose que aplicar infinidad de puntos de soldadura entre un nudo de piezas, unidades de sujeción, pinzas, mangueras, operarios, etc.

Por ello es que esta prensa es la que se debe automatizar no sólo en sus dispositivos de sujeción que ahorran en realidad poco tiempo, sino en los dispositivos de soldadura.

Una máquina punteadora automática ( como todas las máquinas automáticas ) requiere de gran precisión y constancia en la colocación de las piezas a unir ya que de no ser así, los puntos serán aplicados en lugares y formas inadecuadas. Afortunadamente la precisión de la prensa principal permite colocar punteadoras automáticas en ella.

Con el fin de ahorrar tiempo, se debe agregar una estación anterior a la prensa que llamaremos estación de " pre-enclampado " y en la cual se " arma " la carrocería por medio de pinzas que mantengan unidas las par-

tes hasta que lleguen a la prensa donde por medio de las unidades de localización y fijación son perfectamente dispuestas para su unión.

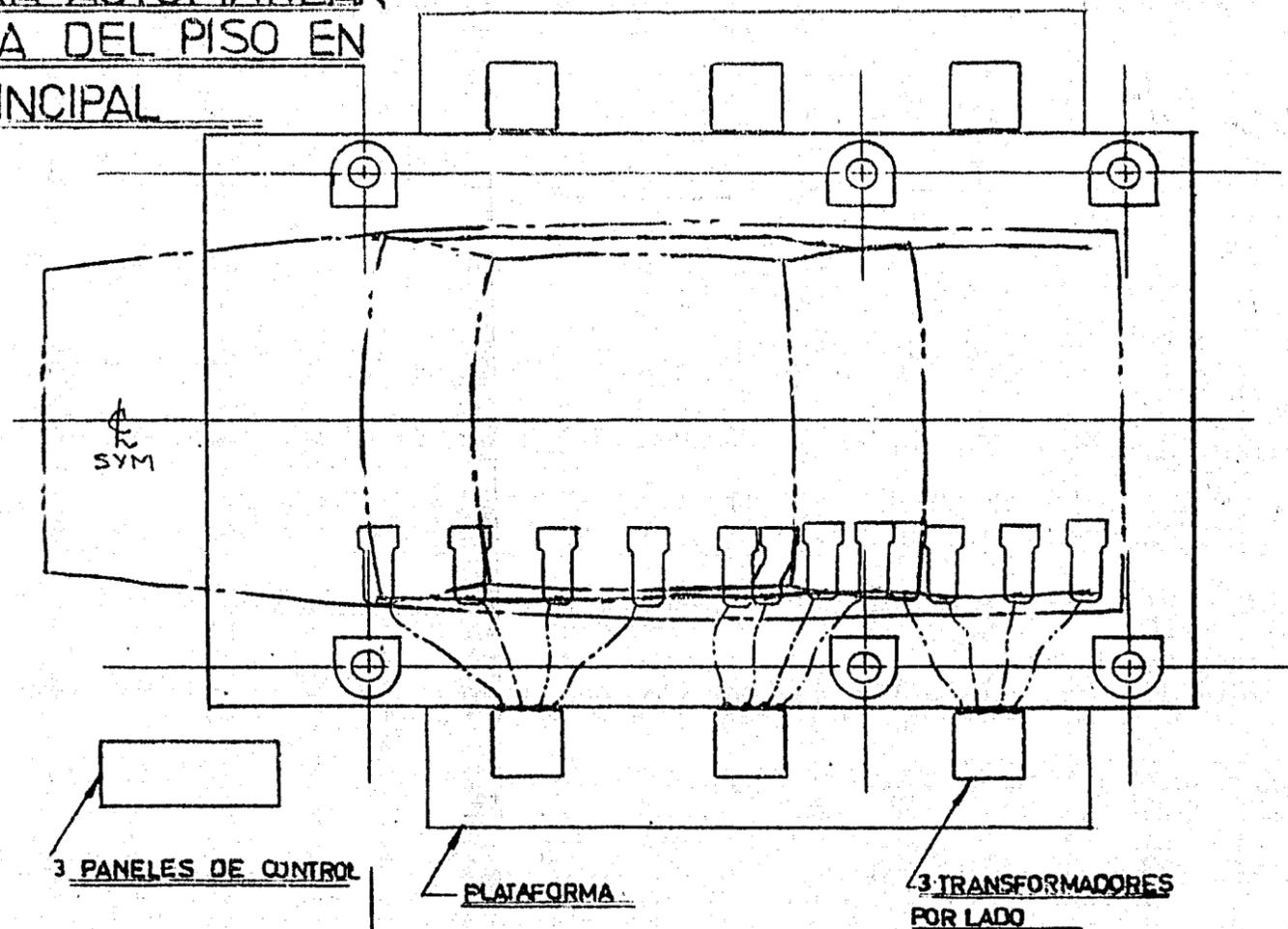
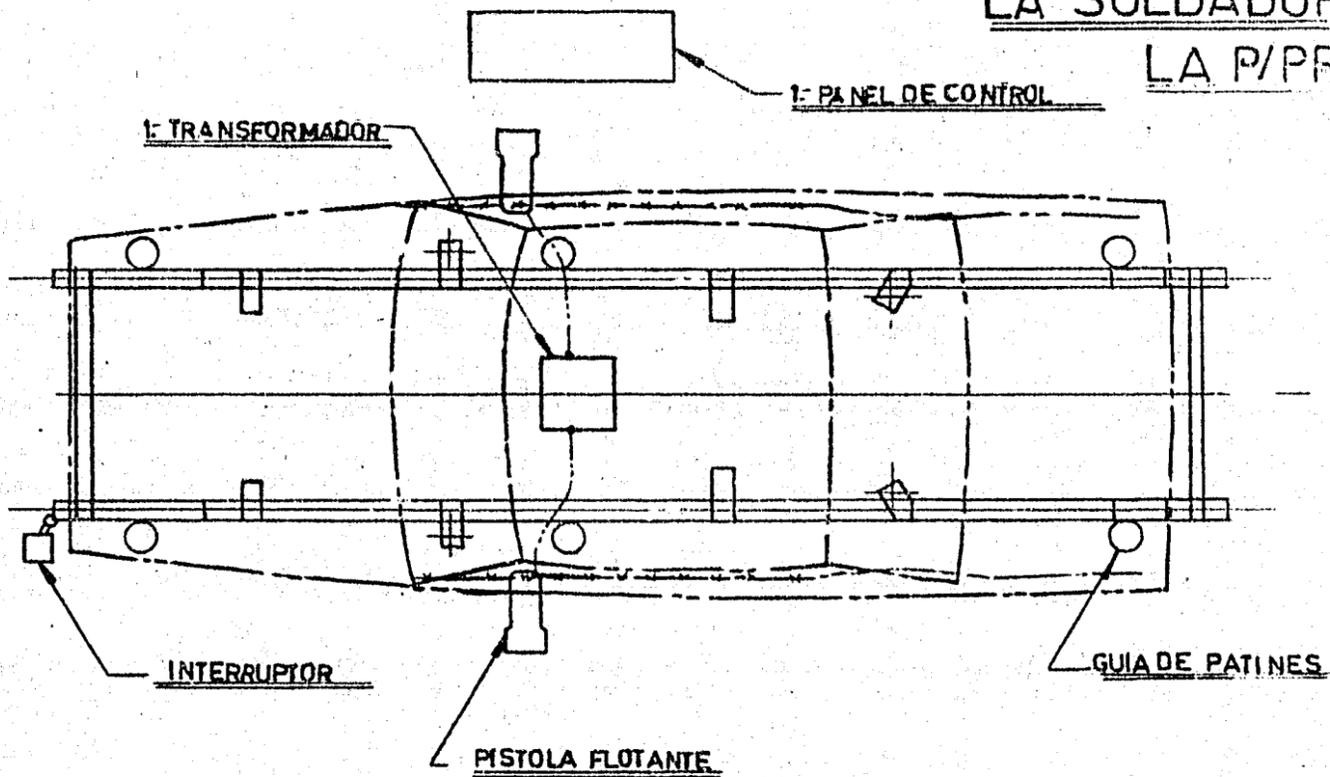
En la figura 4.17 se muestra en forma esquemática la propuesta de automatización. Como se verá se está considerando una segunda estación de punteo automático en la fosa de repunteo para completar los puntos que no fue posible aplicar en la prensa principal.

La propuesta se enfoca a unir los costados en su parte inferior al piso y a las conchas.

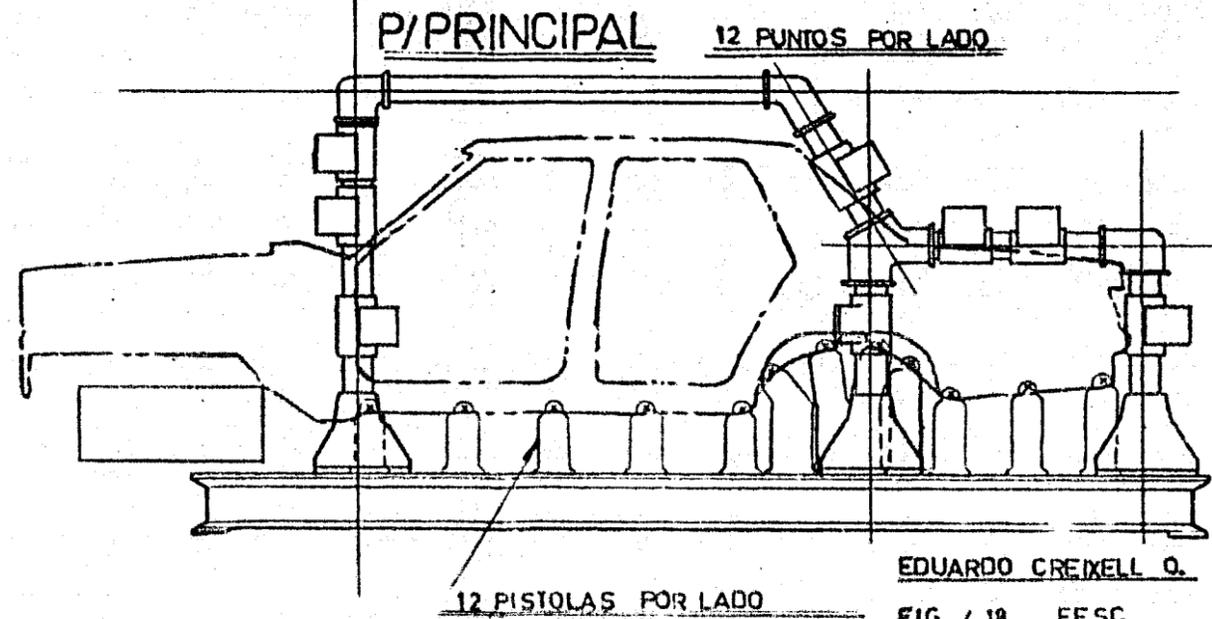
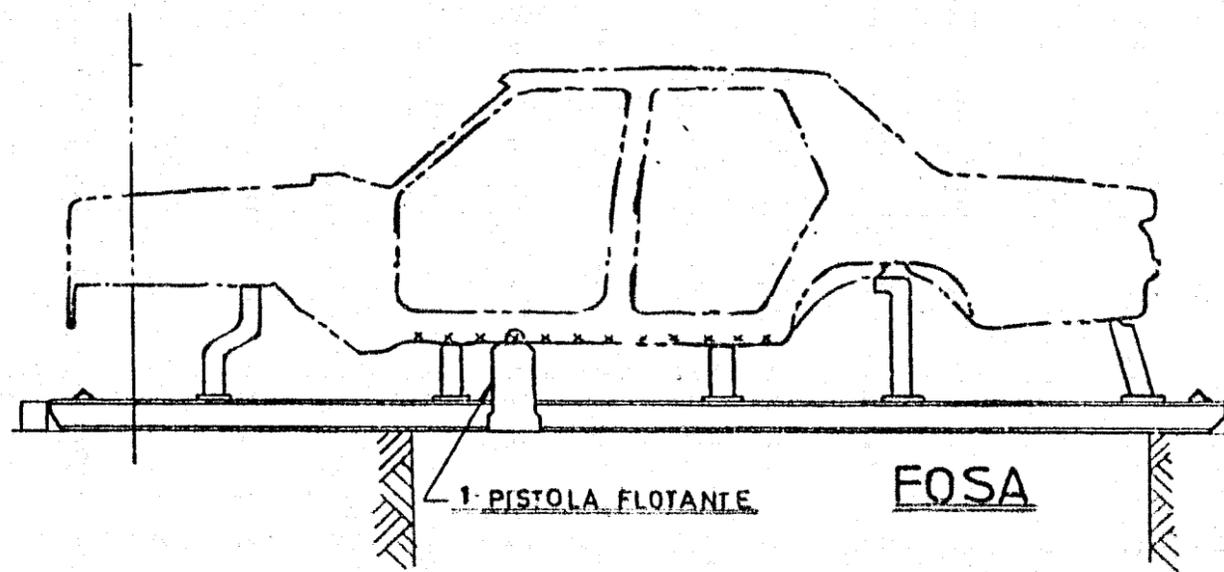
En la prensa principal se están considerando 12 pistolas fijas en cada lado alimentadas por tres transformadores por lado y programadas desde 3 paneles de control. Estas pistolas accionan simultáneamente al cerrarse todas las unidades de enclampado realizando su operación en muy poco tiempo.

Por límites de espacio no se incorporan más punteadoras de tal manera que existen muchos puntos requeridos que no se pueden aplicar en esta operación. Sin embargo, este problema se soluciona fácilmente añadiendo una pistola flotante en la fosa de repunteo donde la carrocería ya armada no se detiene sino que sigue el ritmo de la línea. Por lo tanto si las pistolas no se pudieran desplazar junto con la unidad en el tiempo que aplican sus pun-

PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR  
LA SOLDADURA DEL PISO EN  
LA P/PRINCIPAL



LINEA DE REPUNTEO 32 PUNTOS POR LADO



EDUARDO CREIXELL O.

FIG. 4.10 FESC

tos, estos quedarían como ojales y los electrodos de las punteadoras se terminarían en poco tiempo. Para ello, se instala una punteadora a cada lado de la fosa, montadas en rieles sobre los cuales por medio de baleros puedan desplazarse libremente hasta terminar su ciclo y regresar a su posición original por medio de un resorte.

La frecuencia de aplicación de los puntos se regula dependiendo de la velocidad de la línea.

Puntos adicionales pueden ser aplicados fácilmente en la fosa de repunteo - si son requeridos.

Con esta adaptación se pretende:

- a) Incrementar la productividad de la línea al eficientar la operación mas lenta.
- b) Mejorar la calidad ya que se controla la cantidad y posición de los puntos aplicados.
- c) Reducir ( 4 ) pistolas de punteo protátiles en la estación de la prensa - principal y fosa de repunteo.
- d) Reducir la fatiga de los operarios que de esta manera se ven obligados a manejar dichas pistolas para aplicar los puntos de piso y conchas.

Los costos estimados de la propuesta se detallan en la tabla siguiente.

TABLA 4.8

Costo estimado de material y labor para implementar un sistema de soldadura semiautomático en la prensa principal y fosa de repunteo para plantas de baja producción.

Material:		( M. N. miles )	
		Precio	
a) Prensa Principal	Cantidad	Unitario	Total
- Pistolas Punteadoras .....	24	47	1,128
- Transformadores ( 100 KVA ) .....	6	94	564
- Tablero de control .....	3	160	480
- Miscelaneos .....	-	---	<u>420</u>
	Sub/total		2,592
b) Fosa de repunteo			
- Pistolas punteadoras .....	2	47	94
- Transformadores ( 100 KVA ) .....	1	94	94
- Tablero de control. ....	1	180	180
- Miscelaneos .....	-		<u>75</u>
	Sub/total		443
Labor			
a) Prensa principal .....		Horas	Precio
		220	220
b) Fosa de repunteo .....		80	<u>80</u>
	Sub/total		300

Costo total estimado \$3,335,000.00 M. N.

Datos a junio de 1982.

#### 4.5 Sumario

La soldadura por resistencia es un proceso industrial ya muy desarrollado y que tiene muchas aplicaciones, pero por su misma versatilidad, se le presenta todavía un gran futuro en la industria.

En la industria automotriz, el proceso de soldadura por punteo es muy utilizado ya que la gran mayoría de las uniones de partes metálicas son hechas por medio de este producto.

En México hasta ahora, son utilizadas con gran eficiencia las pistolas de punteo. Sin embargo, en el ciclo de armado los mayores tiempos utilizados por los operarios se deben a la aplicación de los puntos requeridos. De esto se concluye que la automatización de las herramientas de soldadura incrementa terriblemente el ritmo de producción. Desgraciadamente las herramientas automáticas de este tipo son muy caras y complejas y al estar hechas "según dibujo" carecen de flexibilidad lo que eleva los costos de implementación cuando exista un cambio en el modelo. Aún así se puede justificar su uso tanto por la eficiencia como por la calidad y homogeneidad del trabajo\* obtenido.

Actualmente los robots industriales que han tenido gran aplicación en el campo de punteo de carrocerías han substituído a las grandes máquinas -

punteadoras de múltiples electrodos y se afirman como la mejor solución a este problema en los países industrializados.

## V. EL ROBOT INDUSTRIAL.

### 5.1 Generalidades.

Durante años hemos visto y oído hablar de los robots. Podría afirmar que en la mayoría de los casos, los robots que conocemos han salido de la televisión o de alguna cinta de ciencia ficción. Lo más probable es que al imaginarnos un robot, pensemos en una máquina semi-humana, con cierto parecido físico al hombre y que sea capaz de tomar decisiones, por sí mismo, mediante un complejo "cerebro" electrónico que al recibir, por medio de sensores ópticos, auditivos o de contacto, los impulsos del medio externo, mande una orden o acción a una de sus piezas móviles que será accionada por algún elemento motor, sin duda alguna unida por mangueras, cables y circuitos. Los robots que la ciencia ficción nos ha presentado no solo deciden y actúan, sino que son capaces de sostener conversaciones, desplazarse libremente y a su albedrío, tener en fin no solo inteligencia y voluntad propias sino sentimientos como el amor, el odio, el miedo, etc. En muchos casos no solo igualan al ser humano en sus actividades sino que lo superan ampliamente y se nos han presentado como los sucesores del hombre.

Sin embargo, la verdad es muy diferente. El robot existe actualmente y lejos de ser un producto de la ciencia ficción, es el resultado de las necesidades de la industria, que les ha exigido a ingenieros e investigadores, el

desarrollo de máquinas que se adapten a las condiciones de trabajo actuales con alta productividad, calidad, economía, seguridad, etc.

El robot no sólo es una máquina que no se enfrenta a su creador, sino que se presenta como una gran ayuda en la industria. El robot industrial se ha unido a la fuerza trabajadora en una serie de operaciones difíciles, pesadas, monótonas, repetitivas y sobre todo, peligrosas. Superando la imagen creada por la ciencia ficción, estas máquinas están equipadas de un fuerte brazo mecánico, con varios grados de libertad, movido por cilindros hidráulicos, neumáticos y por motores eléctricos, todos ellos regulados por un complejo dispositivo de control computarizado. Según los resultados obtenidos en los países industrializados, donde el robot industrial se lleva utilizando hace 10 ó 12 años, se nota un gran futuro para estos nuevos esclavos. Los robots hacen el trabajo sucio, difícil y los operarios suelen ver a sus ayudantes mecánicos con tolerante superioridad.

La palabra "robot" que significa "trabajador" en checoslovaco, ingresó en la lengua inglesa en 1922, cuando Karl Capeck, escritor y filósofo checoslovaco, escribió su más exitosa novela titulada "R.U.R." o "Rossum's Universal Robots" en la cual se cuenta que el viejo Señor Rossum y su hijo descubrieron una composición química que simulaba el protoplasma, con la cual harían un ente parecido al hombre y que estaría al servicio del mismo. Al cabo de algún tiempo de infructuosos intentos, el joven Rossum afirmaba ... "Es absurdo el gastar 20 años

haciendo un hombre. Si no puedes hacerlo mas pronto que la naturaleza, -  
debemos cerrar la fábrica. ".

Pronto el práctico ingeniero modificó el concepto del robot y redujo muchos órganos superfluos, dimensiones, sentidos, pero, especialmente, eliminó el alma.

Rossum opinaba: " Un hombre es algo que siente alegría o tristeza, toca el piano, le gusta pasear, y de hecho le gusta hacer una serie de cosas que son realmente improductivas.

Pero una máquina de trabajo no debe tocar el piano, no debe sentir la alegría y no debe hacer muchas cosas. Cualquier cosa que no contribuya directamente al progreso de la producción, deberá ser eliminada. "

Solo 60 años después de la novela de Copeck el avance tecnológico ha hecho posible que el protoplasma de Rossum trabaje al servicio del hombre.

Según el "Robot Institute of America" el propósito de un robot industrial -  
" Es desarrollar una labor, en una forma mas eficiente de la que puede -  
esperarse del trabajo humano. En trabajos peligrosos con condiciones -  
desfavorables, fatigosos y monótonos, el robot debe substituir al hombre,

Al ayudar a incrementar la calidad del producto en producciones elevadas y por largos períodos de tiempo, el robot llena el objetivo de incrementar la eficiencia. "

Es difícil definir al robot ya que existen más de 200 tipos diferentes alrededor del mundo, sin embargo, su principal cualidad que los diferencia de las otras máquinas de producción es que el robot puede ser fácilmente reprogramable. No está limitado a un solo trabajo o serie de trabajos.

De aquí su gran aceptación en la industria, ya que puede ser usado en casi cualquier operación y por la mayoría de las industrias. Su aplicación es tan vasta como la imaginación del ingeniero que lo quiera usar: en soldadura por arco eléctrico, arco sumergido, por punteo, en la selección y movimientos de material, en el vaciado de hierro fundido, en el atornillado, barrenado y maquinado de piezas, en la aplicación de pinturas y compuestos químicos y muchas aplicaciones más.

Se calcula que en 1980, había trabajando en el mundo alrededor de 6500 robots, de los cuales 4500 estaban en el Japón y 1000 en la Unión Americana. A pesar de ello se está incrementando su aplicación en el orden del 50% anual.

Desgraciadamente, en México, como suele suceder, hemos tardado en reaccionar al cambio.

Cierto es, que las condiciones económicas de nuestro país no son ni por mucho, similares a la de los países antes citados, y cualquier cambio debe generarse a partir de una necesidad y no incorporarlo sólo porque otros ya lo han hecho. Pero por otro lado, no podemos olvidar que nuestro país en cierta forma está cambiando de un régimen campesino y de exportaciones de materias primas, a uno industrial y de exportaciones de productos manufacturados y que para ello debemos ser competitivos, esto es, ofrecer productos en suficiente cantidad, excelente calidad y bajos precios. No es fácil hacerlo; el reto es grande, difícil, el cambio si no es hecho con cuidado puede resultar contraproducente, pero esto lejos de asustarnos debe alentarnos a intentarlo, máxime si se tiene el ejemplo del Japón, que es sin duda ahora el país industrialmente mas vigoroso.

Por las razones anteriores es que se incluye el presente capítulo sobre robots industriales en esta tesis; como la mas novedosa máquina automatizada que el hombre ha creado. No se pretende hacer el diseño de la maquinaria o control, pero se dará una visión de lo que el robot es, cómo funciona y cuáles son sus principales características y aplicaciones en la industria del automóvil.

## 5.2 Componentes Básicos.

Los robots industriales se encuentran en una extensa gama de estilos, configuraciones y capacidades. Sin embargo, todos ellos constan de tres grandes componentes básicos: El manipulador o unidad mecánica, que de hecho, desarrolla las funciones de trabajo; el control o cerebro que almacena la información y dirige los movimientos del manipulador y la unidad de potencia que provee la energía necesaria al cerebro y manipulador.

El manipulador consta de una serie de uniones y componentes mecánicos que le permiten moverse en varias direcciones para que el robot haga su trabajo. Estos mecanismos son movidos por varios elementos de trabajo como cilindros hidráulicos, neumáticos o motores eléctricos. Estos pueden estar unidos directa o indirectamente por medio de engranes, poleas o cadenas a los componentes mecánicos. En el caso de cilindros neumáticos o hidráulicos el flujo de aire o aceite se controla mediante válvulas montadas al manipulador.

Varios dispositivos de retroalimentación son instalados en el robot, para definir la posición de las partes mecánicas y transmitir esta información al cerebro. Estos dispositivos pueden ser simples finales de carrera movidos por el mismo brazo del robot ( ver capítulo No. 3 ), o medidores de posición mas sofisticados como potenciómetros, sensores ópticos o tacómetros que medirán la distancia y velocidad recorridas. Dependiendo del

dispositivo usado la retroalimentación será digital o análoga.

El control o cerebro tiene a su vez tres funciones primordiales: primero, iniciar y terminar los movimientos del manipulador en la secuencia requerida y en los puntos deseados. Segundo, almacenar en la memoria dicha secuencia y posiciones y tercero, mantener contacto con el mundo exterior al robot.

Los controles de los robots tienen una amplia gama de tipos y capacidades desde un simple secuenciómetro, un circuito lógico neumático, hasta un microprocesador o una minicomputadora.

Existen controles que forman parte del manipulador o los que tienen un gabinete especial.

La complejidad del control determina y es determinada por la capacidad del robot. Los robots más sencillos utilizan secuenciómetros de paso o circuitos lógicos neumáticos, los más sofisticados requieren controles electrónicos con memorias por tarjetas, cintas magnéticas, disquets, etc.

Además de controlar la secuencia y la posición, el cerebro controla el paso, la velocidad, la aceleración y establece una comunicación continua con todos los dispositivos externos que están relacionados con la operación del

robot. Esta relación es la que permite al robot moverse dentro de los límites establecidos.

La función de la unidad de potencia, es la de proveer la energía a los cilindros del manipulador.

En el caso de robots accionados por energía neumática o hidráulica, los dispositivos suelen incluir las fuentes de poder como una unidad independiente.

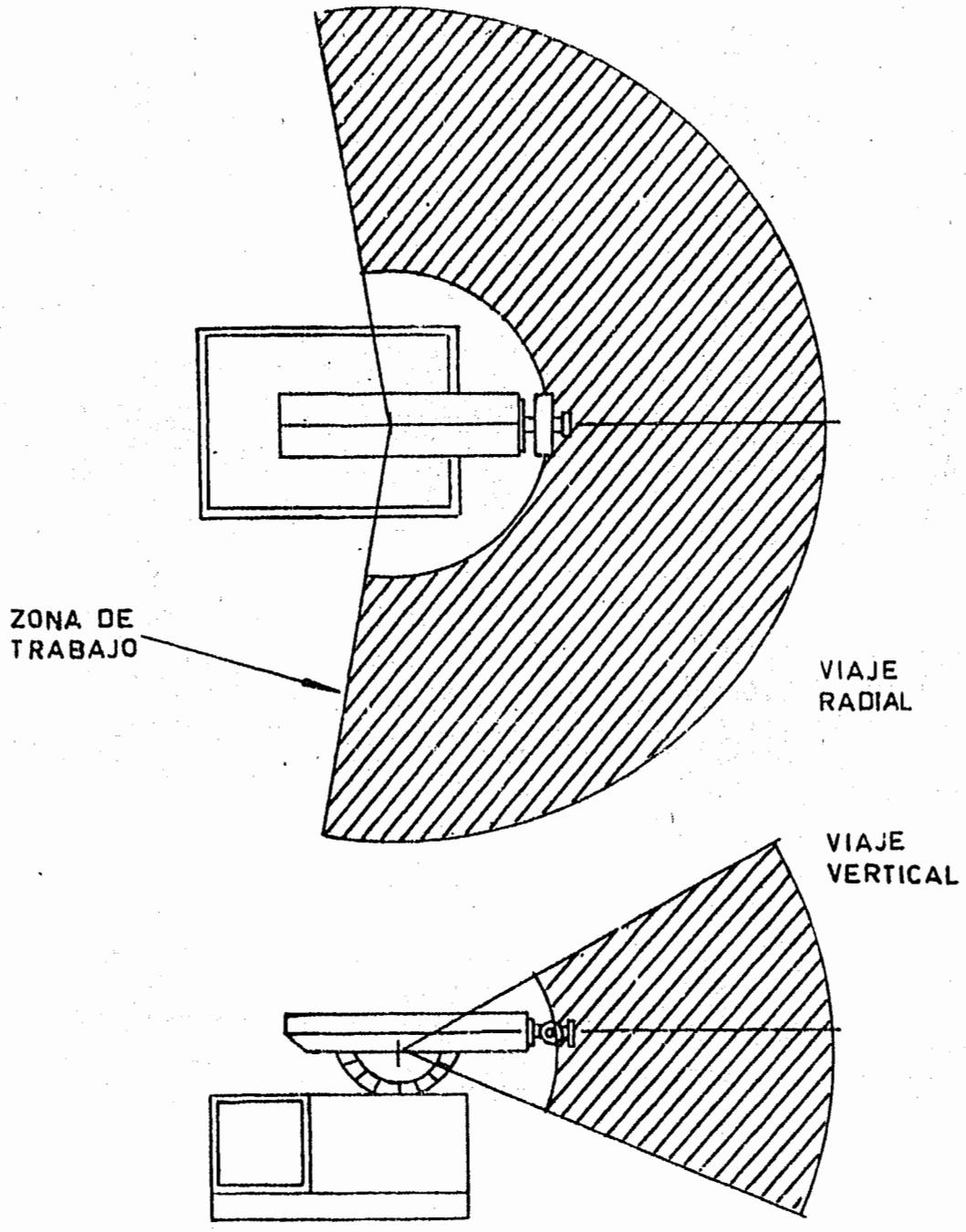


FIG. 5.1 Robot con Movimiento Semi-esférico

### 5.3 Configuración Mecánica.

La gran variedad de tipos y formas en que se presentan los robots así como la terminología usada para describir dichas configuraciones dificulta la estandarización.

La descripción mas común es la que se refiere a los movimientos del robot y así podemos decir que existen los robots con movimiento

- a) cilíndrico.
- b) esférico.
- c) esférico-compuesto.

Los robots de movimiento cilíndrico constan de un brazo horizontal montado en una columna vertical que a su vez está colocada en una base giratoria. El brazo horizontal se mueve hacia afuera y adentro; la columna hacia arriba y abajo y la base gira a derecha e izquierda, por lo que el robot describe en su movimiento una porción de un cuerpo cilíndrico.

La configuración de los robots de movimiento esférico, varía de los anteriores ya que el brazo pivotea en la base lo que le permite girar en ángulo con esta hacia arriba y abajo, mientras que la base gira a derecha e izquierda. El movimiento descrito por el robot es una semi-esfera. Fig. 5.1

Mientras que los robots de movimiento esférico-compuesto cuentan en el brazo con un codo, lo cual divide el brazo en dos partes lo que le da mayor libertad de movimientos. Dicho brazo pivotea en su base giratoria. El movimiento del robot describe una serie de esferas. Ver. fig. 5.2

De lo anterior, se desprende que los robots tienen diferentes " grados de libertad " o " ejes de movimiento." Como se ve, el robot de movimiento cilíndrico, mostrado en la fig. 3.19, tiene tres grados de libertad o ejes, mientras que el de movimiento esférico-compuesto de la fig. 5.7 tiene hasta 6 grados de libertad.

Los más frecuentemente usados son los robots con 3 a 5 grados de libertad, pero en requerimientos especiales se surten con las pinzas o tenasas giratorias, lo que aumenta su libertad a 6 grados, como se muestra en la fig. 5.6.

Es posible agregar uno o dos grados más: si el robot es montado en rieles y desplazado por ellos ya sea trabajando piezas en movimiento o desplazándose para efectuar otras operaciones.

Un detalle muy importante en la configuración mecánica son las pinzas o tenasas. Estas deben adecuarse al trabajo a realizar, ya que dada la gran flexibilidad del robot, la amplitud de la gama de trabajos es grande y la de

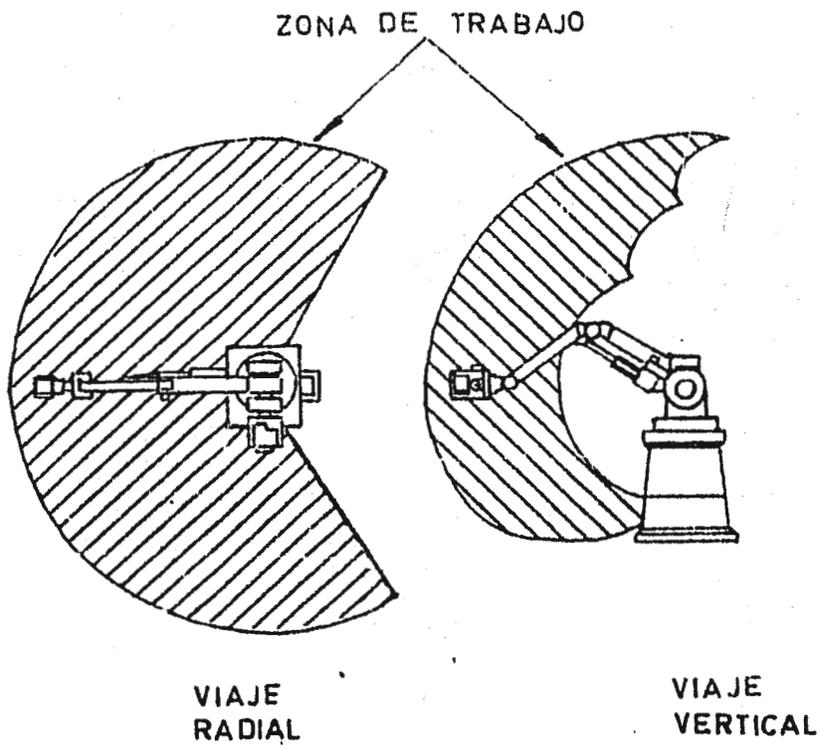


FIG. 5.2 Robot con movimiento esférico compuesto

las piezas a sujetar aún mas.

De aquí que las tenazas de sujeción se requieran según cada necesidad y - aplicación y pueden ser una simple pinza, una compleja "mano con dedos" o una ventosa, una pistola de punteo para aplicación de pintura, etc.

Ver. fig. 5.3, 5.4, 5.5

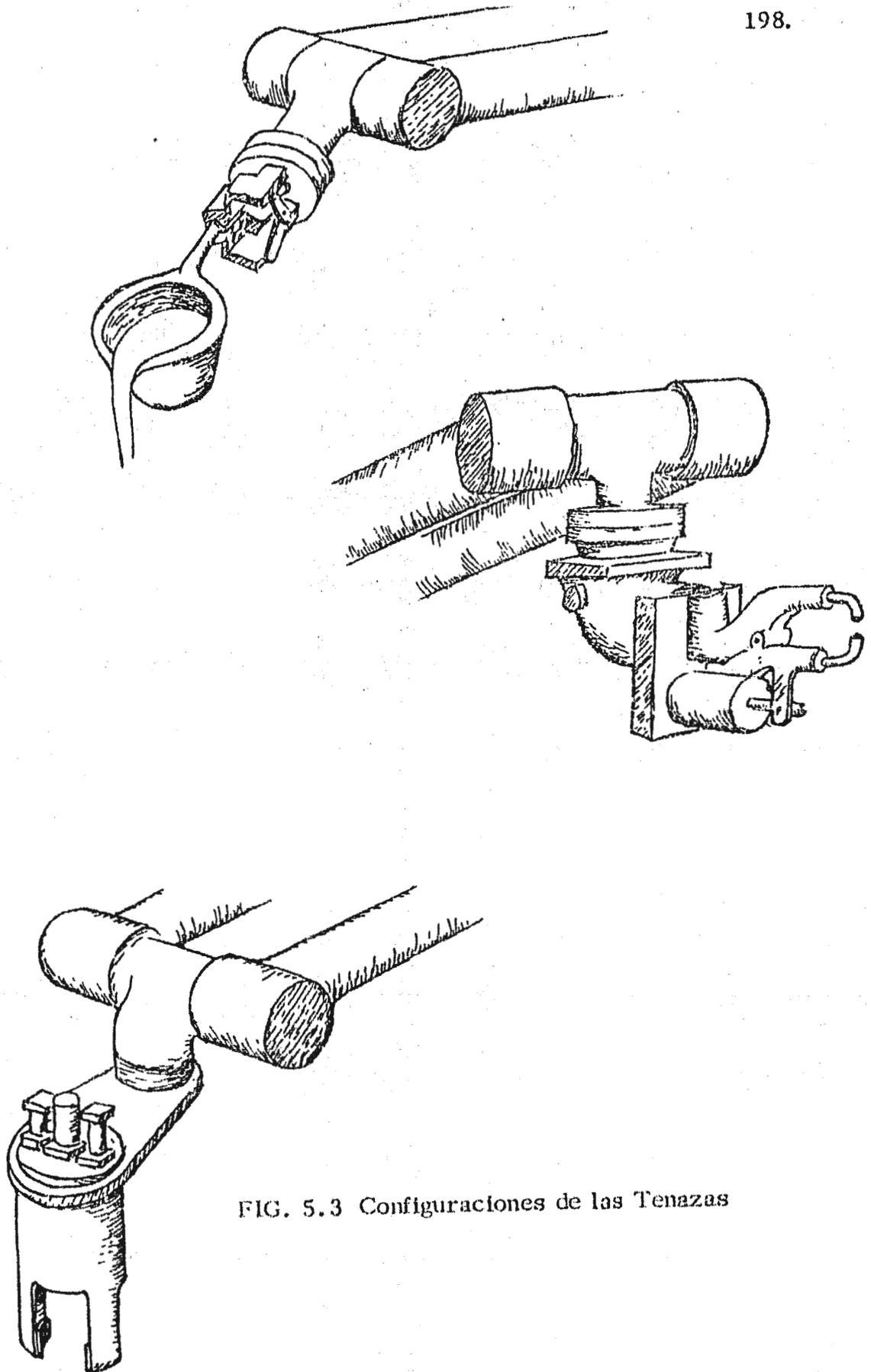


FIG. 5.3 Configuraciones de las Tenazas

#### 5.4 Consideraciones para Instalar un Robot.

La implementación de uno o varios robots industriales debe seguir un orden lógico o de otra manera seguramente fallará.

El primer paso en la instalación de un robot debe ser el familiarizarse con las capacidades y limitaciones del equipo disponible.

La gran variedad de tipos y tamaños de robots, complica una buena elección.

Para ello se recomienda definir las operaciones a desarrollar por los robots y luego concentrar la búsqueda a aquellos robots que puedan desarrollar dicho trabajo.

Es recomendable elaborar una tabla con los datos referentes a cada robot y así tener la información concentrada para lograr una buena elección.

Se debe tener en cuenta, el futuro crecimiento o las variaciones de la producción a futuro, pues sería muy triste que se adquiriera un equipo muy limitado que se obsolete rápidamente.

Una vez que el equipo es seleccionado y antes de adquirirlo se deben estudiar a conciencia las aplicaciones que deberá efectuar nuestro robot.

Escoger primero una aplicación sencilla, pues el primer trabajo siempre resulta el mas difícil de realizar y de su resultado dependerá en gran parte la aceptación no solo del presente proyecto sino de otros muchos que pueden venir en el futuro.

Si la operación es manual ( y seguramente lo será ) se debe estar seguro de que se conoce todo lo que el hombre hace. ( El robot no toma decisiones ) Asegurándose que el hombre no use algún sentido como el tacto, oído, etc., que el robot no tenga. También hay que definir cuales acciones no son en realidad necesarias y pueden ser eliminadas. Otro punto importante es definir si el robot puede ser montado en otra posición diferente a su clásico posicionamiento en el piso. Un robot puede estar colgado de cabeza o suspendido en algún soporte especial y esto facilita en ocasiones la operación. Asimismo se debe cuestionar si es mejor que la herramienta vaya a la pieza o si la pieza debe ir a la herramienta.

Se debe analizar con cuidado todo " el mundo exterior " del robot. Por ejemplo si las piezas a trabajar llegan en un transportador colgante, ¿ Siempre para en la misma posición ?, ¿ Las canastillas son fijas u oscilan al parar ?, ¿ Las piezas son siempre iguales ?, ¿ Están orientadas siempre en el mismo sentido ?, ¿ Qué pasaría si se adelanta o atraza la alimentación ?. Si una canastilla llegara vacía o con dos piezas, ¿ qué pasaría ?. Este análisis lleva tiempo. Hay que situarse en la " acción-

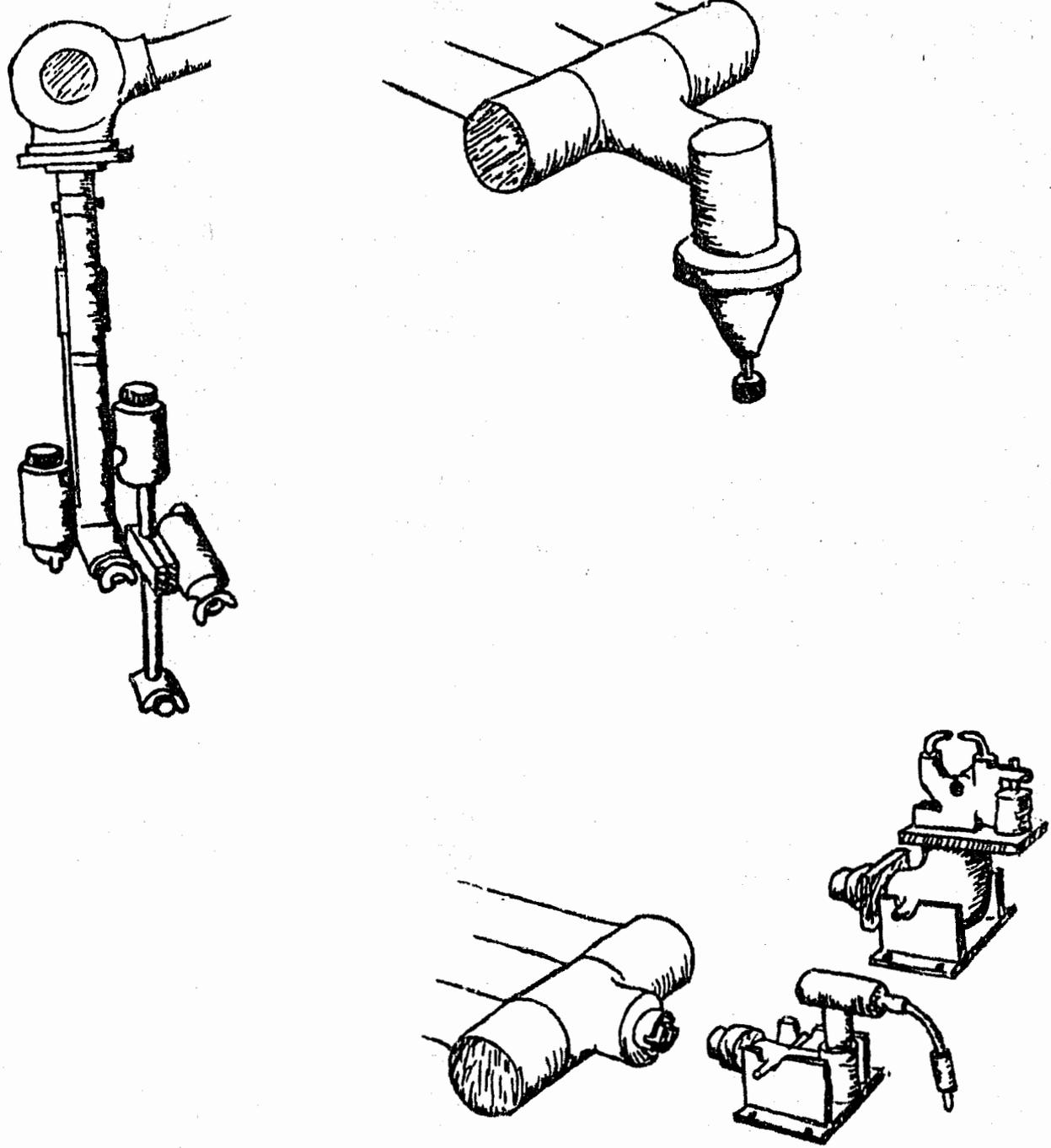


FIG. 5.4 Configuraciones de las Tenazas

y sentirse robot ".

La siguiente consideración, es hacia los robots.

Aunque son extremadamente rentables y confiables, los robots necesitan -  
parar de vez en cuando. Por ello se debe asegurar que el paro del robot -  
no cause un deterioro en la producción montando un sistema de apoyo o -  
emergencia, que puede ser manual o automático. Se debe tener en cuenta  
que el paro de un robot no dura pocos minutos. Su complejidad requiere-  
de mantenimientos y servicios largos y laboriosos.

Después de haber hecho las anteriores consideraciones, se debe pregun-  
tar si el robot previamente seleccionado es capaz de efectuar el trabajo o  
sea si tiene suficiente alcance, velocidad, capacidad de carga, memoria-  
flexibilidad, etc.

Requerir capacidad adicional previniendo el peso de la herramienta, y el  
equipo adyacente, así como incrementos en la producción.

Una vez que el robot ha sido seleccionado, es recomendable hacer un pla-  
no general de la instalación, definiendo la localización, posibles interfe-  
rencias y las fuentes de poder eléctrico, agua de enfriamiento, aire com-  
primido, etc.

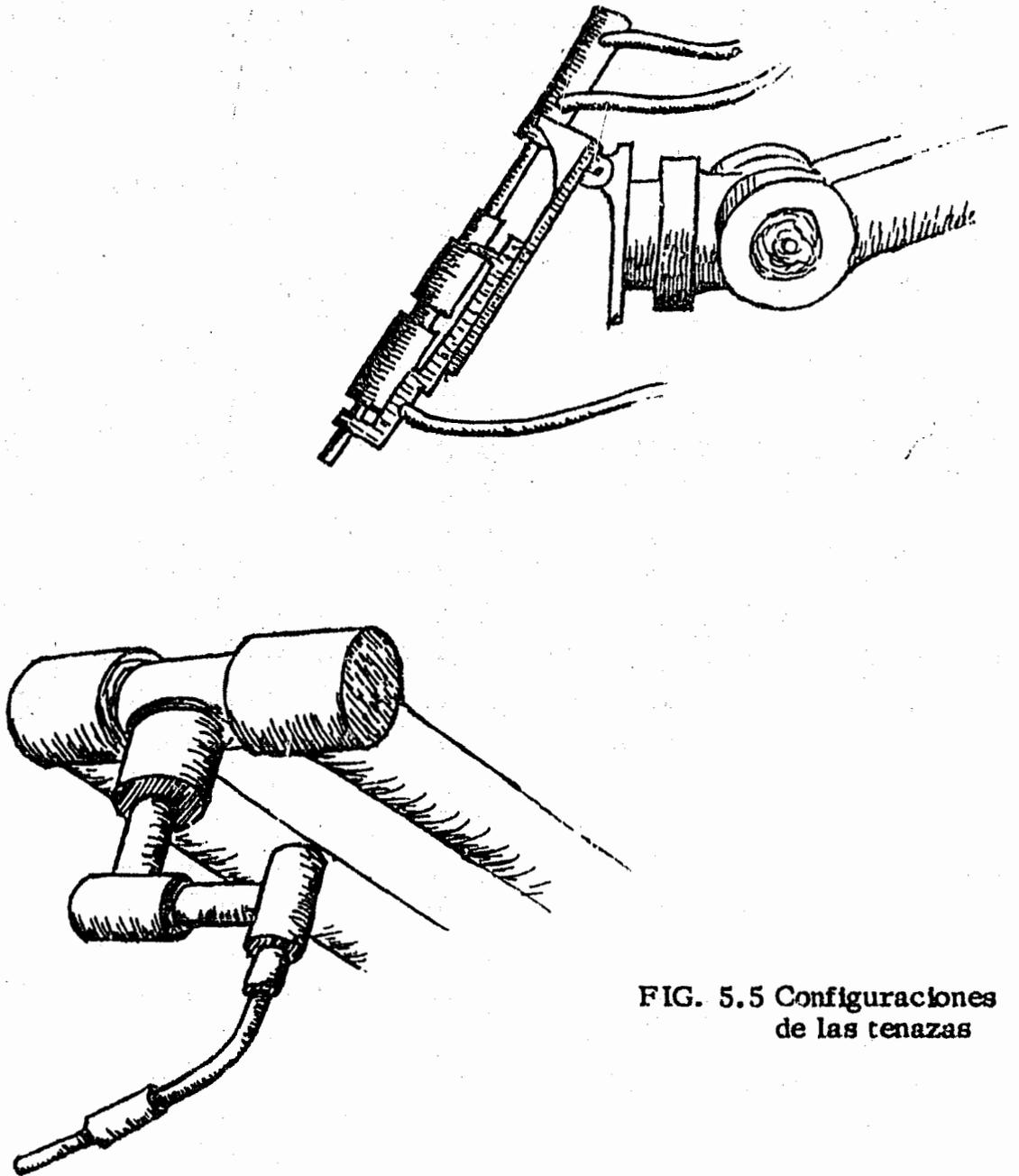
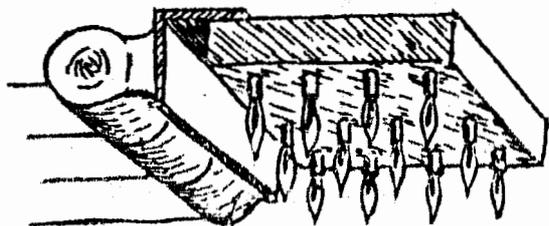


FIG. 5.5 Configuraciones de las tenazas



Se deben agregar guardas de seguridad para mantener al personal fuera - del alcance del robot, asimismo cuidar al robot de montacargas y grúas - viajeras que lo puedan dañar.

Asimismo definir la línea de emergencia por un posible paro y los almacenes del equipo de mantenimiento y refacciones.

Si el proyecto se aprueba, entonces deben hacerse todos los preparativos del equipo auxiliar y de " interfase " así como seleccionar y preparar al personal encargado del manejo y cuidado del robot, para que de esta forma, los problemas típicos de un lanzamiento, como ajustes de herramientas, tiempo, etc., sean minimizados.

Una vez que el robot este en operación, se deberá seguir muy de cerca su desempeño y evaluar los resultados. Seguramente habrá modificaciones - posteriores que harán mas eficiente la operación.

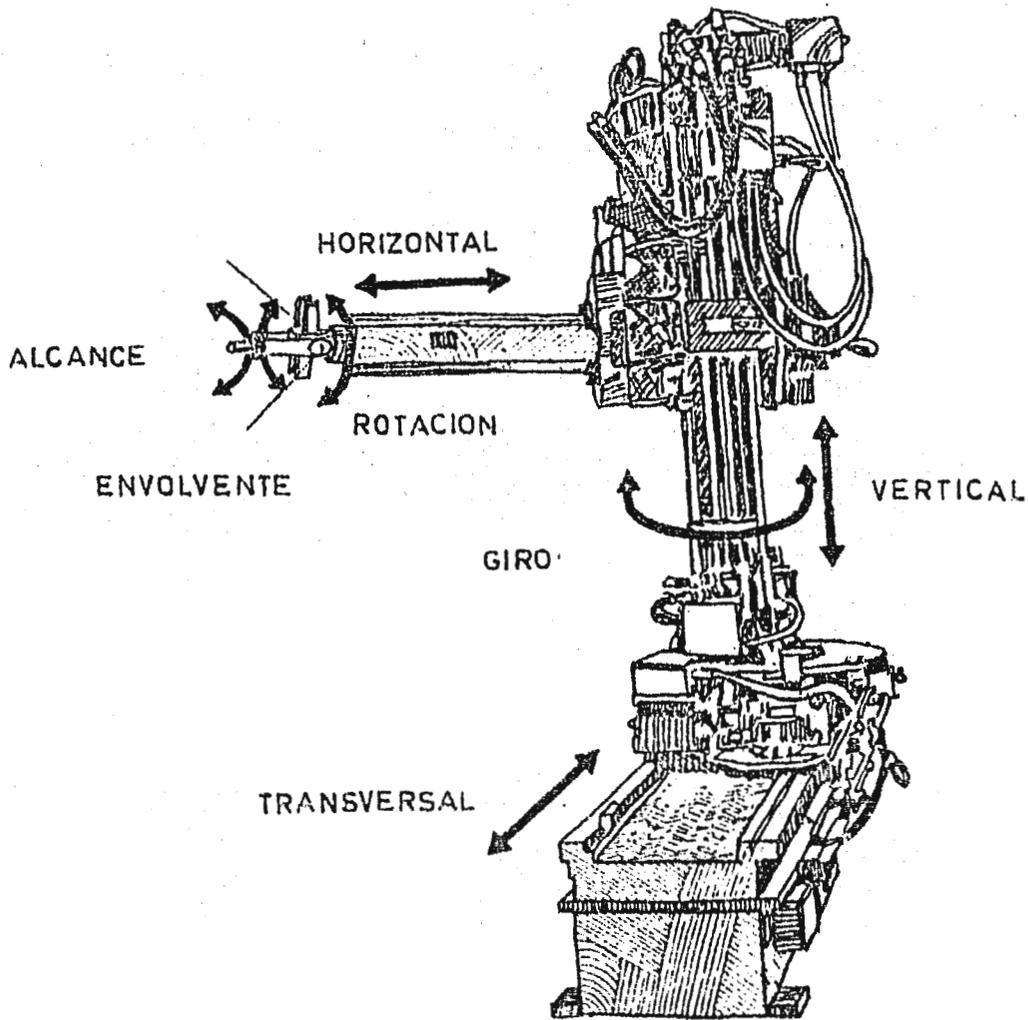


FIG. 5.6 Grados de libertad de un Robot con movimiento cilíndrico

### 5.5 El robot industrial en las plantas de ensamble.

El robot ha encontrado un enorme campo de acción en las plantas de ensamble de autos. Es mas, podríamos afirmar que el robot nace de la necesidad de las plantas ensambladoras de automatizar sus operaciones. En la actualidad, la mayoría de las plantas armadoras en países industrializados realiza sus operaciones por medio de robots y cada día son mas los procesos automatizados.

Sus principales aplicaciones las han encontrado en dos áreas: En el soldado de carrocerías y en la aplicación de pintura.

Ambos trabajos son pesados y peligrosos. En el caso del armado de carrocerías, los robots sustituyen a las pistolas de punteo, que aunque están perfectamente niveladas y balanceadas, es necesario un gran esfuerzo del operario para moverlas, y no sólo eso, ya que el chisporroteo, inevitable en la soldadura por resistencia, con frecuencia va a dar al cuerpo y cara del trabajador.

En la aplicación de pintura, no es necesario decir que la constante inhalación de los compuestos y solubles químicos acaban por dañar el sistema respiratorio del operario, aún cuando éste utilice las mascarillas contra gases.

Como si la seguridad de los trabajadores no fuera suficiente justificación para instalar un robot, hemos de agregar, que la calidad de los productos se incrementa notablemente en las dos áreas citadas.

En el punteado, por razones dadas ya con anterioridad, se definen a perfección el tiempo, la presión y sobre todo la posición de los electrodos contra la lámina, lo cual redundará en puntos altamente resistentes y alargará la vida de los electrodos. Por otro lado no existe la posibilidad de dar menos puntos de los requeridos.

En la aplicación de pintura, se abate su consumo entre un 20 y 25%, mientras que las capas son esparcidas con gran regularidad y siguiendo exactamente el orden debido de aplicación. Además se logra un control adecuado de la producción pues a diferencia de los trabajadores, el robot trabaja a velocidad constante desde el inicio al fin del turno, evitando picos y valles peligrosos en la producción.

Todas las razones anteriores han hecho más que justificables a los robots en Japón y los Estados Unidos; sin embargo la pregunta clave sigue en pie: ¿ En México, en 1982, es justificable, o mejor, es adecuado el uso de robots ?.

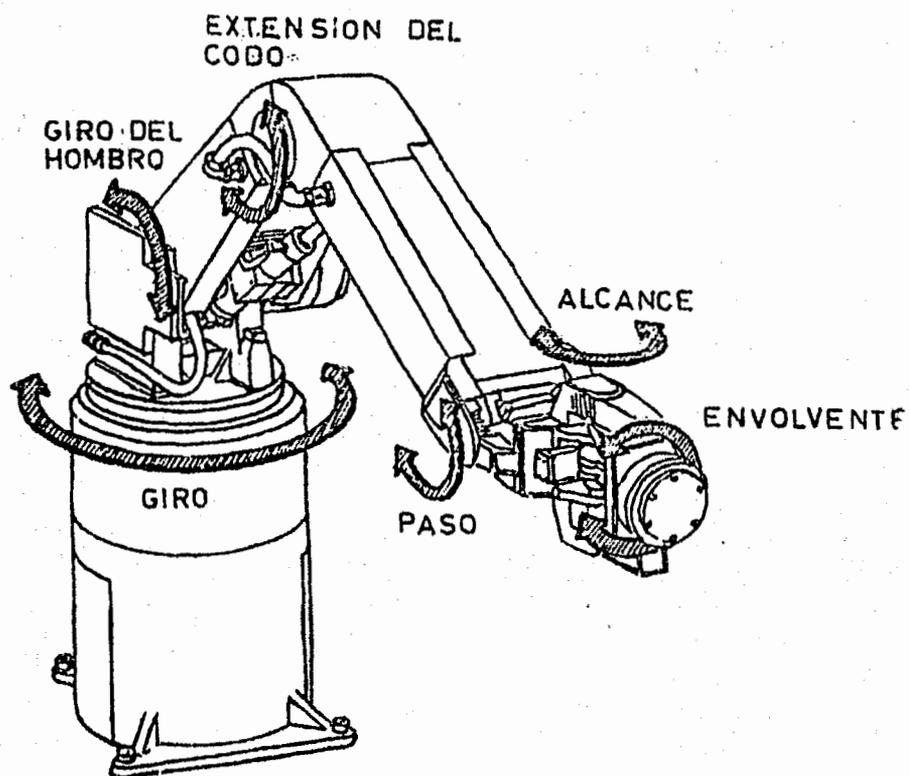


FIG. 5.7 Grados de libertad de un Robot con movimiento esférico compuesto.

La producción actual de autos en México, no justifica la incorporación de robots a las líneas de ensamble, pues esta se alcanza con dispositivos - semi-automáticos como los desarrollados en los capítulos precedentes.

A pesar de ello, se deben considerar otros factores importantes: la seguridad de los operarios y la competitividad de nuestros productos. Para lograr ambos factores, se dispone de los robots. El no incorporarlos - ahora a las líneas de producción puede traer funestas consecuencias en el futuro.

## VI. CONCLUSION

Me resulta muy difícil obtener una conclusión o varias que sintetice y esclarezca el trabajo que aquí se desarrolla y es que no solo representa este capítulo el colofón de una larga tesis ( no tanto en extensión pero si en duración ), sino de alguna manera, representa un paso importante hacia una meta muy deseada y a la vez temida.

Deseada porque al fin y de una manera mas o menos clara se ve cercano el título de Ingeniero Mecánico y Eléctrico. Título que por cierto es usado por muchos sin merecerlo, mientras que otros tantos, aunque se lo han ganado con creces, no lo utilizan porque no han tenido la oportunidad, maravillosa de prepararse en una universidad.

Y temida, porque esta meta, de lograrla, abre una puerta hacia un nuevo camino que se habrá de recorrer, con mucho trabajo, dedicación y esfuerzo. Un camino que no es de ninguna manera " un regalo " pero que sin duda traerá muchas y grandes satisfacciones, si es recorrido con dignidad, con la cabeza en alto, con la voz serena y el mirar tranquilo.

Este camino, el de la vida profesional, representa una gran responsabilidad, pues es en base al trabajo bien dirigido y bien desarrollado que lograremos juntos, profesionistas, técnicos y obreros, un nivel de vida social,

moral, cultural y económico mejor.

Pero a pesar de la dificultad, de la expectación y del temor, se tiene que obtener una conclusión que trate de resumir esta tesis.

Invito al lector a recorrer conmigo, de una forma rápida los temas desarrollados.

En la introducción se plantean los objetivos y alcances del trabajo visto desde antes de su realización y puesta a punto. Como en ella, ahora repito, que desarrollar un proyecto, completo y a detalle de la automatización de una línea de ensamble, es un trabajo enorme que requiere de muchas personas, que dediquen todo su tiempo y sus conocimientos. Por esto, ahora pienso que esta tesis debería llamarse " Propuesta para automatizar..." y no " Proyecto para automatizar..." lo cual resulta sin duda demasiado ambicioso para mis conocimientos y capacidad.

En dicha introducción se plantean ciertas dudas sobre la efectividad de la automatización en México ya que por ningún motivo deseo que el desarrollo tecnológico desplace o disminuya la fuerza de trabajo que el país tanto necesita.

En el capítulo segundo, sobre dispositivos de ensamble de accionamiento

manual, se explica con mas o menos detalles la forma en que se diseñan y manufacturan actualmente los dispositivos, lo que requieren y lo que puede esperarse de ellos.

Es un capítulo que se desarrolló gracias a la investigación mas que a la aportación de nuevas ideas.

Estos, los dispositivos manuales, son la esencia de todos los otros dispositivos, que bajo los mismos principios de los manuales, sufren solo ciertas modificaciones que los hacen mas eficientes.

Como queda demostrado en este segundo capítulo, las herramientas de acción manual son económicas, versátiles y sobre todo: Durante años han provado ser eficientes auxiliares para las plantas armadoras. Seguramente seguiran siendo utilizadas en muchas operaciones y ensambles que no requieran de alta productividad.

El capítulo tercero, se desarrolla como la parte esencial de la tesis. En él se proponen varios métodos de automatización para los dispositivos de localización y ensamble, planteando los principios mas importantes en que se basan los mandos automáticos.

Se analizan a detalle las fuentes de energía usadas en los automatismos, -

tanto en órganos de mando como en órganos de trabajo, demostrando que - por las características de estos dispositivos y su utilización, la fuente de energía mas recomendable, es la energía neumática.

A partir de ello se explican tres diferentes métodos para diseñar circuitos neumáticos. A cada uno se le añadió un ejemplo para evidenciar mas sus características.

Debe quedar entendido que no se pretende aquí desarrollar un circuito específico, sino explicar los métodos de automatización, los cuales se pueden aplicar en casi cualquier necesidad.

Sin embargo el ejemplo del robot fué desarrollado con todo detalle para demostrar lo versátil que es el método paso a paso.

El estudio económico demuestra que estas herramientas no son mas caras que las de acción manual, si trabajan como deben a mas del 80% de su capacidad.

No es necesario que todas las prensas sean automáticas; dependiendo del volumen a producir, basta que se automaticen las herramientas mas complejas, que por ende son las que tienen operaciones mas lentas, como la prensa principal, la prensa de costados y las prensas de piso y de compar

timiento del motor.

Con ésto se evita el encarecimiento innecesario del herramental y se mantiene la fuerza de trabajo.

Los dispositivos automáticos se pueden diseñar y manufacturar en México ya que se cuenta con la tecnología y capacidad suficientes para hacerlo.

Estas herramientas son de gran ayuda en la productividad e incrementan la calidad del producto. Si son usadas adecuadamente, son rápidas y seguras.

Por todo ello se ve un incidente deseo de automatización en las industrias y un claro futuro para estos dispositivos en México.

Como no basta localizar las piezas del auto, sino que hay que unir las por medio de soldadura, se incluyó en nuestro estudio el tema IV sobre dispositivos de soldadura. Los dispositivos de soldadura usados tradicionalmente son las pistolas de punteo, que aplican la soldadura punto por punto, causando pérdidas de tiempo, calidad y fatiga. Desafortunadamente el diseño y manufactura de dispositivos automáticos para la aplicación de soldadura por resistencia son muy caros por lo cual solo se justifica su uso en plantas de muy alta producción.

En este capítulo además de presentar las pistolas y dispositivos convencionales, se expone una propuesta para automatizar dos operaciones que presentan muchos puntos a soldar; la prensa principal y la fosa de repunteo.

Esto se hace aprovechando desde luego la configuración de las piezas a unir, que permiten dicha operación. Con esta propuesta se incrementan productividad y calidad, mientras que el costo no es muy elevado ya que se utilizan las estructuras de las prensas ya existentes. Al igual que en las prensas de localización, los dispositivos automáticos de soldadura, se deberán aplicar solo cuando la producción así lo requiera.

El quinto y último tema, da una visión general de lo que el robot industrial es y de lo que de él puede esperarse.

Muy desarrollado en otros países, el robot en México por múltiples razones no ha sido incorporado plenamente en las líneas de producción, aún cuando se presenta como una de las máquinas que más rápidamente se pagan. Siendo además su principal característica su versatilidad de operaciones, se aplican en casi cualquier trabajo industrial, por lo cual pensamos que llegarán a tener gran aceptación y difusión también en México.

Concretamente y debido a los volúmenes de producción actuales, en México no resulta lógico pensar en una línea de robots aplicada a plantas de ensam

ble automotriz.

Se pueden utilizar sin duda, pero estarían trabajando muy por debajo de su capacidad, lo cual encarecería las operaciones y alargaría la amortización.

De cualquier manera no es remoto el uso de robots programables por lo cual se podría pensar en una operación piloto, que diera un conocimiento directo a todos los involucrados en el proyecto del potencial que puede desarrollar una máquina de este tipo. Con una operación piloto se allanarían además problemas de instalación y puesta a punto, de adiestramiento y mantenimiento. Además de que se despejaría de una vez la sombra de duda que representa el instalar algo nuevo y desconocido, ganando mucho tiempo y dinero.

Como conclusión general podemos decir lo siguiente:

La automatización es necesaria en la medida en que la productividad lo requiera.

No antes no después. Cada caso, cada problema, cada empresa tiene que evaluar los pros y contras de automatizar las operaciones. La automatización a niveles elementales o tan sofisticados como en la robotización es

una gran ayuda para eficientar operaciones, incrementar la calidad, eliminar cargas de trabajo pesadas, riesgosas y monótonas y abatir costos.

Por otro lado es necesario decir que la carrera inflacionaria ( aumento en el costo de la vida e incrementos salariales ) está sacando a la industria nacional de competencia, una competencia relativa, ya que la desproporción tecnológica entre México y otros países es enorme y se antoja insuperable. Por ello es necesario, mas aún: vital, que en estos momentos se produzca, no sólo en abundancia sino con calidad. Es cuestión de supervivencia. En la época actual y con todo lo que hemos caminado no podemos regresar a ser un pueblo dependiente solo de exportaciones de materias primas y de los valiosísimos recursos no renovables.

Durante el tiempo en que he desarrollado la tesis he escuchado muchos comentarios en el sentido de que la automatización crea desempleo y que lo que el país necesita es dar empleos.

Sin embargo, la falta de productividad, sea cual fuere su causa, puede traer consigo el cierre de empresas, lo cuál además de un mayor desempleo traerá como consecuencia falta de bienes y servicios.

Como dije en un principio: La ingeniería y sus aplicaciones deben estar siempre al servicio del ser humano y no al revés.

Si este pequeño trabajo sirviera para engrandecer el bienestar humano -  
habrá cumplido su misión y yo me sentiría muy halagado.

## VII. ANEXOS.

## 7.1 Índice de Figuras.

## Capítulo I:

- 1.1 Juego de herramientas de alta producción.
- 1.2 Herramienta mayor " Prensa principal "
- 1.3 Herramienta de mano para barrenado del panel trasero.
- 1.4 Herramienta de acción manual para baja producción.
- 1.5 Unidades neumáticas para plantas de alta producción.
- 1.6 Herramienta de sujeción para ensamble de un costado.
- 1.7 Herramienta de verificación.
- 1.8 Detalle de un dispositivo de verificación.

## Capítulo II:

- 2.1 Prensa de acción manual para ensamble de costados.
- 2.2 Diseño de una unidad de sujeción.
- 2.3 Planos de referencia para herramientas y piezas.
- 2.4 Salpicadera delantera.
- 2.5 Compartimiento del motor.
- 2.6 Verificador del compartimiento del motor.
- 2.7 Panel del piso delantero.
- 2.8 Piso.
- 2.9 Riel interior lateral trasero del toldo.
- 2.10 Riel interior y exterior delantero.
- 2.11 Cuarto trasero.
- 2.12 Salpicadera trasera o " conchas ".
- 2.13 Costado
- 2.14 Panel del porta paquetes.
- 2.15 Panel trasero.
- 2.16 Prensa principal.
- 2.17 Soldadura por costura.
- 2.18 Línea de repunteo.
- 2.19 Detalle de la prensa principal.
- 2.20 Urethane.
- 2.21 Soporte de fierro negro y prensa.
- 2.22 Detalle de dedo y cojín.
- 2.23 Detalle de una unidad con bisagra.
- 2.24 Prueba funcional de un dispositivo.
- 2.25 Unidades para alta producción.
- 2.26 Modelo de madera para fundición.

- 2. 27 Varias piezas de función.
- 2. 28 Detalles cortados e identificados para soportes estructurales.
- 2. 29 Soldadura por arco eléctrico.
- 2. 30 Revenido de una pieza de acero endurecida previamente.
- 2. 31 Dispositivo de sujeción montado en una fresa vertical.
- 2. 32 Fresadora horizontal de control numérico.
- 2. 33 Máquina mandriladora.
- 2. 34 Inspección de control de calidad.
- 2. 35 Operación de torneado.
- 2. 36 Taladro radial.
- 2. 37 Dispositivo de verificación.
- 2. 38 Empaque de los dispositivos.

### Capítulo III:

- 3. 1 Herramientas neumáticas para alta producción.
- 3. 2 Esquema de un principio de mando.
- 3. 3 Esquema del principio de mando regulado.
- 3. 4 Regulación de una lámpara.
- 3. 5 Marcha y paro de un motor.
- 3. 6 Mando de un cilindro neumático.
- 3. 7 Mando directo de un cilindro de simple efecto.
- 3. 8 Regulador unidireccional.
- 3. 9 Mando de un cilindro por dos operarios ( Mando bimanual ).
- 3. 10 Disposición de los módulos " o ".
- 3. 11 Disposición de los módulos " y ".
- 3. 12 Mando de un cilindro con dispositivo de seguridad.
- 3. 13 Mando de un cilindro por válvulas conectadas en serie.
- 3. 14 Cilindro accionado por mando memorizado.
- 3. 15 Croquis de una máquina estampadora.
- 3. 16 Mando neumático en cascado.
- 3. 17 Croquis de una máquina dobladora.
- 3. 18 Mando neumático paso a paso.
- 3. 19 Croquis de un robot neumático.
- 3. 20 Unidades accionadas por cilindros.

### Capítulo IV:

- 4. 1 Sección transversal de un punto de soldadura.
- 4. 2 Diagrama de una máquina punteadora.
- 4. 3 Variación del calor con la corriente.
- 4. 4 Variación del calor con el tiempo.
- 4. 5 Variación del calor con la presión.
- 4. 6 Zonas de generación de calor.

- 4.7 Efecto de la disipación del calor.
- 4.8 Soldadura por proyección.
- 4.9 Soldadura por costura.
- 4.10 Soldadura a tope.
- 4.11 Máquina estacionaria para soldadura por punteo.
- 4.12 Máquina estacionaria para soldadura por costura.
- 4.13 Máquina estacionaria para soldadura por proyección.
- 4.14 Máquina punteadora portátil unida al transformador.
- 4.15 Pistolas de punteo.
- 4.16 Pistolas de punteo.
- 4.17 Propuesta para automatizar la soldadura en la prensa principal.

#### Capítulo V:

- 5.1 Robot con movimiento Semi-esférico.
- 5.2 Robot con movimiento esférico-compuesto.
- 5.3 Configuración de las tenazas ( 1 ).
- 5.4 Configuración de las tenazas ( 2 ).
- 5.5 Configuración de las tenazas ( 3 ).
- 5.6 Grados de libertad de un robot de movimiento cilíndrico.
- 5.7 Grados de libertad de un robot de movimiento esférico-compuesto.

## 7.2 Índice de Tablas.

## Capítulo II:

- 2.1 Costo del diseño y manufactura de un herramental manual.
- 2.2 Tiempo de operación de un herramental manual.
- 2.3 Salarios diarios promedio en la industria automotriz.
- 2.4 Incrementos salariales en la industria automotriz.
- 2.5 Pronóstico de incrementos salariales.
- 2.6 Costo de operación de un herramental manual.
- 2.7 Costo total por ensamble de un herramental manual.

## Capítulo III:

- 3.1 Costo de refacciones para un dispositivo neumático.
- 3.2 Costo de mantenimiento para un dispositivo neumático.
- 3.3 Costo total de mantenimiento.

## Capítulo IV:

- 4.1 Clasificación de la soldadura por resistencia.
- 4.2 Soldadura por puntos en acero de bajo y mediano carbono.
- 4.3 Soldadura por puntos en acero inoxidable.
- 4.4 Soldadura por puntos en aluminio.
- 4.5 Soldadura por puntos en lámina galvanizada.
- 4.6 Soldadura por costura en acero de bajo y mediano carbono.
- 4.7 Soldadura por costura en acero inoxidable.
- 4.8 Costo estimado de un dispositivo de soldadura semi-automático.

### 7.3 Índice de Gráficas.

#### Capítulo III:

- 3.1 Diagrama funcional de una estampadora.
- 3.2 Diagrama de movimientos de una dobladora.
- 3.3 Diagrama de movimientos de un robot neumático.

## 7.4 Índice de Circuitos.

### Capítulo III:

- 3.1 Circuito neumático de una estampadora.
- 3.2 Circuito neumático de una dobladora.
- 3.3 Circuito neumático de un robot neumático.

## B I B L I O G R A F I A

1. - AAD Specifications for Welding Machines and Fixtures  
Ford Motor Co. Automotive Assembly Division, Passenger  
U.S.A. May 1972.
2. - Assembly Value Engineering Estimating Guide  
Ford Motor Co., Body Section AAD  
U.S.A. May 1969.
3. - A Survey of Industrial Robots  
Productivity International Inc.  
U.S.A. Copyright 1980.
4. - Checking Fixture Design Specifications Manual  
Ford Motor Co. Production Engineering Metal Stamping Division  
U.S.A. July 1974.
5. - Dibujo y Diseño de Ingeniería  
C.H. Jensen Ed. Mc. Graww-Hill  
Impreso en Colombia 1973.
6. - Estándares de Manufactura  
Ford Motor Co., S.A., Planta de Operaciones de Exportación.  
México 1976.
7. - Industrial Hydraulics Manual 935100-A  
Vickers  
1st. Edition  
U.S.A. Michigan 1970.
8. - Industrial Robots  
Fundamentals Volume # 1  
W.R. Tanner  
Society of Manufacturing Engineers  
First Edition Dearborn Mich/ U.S.A. Copyright 1979.
9. - Industrial Robots. The Next Generation  
Compressed Air Magazine  
U.S.A. August 1981.
10. - Introducción a la Neumática  
H. Meixner, R. Kobler  
Festo Didactic  
3a. Ed. Alemania Federal 1980.

11. - Machinery's Handbook  
Erik Oberg, Franklin D. Jones, Hobbrock . Horton  
Industrial Press Inc.  
Rev. 21st. Edition U.S.A. New York 1979.
12. - Manufacturing Procedures Manual.  
Ford Motor Co.  
U.S.A. Oct 1975.
13. - Máquinas Herramienta I  
Formación Profesional y Cultura Técnica  
Editorial Gustavo Gili, S.A.  
Barcelona 1979.
14. - Metals Handbook Vol.I Properties and Selection of Metals  
American Society for Metals  
8th. Edition U.S.A. Ohio 1967.
15. - Metals Handbook Vol. 3 Machining  
American Society for Metals  
8th. Edition U.S.A. Ohio 1967.
16. - Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas  
Parte I. Instalaciones para el Uso de Energía Eléctrica  
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial  
Dirección General de Normas  
México, D.F. 1981
17. - Nuevo Diccionario Cuyas de Appleton  
Arturo Cuyas  
Appleton Century Crofts  
5a. Ed: Nueva York 1966.
18. - Pequeño Larousse Ilustrado  
Miguel de Toro y Gisbert  
Editorial Larousse  
3a. Ed. Buenos Aires 1967.
19. - Pneumatics and Hydraulics  
Harry L. Stewart  
Theodore Audel & Co.  
Indianapolis Indiana U.S.A. Copyright 1976.
20. - Revista Proyección  
Ford Motor Co., S.A.  
Año I Núm. 9 Diciembre 1980.

21. - Revista Proyección  
Ford Motor Co., S.A.  
Año II Núm. 14 Mayo 1981
22. - Sistema de Control de Relevadores Neumáticos para Dispositivos  
de Ensamble en la Industria Automotriz ( Tesis )  
E.F. Morales López  
Instituto Politécnico Nacional  
México, D.F. 1980.
23. - Técnica del Mando Automático I  
J.P. Hasenbrink, R Kobler  
Festo Didactic  
Alemania Federal 1974.
24. - Welder Repair Electrical Maintenance  
Ford Motor Co. Metal Stamping Division, Technical Training Center  
U.S.A. 1973.