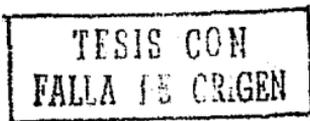


870117  
**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA**

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA DE INGENIERIA**



**"DISEÑO DE UNA ESTACION AUTOMATIZADA  
DE SELLADO POR ULTRASONIDO"**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A

**ALFONSO CARRILLO CONCHA**

GUADALAJARA, JAL. DICIEMBRE 1990.



## **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 está 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.

DISEÑO DE UNA ESTACION AUTOMATIZADA  
DE SELLADO ULTRASONICO

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

1. EL DISEÑO EN INGENIERIA

1.1 CONCEPTOS BASICOS

1.2 IMPORTANCIA DEL DISEÑO PARA EL  
PROCESO DE MANUFACTURA

1.3 EL CONCEPTO DE SEGURIDAD EN EL DISEÑO

2. AUTOMATIZACION DE PROCESOS

2.1 ANTECEDENTES

2.2 SU PAPEL EN EL PROCESO DE MANUFACTURA

2.3 SU APLICACION

3. EL DISEÑO DE LA ESTACION

3.1 GENERALIDADES

3.2 DISEÑO MECANICO

3.2.1 BASE VIAJERA

3.2.2 NIDOS RECEPTORES

3.3 DISEÑO ELECTRICO Y NEUMATICO

3.3.1 SISTEMA NEUMATICO

3.3.2 SISTEMA ELECTRICO

#### 4. EL ROBOT MANIPULADOR

##### 4.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA

##### 4.2 SELECCION Y CARACTERISICAS DEL ROBOT

###### 4.2.1 SU BRAZO MANIPULADOR

###### 4.2.2 SU UNIDAD CONTROLADORA

##### 4.3 EL DISPOSITIVO ULTRASONICO

#### 5. LA PROGRAMACION DE LA ESTACION

##### 5.1 CONCEPTOS GENERALES

##### 5.2 REQUERIMIENTOS

##### 5.3 EL PROGRAMA A APLICAR

#### 6. ANALISIS ECONOMICO

##### 6.1 ASPECTOS GENERALES

##### 6.2 EL ANALISIS ECONOMICO

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

El ser humano siempre ha sentido una fascinación por las máquinas que tienen movimiento propio. Se tienen noticias de dispositivos que maravillaban a sus espectadores en las culturas de la antigüedad: China, Egipto, Grecia. Estos mecanismos usaban medios hidráulicos o mecánicos para lograr el efecto de autonomía. Seguramente algunos de ellos eran bastante complicados, pues los usaban para ciertas funciones religiosas, como por ejemplo, en oráculos.

El siglo XVIII fue rico en otro tipo de autómatas. Siglo racionalista, le dió importancia a las máquinas. Muestra de ello fueron los impresionantes mecanismos contruidos por relojeros suizos. Se conservan en el Museo de Arte e Historia en Neuchâtel, Suiza, unas joyas realizadas por los hermanos Jaquet-Droz. Uno de ellos, llamado el "escribiente", consiste en la figura de un niño que escribe textos sobre un papel usando una pluma de la época que de vez en cuando sumerge en un tintero. El mecanismo del "escribiente" cuenta con 3 levas, una por cada grado de libertad de la mano, que realizan los movimientos necesarios para dibujar una letra específica o realizar movimientos especiales (como cambiar de línea en el papel o entintar la pluma).

Lo realmente impresionante de éste autómata es la capacidad que tiene para ser programado: Usando un disco de 40 posiciones se puede seleccionar una secuencia de hasta 40 acciones.

Otros autómatas de los hermanos Jaquet-Droz y que seguían un principio similar al del "escribiente" fueron el "dibujante" y el "músico". El primero realizaba dibujos en papel: la diferencia con el "escribiente" era que no tenía definidas formas características (letras) sino trazos primarios, para poder realizar dibujos más que textos. El "músico" era un pianista que con el movimiento de sus dedos tocaba un piano pequeño. Además simulaba respirar y movía sus ojos, torso y cbeza en coordinación con sus manos. Es interesante notar

el detalle de los movimientos que parecían realizados por pequeños seres humanos. Mary Shelley, impactada por estos muñecos, escribió su famosa novela "Frankenstein", obra romántica que plantea el peligro de la creación de vida por el hombre.

En 1921 el escritor checoslovaco Karel Capek presenta su obra RUR (iniciales de Rossum's Universal Robots) en la que acuña el nuevo vocablo: ROBOT. En checo tiene el significado de servidor o trabajador. En RUR, un brillante hombre de ciencia, Rossum, construye unas máquinas con la intención de librar a la humanidad de trabajo. Pero uno de los ayudantes de Rossum desarrolla un robot con sentimientos; los nuevos modelos se cansan de ser tratados como sirvientes y se rebelan contra sus creadores, exterminándolos.

Aunque la obra tiene un sentido pesimista, le da un nuevo significado a los mecanismos automáticos. Los robots son servidores y representan una ayuda potencial para la humanidad. La cultura Griega debe su florecimiento a los esclavos que tenía para realizar las faenas comunes mientras los ciudadanos podían dedicarse al arte, la filosofía ó la política. La era de los robots puede significar una nueva edad de oro, donde las personas pueden dedicarse a actividades más humanas mientras máquinas servidoras se encargan de las tareas comunes.

Esa es la nueva utopía del siglo XX: Construir sistemas que realicen actividades de producción (la fábrica automatizada), las labores caseras (el robot domestico) y en general tareas de servicio, poco creativas, pero adecuadas para estos nuevos servidores.

## ANTECEDENTES

El antecedente directo a la estación, de la cual hablamos en nuestro estudio, era una operación manual la cual consistía en colocar una pieza pequeña de plástico para que sirvieran de guía a unas varillas metálicas de ciertas teclas especiales de un teclado.

La colocación de esta parte en su base plástica era muy errática puesto que dependía ciento por ciento del "tino" del operario, luego, su sujeción a la misma base era usando un pegamento de silicón, el cual había veces que no pegaba bien, ocasionando la soltura y caída de la pieza, con su consecuente retrabajo. Esta operación, por lo anterior brevemente dicho, tomaba demasiado tiempo (aproximadamente 15 minutos).

Esto funcionaba bien, cuando, por los volúmenes estimados, los requerimientos de producción eran bastante bajos; pero una vez que la demanda aumentó y aumentó en forma considerable, se descubrió que esta operación se estaba convirtiendo en un "cuello de botella". Tomando en cuenta todos los aspectos involucrados en la operación, los cuales, se verán más ampliamente en el capítulo VI de este estudio, tales como tiempos, eficiencia y costos, se decidió implementar una estación robotizada, con la cual se cubrirían todos los aspectos mencionados a un costo rentable puesto que los volúmenes de producción eran lo suficientemente grandes para justificar la inversión.

Es por todo lo anterior, que el departamento de Ingeniería de Desarrollo del cual yo formaba parte, se vió en la tarea de implementar dicha estación, usando herramientas comercialmente disponibles, tales como un brazo manipulador con su unidad controladora, el dispositivo ultrasónico, así como todos los componentes eléctricos y mecánicos para poder llegar a nuestra solución en forma rápida, eficaz y económicamente costeable, que, a final de cuentas, eso es lo que importa.

## EL DISEÑO EN INGENIERIA

### 1.1 Conceptos Básicos.

El diseño, arte de crear algo lo cual pueda ser útilmente empleado por una sociedad, llámese empresa o un pueblo.

De acuerdo a lo anterior, sería razonable pensar que no se necesita ser ingeniero para crear cualquier cosa, pero sí se necesita de ingenio para hacerlo; significa esto que todos somos ingenieros? en cierta forma si, ya que podemos dar como definición de ingeniero a toda aquella persona que empleando su ingenio creativo, resuelve con eficacia un problema dado.

Claro está que esta definición de ingeniero es muy vaga, pero bastante nos ayuda para empezar a establecer una serie de conceptos y cualidades que hacen del ingeniero una persona especial dentro de una sociedad.

Vayamos primero a la esencia de la definición, en la cual decimos que el ingeniero resuelve problemas. Mucha gente suele afirmar que esa es tarea de un hombre de ciencia, comúnmente llamado "científico", pero no es así, puesto que el objetivo primario de un hombre de ciencia es el conocimiento como un fin en sí mismo, mientras que el producto final de un ingeniero es usualmente un dispositivo físico, tal y como lo establece Edward V. Krick en su libro "Introducción a la Ingeniería y al diseño en la Ingeniería" en su página 46. Analizando un poco más este concepto, se dice que el hombre de ciencia estudia, analiza y enriquece el conocimiento humano, mientras que el ingeniero aprovecha todo ese conocimiento humano para dar soluciones concretas (o tangibles) a problemas del haber diario.

Aquí hemos introducido un concepto, que no es nuevo, pero que mucha gente diría que no tiene absolutamente que ver con ingeniería, y es el concepto

problema. Irónicamente, se podría preguntar ¿Que tiene que ver un ingeniero con el tráfico, o con el que haya agua caliente para bañarse o el que se cocine u oiga la radio? etc. etc. Pues sorprende a muchos el saber que tiene mucho, ya que gracias al ingeniero, tenemos todos los servicios que, ahora, por ser tan comunes los calificamos de insignificantes, pero si nos ponemos a pensar lo que sería el transitar diario por las calles de nuestras ciudades sin un sistema de semaforización o un sistema de vías rápidas, es entonces cuando apreciamos la tarea de ese ingeniero, que viendo un problema, buscó soluciones y brindó la respuesta más adecuada y accesible al uso general.

Todo esto que decimos, de problemas y sus soluciones, ¿que tienen que ver con el diseño en la ingeniería, cómo lo podemos conceptualizar?

Pues bien, el concepto de "problema" nos es muy útil para el proceso de diseño, ya que este proceso de diseño puede ser dividido en cinco etapas, las cuales son:

#### FORMULACION DEL PROBLEMA

#### ANALISIS DEL PROBLEMA

#### BUSQUEDA DE SOLUCIONES

#### DECISION

#### ESPECIFICACION

La formulación del problema consiste en definir el problema en cuestión (valga la redundancia) en forma AMPLIA Y GENERAL ya que en el análisis del problemase hará la definición a detalle. Una vez definido concienzudamente el problema, se conjuntan las soluciones alternativas mediante la indagación, investigación, invención, etc. Decimos que se conjuntan las soluciones alternativas, puesto que para cada problema existirá un sin fin de soluciones las cuales podrán ser tomadas, pero la tarea del

ingeniero es tomar aquella la cual ofrezca ser la opción más eficaz y económica, en pocas palabras, la óptima, a esto se le llama decisión. Por último, esta solución elegida es plasmada en papel para ser expuesta como "la regla del juego" o como la especificación contra la cual se medirán resultados.

Estos, cinco pasos, sencillos de decir, son los inseparables de todo buen ingeniero cuando emprende la tarea de diseñar para solucionar, pero solucionar óptimamente, esta es la esencia del diseño, el brindar a la comunidad mayores y mejores opciones en servicios o en productividad para hacer la vida más placentera.

## 1.2 Importancia del Diseño para el proceso de Manufactura

En el punto anterior, dimos una definición de lo que es un ingeniero y sus aptitudes requeridas para realizar sus labores; así como también, lo que es el diseño de ingeniería, estableciendo su papel en el trabajo de todo ingeniero, dicho papel es, el de ser la principal herramienta para lograr la meta final del ingeniero: "La solución de problemas".

Por último, se dijo también, que esta solución de problemas va primordialmente encaminada a hacer la vida del hombre más placentera al ofrecerle soluciones que vayan de acuerdo a las necesidades de una comunidad, dijimos que, entre otras, estas soluciones iban encaminadas hacia los servicios, así como a la productividad.

En este último punto, la productividad, es donde vemos los mejores y mayores frutos del diseño, puesto que es en esta área donde el diseño ofrece soluciones que son directamente cuantificables tales como el mejoramiento a líneas de producción en una fábrica, o cambios en algunos parámetros de máquinas ya sea de producción o de medición, esos cambios se aprecian una vez llevada a cabo la tarea de implementación del diseño.

Pero, ¿por que decimos que el diseño es tan importante para el proceso de manufactura? afirmamos lo anterior porque si analizamos todo proceso de manufactura o producción de cualquier índole, nos encontraremos que en cada paso, el diseño juega un papel importantísimo, veamos por que:

Gracias al diseño, se define lo que va a producirse en todos aspectos, como son: materiales a usarse, medidas, así como sus tolerancias a aplicar. A todo esto lo llamamos especificación del producto.

En base a la especificación hecha del producto (gracias al diseño), el herramentero diseña toda la herramienta necesaria para utilizarse para la producción del producto en cuestión.

Igualmente, en base a la especificación del producto, el ingeniero de planta diseña las líneas de ensamble óptimas, para la fabricación del producto en forma ágil y eficaz.

Por último, el departamento de control de calidad, que es parte esencial de todo proceso, basa sus criterios de inspección y calificación en el diseño del producto.

Con todo esto, vemos cuan importante es el papel del diseño para todo proceso de manufactura, puesto que gracias al diseño se ordenan y jerarquizan todas las actividades necesarias para hacer realidad un trazo de dibujo en un plano.

### 1.3 El concepto de Seguridad en el Diseño.

Hasta ahora, hemos hablado de lo que es el diseño, sus pasos esenciales a seguir por todo ingeniero que se da a la tarea de diseñar algo en busca de la solución de un problema específico y de cuán importante es que dicho diseño sea pensado objetivamente teniendo en cuenta el ambiente que rodea al proyecto para así asegurar el éxito de dicho proyecto en el campo, ya sea

como un nuevo e innovador servicio a la comunidad o como un producto final que este destinado a satisfacer una necesidad real a un costo accesible, porque recordemos, que todo diseño debe buscar, dentro de su mundo de soluciones viables, la mas adecuada, siendo esta, la que contemple un costo accesible, porque de nada sirve un excelente invento o producto diseñado, si no va a ser "vendible" entre un potencial público consumidor, llámese empresas, gobierno o pueblo en general.

Pero, es aquí, donde queremos introducir este concepto, relativamente nuevo en el campo de la ingeniería del diseño, que se llama SEGURIDAD (o safety, como se le denomina en Ingles).

¿Que es la seguridad? ¿que tiene que ver en nuestro estudio? Son preguntas que, quizás se estará haciendo usted al leer esto, pero la respuesta no es tan sencilla de dar. Sin embargo, trataremos de explicar el por que se ha vuelto un obligado (un "must" como se dice en Ingles) para todo trabajo de diseño e implementacion en la ingeniería.

En principio, nos tenemos que remontar un poco hacia atrás, cuando la ingeniería estaba desarrollándose como una disciplina formal; en esos años, cuando a un ingeniero se le encomendaba el diseño y construcción de cierto dispositivo o máquina para ser usada en alguna fábrica, lo que el hacia, era únicamente cuidar los aspectos tecnicos involucrados en el funcionamiento de la misma, sin importar que la persona que fuera a operar dicha máquina pudiera, por imprudencia o falla misma de la máquina, sufrir un accidente, que en el mejor de los casos, resultaba sólomente en golpes y su consabido susto.

Y esto que mencionamos, del "descuido" de la ingeniería por el aspecto humano, se estuvo repitiendo hasta nuestra epoca, en años recientes, es por este motivo, que en muchas fábricas o minas sobre todo, los obreros, concientes del peligro potencial que corrian al operar alguna maquinaria, se decidían por exigir mejores sueldos, así como garantías de que en caso de fatal accidente, sus dependientes no quedarían desamparados, todo esto, trajo como consecuencia, paros de labores, huelgas y hasta enfrentamientos con las grandes compañías que, hasta ese entonces habían descuidado por completo el aspecto de seguridad en sus instalaciones.

Debido a esto, gobiernos de los países industrializados, sobre todo, se vieron obligados a reglamentar ciertos aspectos de condiciones laborales de los trabajadores, empezando por exigir a las empresas el dar a su personal que trabajaba en condiciones de "riesgo" seguros médicos, así como incentivos económicos por considerar que estaban expuestos a altos riesgos. También fue cuando se empezó a desarrollar formal y concienzudamente, la tarea de capacitación para los nuevos empleados, así como cursos de actualización al personal ya con experiencia en su trabajo. Todo esto, con el fin de minimizar los riesgos de accidentes por imprudencia o falta de conocimiento por parte de los operarios de las máquinas. Esto, ayudo muchísimo, puesto que los accidentes laborales disminuyeron considerablemente, pero faltaba algo más.

Ese algo más que faltaba, era, el disminuir, desde el lado máquina, las posibilidades de accidentes. Y cómo se logró esto? pues se tuvo que recurrir a atacar el problema desde la raíz, o sea, desde su etapa de diseño. El ingeniero, viendo esto, tuvo que recurrir a estudiar el problema que se le planteaba, ver todas las posibles soluciones y aplicar la más viable, siendo esta, la de agregar toda una serie de dispositivos de seguridad, tales como, el aislar a base de compuertas las áreas de riesgo dentro de la máquina, posteriormente instalar interruptores de energía a esas compuertas, con el afán de desactivar la máquina por completo en caso de abertura, ya fuera accidental o intencional, de alguna de esas compuertas de acceso a la zona de riesgo.

Viendose todo lo anterior, se decidió regular también los parámetros de seguridad, para cada máquina en especial, siendo esto, que cada máquina a construir, tiene que pasar por estrictas pruebas de elementos de seguridad. Todo con el fin, de asegurar que dicha máquina, es "segura" en su operación.

Es por todo esto, que ahora, cada vez más oímos el termino seguridad, en cuanto a diseño se refiere, por lo que el ingeniero tiene que estar muy bien preparado para afrontar este nuevo concepto y llevarlo a la práctica en forma óptima.

## AUTOMATIZACION DE PROCESOS

### 2.1 Antecedentes

Los antecedentes directos de los robots industriales son el teleoperador y la máquina de control numerico (CN). El teleoperador permite a un ser humano ejecutar una tarea a distancia. Se uso durante la II Guerra Mundial para el manejo de materiales radioactivos. El teleoperador tiene una característica importante: su versatilidad. Debido a que tenia que sustituir un brazo humano, contaba con 6 grados de libertad, lo que le permitia realizar movimientos complicados.

En un principio el movimiento que realizaba el teleoperador no era retroalimentado al operador; por tanto el operador no "sentía" los obstáculos o los efectos de movimientos bruscos. En 1948 se construyó el primer teleoperador que retroalimentaba la fuerza ejercida por este operador. En 1949 la Fuerza Aerea de los Estados Unidos necesitaba maquinar piezas para un nuevo diseño aeronautico. Algunas piezas eran complicadas y requerían ser precisas. Ese fue el inicio de las máquinas de control numerico (CN).

Aprovechando la recién desarrollada tecnología de las computadoras, se ideó una máquina que ejecutara ciertas instrucciones para maquinar piezas. En el MIT (Massachussets Institute of Technology) se construyó la primera máquina de CN en 1953.

George DeVol tiene la patente del primer robot industrial y Joe Engelberger, fundador y presidente de Unimation, son considerados los padres del robot industrial. DeVol patento sus conceptos del robot industrial en 1954 y actualmente tiene varias patentes relacionadas con el robot industrial. Despues que DeVol patento su idea, se enfrentó a un problema inevitable, su financiamiento; trató de vender sus ideas a distintas corporaciones en los Estados Unidos, sin exito alguno. Pero, a mediados de los años cincuentas, DeVol conoció en una fiesta, a un

joven ingeniero de nombre Joe Engelberger, quien trabajaba como empleado en la compañía Aircraft Products. Engelberger se impresionó con la idea de DeVol y convenció a Aircraft Products de involucrarse en el desarrollo del robot industrial; pero no fue sino hasta que Aircraft Products fue adquirido por la compañía Consolidated Diesel Electric, que el capital requerido para el proyecto de DeVol empezó a darse. Así fue como nació la compañía Unimation en 1958.

En 1961, el primer robot desarrollado por Unimation, conocido como Unimate, fue vendido a la General Motors, para ser usado en la operación de Inyección de Aluminio. La palabra Unimate significa en inglés "Universal Automation". Desde esos días, hasta la fecha, muchas compañías en todo el mundo han vuelto sus ojos hacia la robotización como una alternativa mejor para la eficiencia.

En cuanto a clasificación de los robots, se ha establecido, el asignarles número de generación, según su "grado de inteligencia", así tenemos que la primera generación de robots consiste en mecanismos que tienen una estructura móvil, versátil, que son programables, pero que no tienen un control de su medio. Esto pone una restricción en su funcionamiento; tienen que ser capaces de repetir las instrucciones de la forma más precisa posible. La mayoría de los robots industriales en la actualidad pertenecen a esta clasificación. El siguiente paso consistió en proveer a los robots de sensores externos que les permitieran un mejor conocimiento del ambiente. Los sensores más populares de los que los robots han sido dotados son tacto, presión y visión.

En 1970, en la Universidad de Stanford se desarrolló un robot manipulador que jugaba con objetos que captaba a través una cámara de televisión. En el MIT un manipulador era capaz de copiar estructuras a partir de dibujos. Estos robots, más "inteligentes" por cuanto a mayor conocimiento tienen de su medio, constituyen la segunda generación de robots. Hasta ahora, sólo se ha avanzado hasta la segunda generación de robots, pero países como Estados Unidos y Japón, están buscando llegar a una tercera generación de robots, la cual implicaría el hacerlos más versátiles en cuanto a capacidad de tareas a desarrollar y más veloces. De ninguna manera debe pensarse que la tercera generación de

robots será aquella en la que se cree una máquina capaz de desarrollar su propia inteligencia, esas máquinas sólomente podrán ser creadas por las mentes de los directores de cine de ciencia ficción.

## 2.2 Su papel en el proceso de manufactura.

Los robots están siendo usados actualmente en muchas plantas de manufactura de diversos productos. El primer robot vendido por Unimation fue usado en la operación de inyección de aluminio. El robot quitó al trabajador de un ambiente de trabajo sucio y extremadamente caliente; posteriormente, cuando los robots demostraron ser útiles para este tipo de trabajo, se emplearon robots para operaciones similares, tales como soldadura. Los robots fueron muy bien aceptados en estas áreas porque ayudaron a quitar trabajadores de tareas agobiantes y sobre todo, peligrosas. Ese tipo de trabajos, para los cuales los robots fueron usados, eran trabajos que nadie quería hacer.

Desde entonces, los robots han encontrado un lugar importante en la industria, en particular en los procesos de manufactura y ensamble. Ciertamente la automatización no es un concepto nuevo, pues procesos de producción en masa cuentan desde hace tiempo con sistemas sofisticados de automatización. Sin embargo, procesos de baja escala de producción son ahora beneficiados por los sistemas flexibles de manufactura ( SMF ).

La unión de varias máquinas de control numerico con un robot manipulador industrial para producir una parte específica, se denomina célula de manufactura. Para obtener un producto terminado se tienen que combinar varias células de manufactura, junto con un sistema de manejo de materiales, esto constituye un SFM. Entonces, un SFM acepta piezas y materiales básicos para entregar productos terminados, por lo que constituye un sistema de alta jerarquía dentro de una planta de manufactura.

Las fábricas automatizadas del futuro, en México, seguramente contará con varios SFM que entregarán partes acabadas. Para ser armadas por un sistema automático de ensamblado usando robots manipuladores. El producto final será revisado por un sistema automático de inspección.

La ventaja de este esquema sobre los sistemas automáticos convencionales es su flexibilidad. No hay que cambiar el equipo si se quiere cambiar producto. Lo que se requeriría sería reorganizar la configuración de las células de manufactura y programar la nueva operación. Esto hace que sea económicamente factible que se automatice la producción a baja escala. Esto es importante porque en la actualidad cuesta alrededor de 100 veces más fabricar un producto que 100,000 (\*).

La meta final es un sistema integral computarizado de manufactura (SICM), en el cual las etapas de diseño del producto, la planeación de su manufactura, la producción de sus partes, el ensamblado automático, así como el flujo de material y partes dentro de la planta, sea controlada por un sistema basado en una computadora, la cual coordine todas esas etapas por medio de una red, de tal manera que el proceso sea prácticamente realizado sin la intervención de seres humanos. Así como ahora la habilidad y el trabajo manual de los obreros son sustituidos por máquinas de control numérico y robots industriales, el SICM contribuiría en grande con el ser humano en el proceso de producción, algunos de los logros serán:

- 1.- La reducción del espacio ocupado por una planta de producción, pues se necesitarán inventarios menores.
- 2.- La aceleración de la producción al poder optimizar todo el proceso.
- 3.- La localización de los centros de producción podrán estar cercanos a los centros de consumo, al volverse factible económicamente la producción a baja escala.

El papel que jueguen los robots en la fábrica del futuro no será importante por el número de trabajadores que reemplace, sino por que tan bien se incorpore

dentro de su estructura. Aunque es en la industria donde los robots van a tener un mayor impacto en el futuro inmediato, existen otras aplicaciones de interés. Una de ellas es la exploración de ambientes hostiles, sirvan dos ejemplos como muestra: Los vehículos de los programas espaciales de exploración, como Viking y Voyager, requieren de cierto grado de autonomía para poder resolver problemas inmediatos. Esto se debe a que el tiempo que necesitarían operadores humanos, localizados en la Tierra, para recibir el problema, decidir y responder con la acción adecuada, es demasiado largo, debido a las distancias involucradas; los resultados podrían ser catastróficos. Otro ejemplo son los vehículos de inspección de plantas nucleares, que pueden trabajar en zonas demasiado peligrosas para los operadores humanos, por el alto nivel de radioactividad.

También en medicina se han logrado avances importantes en el uso de robots, como son en teletesis, en donde robots son controlados por personas tetrapléjicas que usan aquellas partes de su cuerpo en las que conservan movimientos voluntarios.

El robot es el primer dispositivo automático de propósito general, cuya principal función es la de ayudar al ser humano en tareas no creativas. Entre más "inteligente" sea un robot, mejor servidor será.

### 2.3 su aplicación.

Hasta ahora hemos hablado del robot de una manera muy general en cuanto a sus aplicaciones potenciales, sólo se mencionó la aplicación de aquel primer robot vendido a la General Motors, que fue usado para la operación de inyección de aluminio; por lo que ahora hablaremos de las aplicaciones más generales en las que los robots pueden ser implementados, se irán listando cada una de ellas, con una breve explicación de lo que son.

## PICK-AND-PLACE (TOMADO Y COLOCADO).

Esta operación, que es el proceso de tomar una o unas partes de un lugar y colocarlas en otro, es la aplicación más común que se encuentra en la industria. La colocación de partes en palletes, así como su extracción, es, probablemente, la forma más común de la operación del tomado y colocado (pick-and-place, en inglés), aunque también puede ser usado para la orientación de partes para otra estación de trabajo. Los robots ofrecen ciertas ventajas en esta operación, ellos tienen la capacidad de manejar objetos pesados, ligeros, calientes, fríos o frágiles. El uso de robots ha dado excelentes resultados en el manejo de materiales frágiles hechos de vidrio o metal pulverizado. En el área del manejo de objetos pesados, el robot puede eliminar la necesidad de tener dispositivos mecánicos muy costosos para mover dichos objetos pesados. Los robots usados en el manejo de objetos livianos dan muy buena velocidad de operación, mientras que mantienen un muy alto grado de exactitud y repetitividad. Los robots menos sofisticados son los más indicados para este tipo de operaciones de pick-and-place.

## CARGA/DESCARGA.

Un robot puede ser usado para cargar y descargar partes en varias operaciones de producción. Una de las ventajas de emplear robot para este tipo de operación, es la reducción de accidentes personales, ya que usando estos robots en esas operaciones hay menos probabilidad de accidentes por parte de los trabajadores.

## SOLDADURA.

Es esta una de las primeras aplicaciones para las que se destinó un robot, ya que esta operación representa un peligro potencial para el operario ya que el ambiente de trabajo de dicha operación es, un ambiente sucio, extremadamente caliente y muy agobiante. El robot ofrece ventajas para la operación ya que su exactitud para la localización de los puntos a soldar es extremadamente alta y con un grado de repetición muy alto.

## PINTURA EN SPRAY.

En esta operación, lo que se logra al introducir robots, es el no tener a los operadores expuestos a los solventes y químicos que pueden afectar la salud de los mismos por tanta exposición a ellos, también, que el robot ofrece un patrón uniforme de pintado ya que no se tienen variantes ocasionadas por fatiga o distracción que muchas veces se presentan con los trabajadores. Para realizar esta operación, al momento de su programación, se necesita un operador experimentado que sea el que "guíe" al robot por toda la trayectoria de pintado, para asegurar que el robot cubrirá todas las partes que se necesitan pintar al momento de estar ya en la modalidad operativa el robot por sí solo.

#### OPERACIONES DE ENSAMBLE.

El usar un robot para ensamblar componentes o productos, está recibiendo la mayor atención, ya que los robots, junto con otros equipos periféricos, están siendo usados para ensamblar calculadoras, relojes, ensamblajes de tarjetas electrónicas, alternadores de automóviles, motores eléctricos y un sin número de operaciones distintas.

Es en este campo donde los robots tienen un potencial muy alto, ya que muchas empresas, con el afán de reducir costos, están analizando la alternativa de la automatización ya que de hecho, las operaciones de ensamble, representan 50% del costo de la mano de obra directa de un producto.

Ahora bien, para que los robots puedan ocupar, con éxito, esta labor de ensambladores, su tecnología debe ser perfeccionada, como el mejorar su sistema de sensores de posicionado, mejorar su exactitud de colocación, así como también el lograr que sea constante su exactitud.

Al ver esto, se podría preguntar, ¿por que las operaciones de ensamble son tan complicadas y cómo pueden dejar de serlo?

Un análisis minucioso a muchos productos revelaría que no fueron diseñados para ser ensamblados automáticamente, sino manualmente. En el pasado, los ingenieros de desarrollo, diseñaban productos sin pensar mucho en el proceso de manufactura. Los procesos y rutas de manufactura eran aspectos que se dejaban a los ingenieros de manufactura.

Ahora la filosofía está cambiando. Ingenieros de manufactura están trabajando con los diseñadores en las etapas primarias del diseño, puesto que ahora, una de las primeras preguntas que el diseñador debe de hacer es, ¿cómo va a ser ensamblado el producto? Si el producto va a ser ensamblado por robots u otro equipo automatizado, entonces las guías para el ensamble automatizado deben seguirse. La principal ventaja que ofrece un robot en este tipo de operación es, que libera al operario de un trabajo fatigoso por el aburrimiento; también se logra incrementar la productividad ya que el robot trabaja a un paso constante, siguiendo un mismo patrón de trabajo.

#### INPECCION.

Los robots también pueden realizar tareas de inspección, ya que utilizando sensores de visión en los robots, se pueden checar partes para verificar que no haya faltantes, o sobrantes en ella. Los robots pueden ser usados también, para colocar medidores o más complejos sistemas de medición, también pueden programarse para que el robot disponga de las partes que se encontraron defectuosas. Un robot puede ser usado para una inspección al 100% del producto, ya puede esta operación puede ser incorporada a otra operación. También, el robot tiene la habilidad de inspeccionar partes en movimiento y obtener resultados consistentes.

Hasta aquí, hemos hablado de las diferentes aplicaciones que puede tener un robot industrial, ahora, hablaremos de la aplicación del robot de nuestro estudio.

Hemos dicho que una de las aplicaciones en las que los robots han sido muy comúnmente usados, es la aplicación de pick-and-place (o tomado y colocado, en castellano), pues bien, esta estación de sellado, es básicamente eso, una operación donde se toma una pieza pequeña de plástico de un nido, para posteriormente colocarla sobre una base también plástica para unir las y sellarlas, esto último, a base de ultrasonido.

Para esta operación era necesaria su automatización, puesto que la pieza de plástico a colocar en la base, dimensionalmente es de 8 mm. de

largo por 3 mm. de ancho por 3 mm. de altura; mientras que, en la base, el área donde se coloca cada una de estas piezas (puesto que son 6 posiciones diferentes), debe de cuidarse que sea exactamente el lugar indicado, ya que una desviación de milésimas, puede ocasionar que el producto terminado (un teclado de computadora) no funcione adecuadamente.

No se podía confiar en el "tino" del operador, había que considerar el aspecto de salud también, ya que el operario estaría expuesto a radiación ultrasónica, la cual, intangiblemente, a largo plazo, puede llegar a dañar el organismo del ser humano. Es por estos dos factores, primordialmente, que se decidió por la automatización de esta operación.

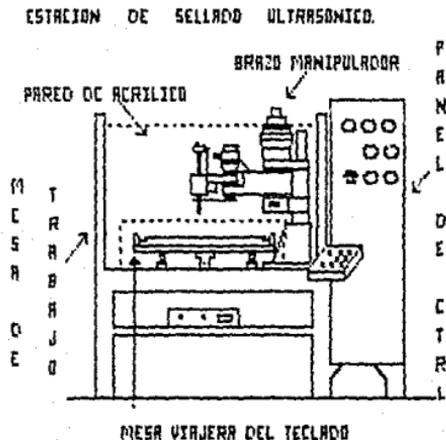
Sumarizando lo visto en esta sección, vemos que el fin principal de usar robots en la industria, es el optimizar las operaciones con problemas o deficiencias, para lograr el objetivo de reducir costos. También vimos como otra finalidad de la automatización es el proteger al operario, quitándolo de un ambiente hostil de trabajo para poder encauzarlo en una área en la que pueda ser más productivo y desarrollarse plenamente.

## EL DISEÑO DE LA ESTACION

### 3.1 Generalidades

Hemos hablado en el capítulo anterior de una estación automatizada que sellará por medio de una onda de ultrasonido dos superficies plásticas. Ahora bien, es la intención que en esta, así como en el capítulo subsiguiente, veamos en forma descriptiva como es que se conceptualiza dicha estación.

Fig. 3.1



En la figura 3.1 vemos una reproducción de lo que es la estación en si; en el dibujo apreciamos una mesa de trabajo la cual a su vez sirve de soporte para el brazo manipulador, cabe hacer notar que el área de trabajo del brazo manipulador está delimitada por unas paredes de acrílico transparente; esto es con el fin de proporcionar un ambiente seguro de trabajo al operador que estará a cargo de hacer funcionar la estación, puesto que como habíamos dicho en el capítulo primero, sobre seguridad industrial, esta estación, por sus características funcionales está sujeta a reglamentación por parte de las autoridades sanitarias de los Estados Unidos de Norteamérica por las razones que a continuación explicamos;

#### 1.- El manejo de ondas de ultrasonido.

Se ha establecido que el cuerpo humano en su estructura interna no puede tolerar "radiación" excesiva de ondas de ultrafrecuencia sin que esto le ocasiona daños serios a su estructura genética. Es por esto, que poniendo una "barrera" física entre el operador de la estación y la estación misma permite que la radiación se minimice a un grado que puede ser tolerable.

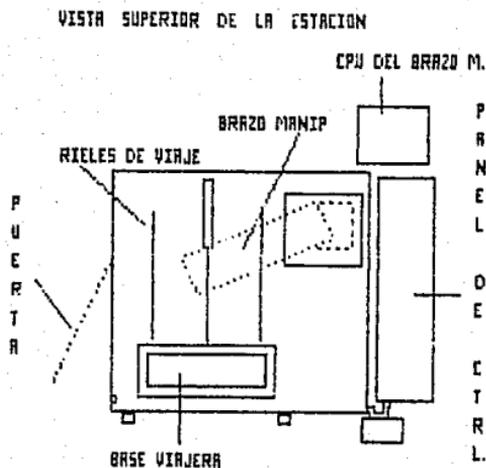
#### 2.- Movimientos de "abanico" del brazo manipulador.

Como se verá en el siguiente capítulo, el brazo manipulador es accionado físicamente por motores en sus diferentes puntos de flexión, pero este accionar es en el menor tiempo posible, puesto que también interviene la variable tiempo en el funcionamiento del brazo, así que el mismo, siempre trazará la ruta más corta entre su posición actual y la siguiente para ahorrar movimientos, esto hace, que dichos cambios de posición los haga a alta velocidad, lo cual representa un peligro potencial de golpear a alguien que se encuentre dentro del "campo de acción" del brazo manipulador. Por esto, se aísla al brazo para evitar que el operador por cualquier razón tenga que meter las manos o cabeza dentro del "campo de acción" del robot y esto se logra mediante las paredes de acrílico (bastante grueso).

Las paredes de acrílico de las que hemos estado hablando, se encuentran fijas a los postes de la estación siendo únicamente una de ellas móvil (puerta), esto, con el fin de permitir al operador o técnico de mantenimiento realizar labores de ajuste,

limpieza y mantenimiento de la estación. Dicha puerta tiene un "switch" interruptor de energía el cual acciona al abrir dicha puerta y acciona cortando la energía al brazo manipulador, esto, con el fin de evitar que alguien quiera accesar el área de trabajo del manipulador sin antes haberlo desconectado y así, evitar un accidente que pudiera ser fatal si el brazo llegara a golpear a la persona en la cabeza.

Fig. 3.2



La figura 3.2 es la vista superior de la estación, aquí se aprecia la posición relativa que guardan cada uno de los elementos de la misma con respecto a los otros. En los siguientes incisos de este capítulo veremos cada uno de los elementos que componen la parte mecánica de la estación, posteriormente en el siguiente capítulo veremos el brazo manipulador y su funcionamiento.

### 3.2 Diseño Mecánico

Como vimos en el inciso anterior y en las figuras 3.1 y 3.2 los elementos principales de la estación son su MESA DE TRABAJO, su ROBOT MANIPULADOR con su UNIDAD CONTROLADORA, su MESA VIAJERA, sus NIDOS RECEPTORES, así como todos los dispositivos de seguridad con que cuenta la estación para su buen y seguro funcionamiento, comencemos pues, con el descriptivo de cada uno de esos dispositivos.

#### 3.2.1 Base Viajera

En la figura 3.3 se aprecia el dibujo de construcción de la base, básicamente la base consta de una plancha de acero que sirve como "cama" a la base en la cual se monta el teclado. Ambas bases se ajustan mediante agarraderas con rosca para su sujeción firme de la base superior (la base acanalada) y la inferior ("cama" de acero); además de contener estas dos bases, la base viajera también contiene la "regleta" de los nidos receptores de los "retenedores" (keepers).

BASE UTAJERA

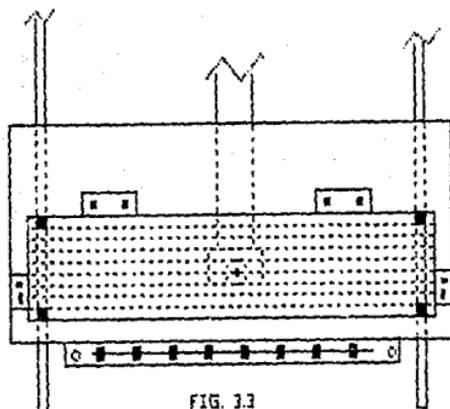
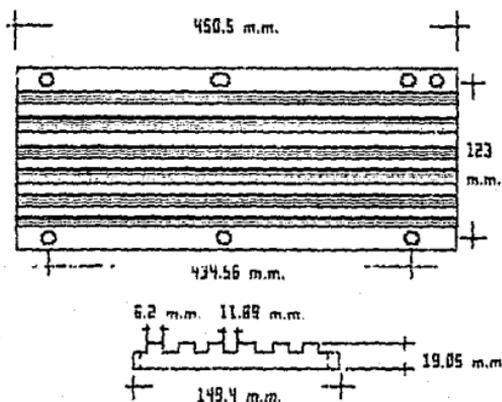


FIG. 3.3

Los canales de la base superior son con el fin de proporcionar estabilidad a la base del teclado para que a la hora de montarla no quede floja y lo cual pueda ser motivo de una mala operación de sellado. En la figura 3.4 se ilustra el detalle de construcción de la base superior (acanalada) donde se monta la base del teclado a sellar.

Fig. 3.4

BASE SUPERIOR



El conjunto de estas dos bases metálicas está "flotando" en la mesa de la estación gracias a que, para efectos de movimiento, corre por dos rieles los cuales son los que están fijos a la mesa de la estación. La acción de deslizamiento de la base sobre los rieles se logra mediante un juego de 4 deslizadores tipo abrazadera. Para que se de esta acción de movimiento de la base viajera sobre los rieles, de manera suave y "programada", tiene una flecha accionada neumáticamente para recorrer la base de la posición cero (original) a la posición de trabajo dentro de la mesa de la estación y al finalizar el ciclo, regresar la base de nuevo a la posición original.

La base viajera en su conjunto, como hemos visto, tiene la función de transportar la base del teclado a ser objeto de la operación de sellado desde la posición cero (original) fuera del entorno del área de trabajo del manipulador, donde el operador de la estación descargará la base del teclado ya sellada y a su vez, colocará nuevos "retenedores" en los nidos para comenzar la operación de nuevo. Esta operación de movimiento de la base viajera es, básicamente la de esperar el accionar de los botones de arranque (2) para que accione la flecha hacia adentro para "jalar" la base a su posición de trabajo, esperar que el manipulador termine su rutina de sellado, para posteriormente volver a accionar la flecha ahora hacia la posición original para que el operador descargue el teclado ya terminado y vuelva a cargar otro, para comenzar un nuevo ciclo; y así sucesivamente.

### 3.2.2 Nidos Receptores

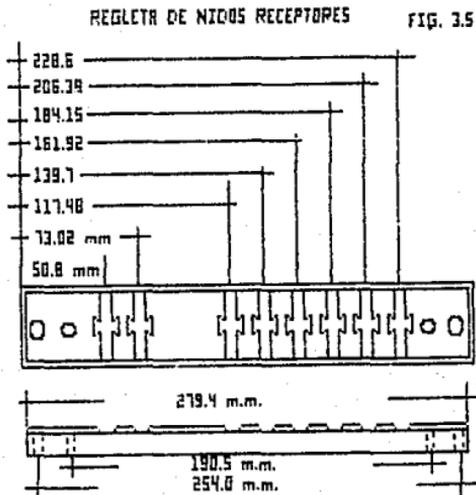
Como mencionamos en el inciso anterior, la "regleta" de los nidos receptores se encuentra ubicada también en la base viajera, ya que esta regleta también acompaña a la base portadora del teclado para que, estando en el área de trabajo, el robot manipulador viaje distancias mínimas para:

- 10.- Ir y tomar todos y cada unos de los "retenedores" (keepers) a ser colocados en la base del teclado.

2o.- Ir y colocar esos "retenedores" en su posición en la base del teclado y sellarlos mediante ultrasonido.

En la figura 3.5 se muestra dicha regleta ilustrando todos los nidos receptores, los cuales, son con la forma del "retenedor", esto, con el fin de que dichos "retenedores" ajusten perfectamente en ellos sin que haya movimiento alguno, ya que el brazo manipulador irá a buscar a cada "retenedor" en esa posición específica que corresponde a las coordenadas que se alimentan en su programación. Como veremos en el siguiente capítulo, el brazo manipulador no se guía mediante sensores de posición relativa a objetos (acercamientos), sino mediante coordenadas identificadoras de posición, o sea, el brazo no podrá tomar un "retenedor" si no está este último, en la posición que corresponde a la coordenada "enseñada" al brazo para ir y tomar esa pieza.

Fig. 3.5



### 3.3 Diseño Electrico y Neumático.

Hasta aquí hemos visto como está compuesta la estación en cuanto a sus partes mecánicas que le dan cuerpo, solidez y movimiento. Ahora bien, toca el turno de explicar como es que todo eso que hasta ahora hemos visto, entre en funcionamiento y que a su vez, ese funcionamiento lo haga de manera ordenada y sobre todo, bajo control.

Lo anterior se logra mediante una serie de dispositivos electricos y neumáticos, los cuales ejecutaran mediante una serie de apertura y cierre de contactos, toda la secuencia necesaria para el funcionamiento de la estación.

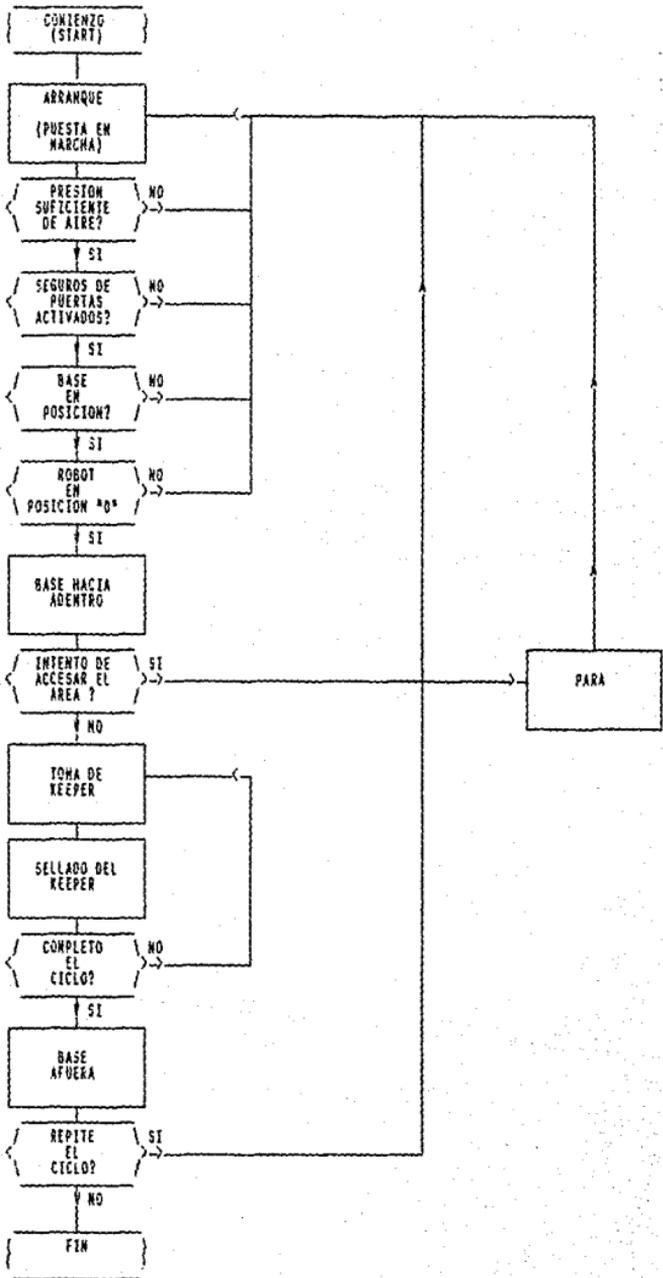
#### 3.3.1 Sistema Neumático.

El sistema neumático de la estación es muy simple, consta de válvulas de paso para controlar el flujo de airea para alimentar el brazo del robot que es lo que más consume aire en la estación.

También alimentarán al pistón encargado de colocar en posición de trabajo (dentro) a la base viajera, así como de regresarla a su posición "cero" en el exterior de la misma estación.

#### 3.3.2 Sistema Electrico.

A continuación, mediante un diagrama de flujo se ilustra la secuencia de funcionamiento de la estación.



Del diagrama vemos que, según la secuencia, después que se ha encendido la estación y que se ha asegurado el suministro de aire a presión para la misma, se procede a arrancar la estación.

1.- Es entonces, cuando la estación realiza un "chequeo" para verificar si efectivamente puede arrancar o no, y lo hace llenando a verificar que la puerta de acceso no este abierta, después, que hay suficiente presión de aire, que la base viajera está en su posición, así como que el brazo del robot este también en su posición "cero" (home).

2.- Una vez realizado esto y que comprueba que todo está "en orden" procede a mandar la señal para "jalar" la base hacia adentro del área de trabajo.

3.- La forma como el controlador sabe que la base ya está en posición de trabajo es mediante un switch (2\_REED).

4.- Una vez que la base esta en su posición de trabajo, se habilita el foto sensor que está colocado en la posición "cero" de la base, en el exterior de las paredes de la estación, con objeto de controlar que nadie intente meter la mano por el hueco que deja al no estar la base.

5.- Ya cumplido lo anterior, es cuando el robot recibe la señal de empezar a funcionar, llenando primero por un "keeper", tomarlo para luego colocarlo en su posición en la base metálica, bajarlo y sellarlo mediante una onda de ultrafrecuencia.

6.- El paso anterior, se repite una y otra vez hasta que el robot termina su rutina (ver capítulo siguiente) y es cuando manda una señal al controlador (DIGITAL OUTPUT) indicándolo.

7.- Es entonces, cuando el controlador manda la señal para "sacar" del área de trabajo la base viajera para que el operario proceda a su cambio.

Al mismo tiempo, posiciona el brazo del robot en su posición de "home" para esperar el arranque de otra operación de sellado.

Cabe hacer notar, que mientras la estación realiza todos estos pasos, los pasos número 1 y 4 (de "chequeo") siempre está activo, para evitar que suceda un incidente de seguridad.

En las siguientes tres figuras se ilustra el diagrama electrico de la estación para realizar por medio de relevadores los pasos explicados.

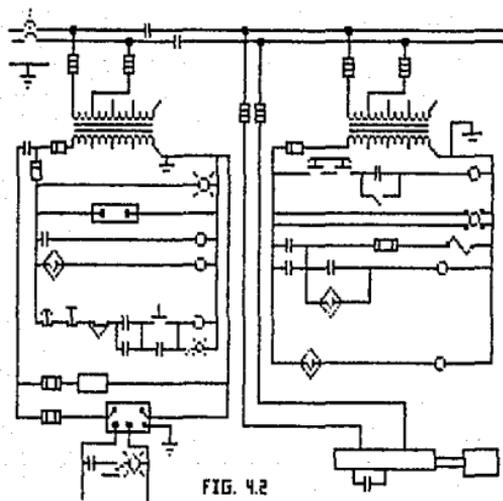


FIG. 4.2

FIG. 4.2-R

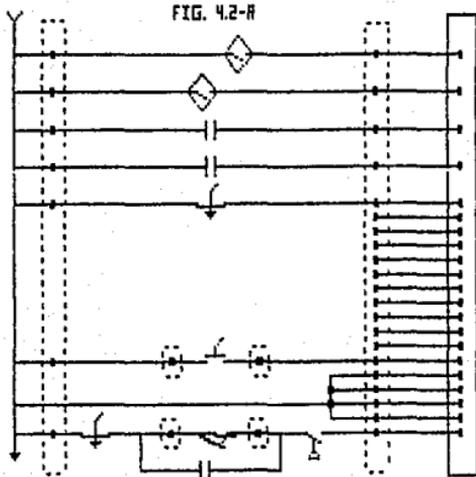
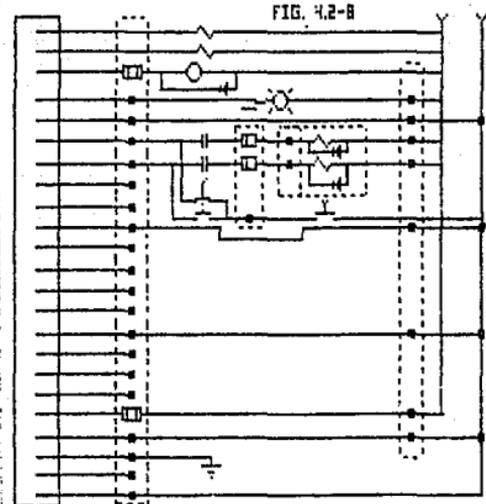


FIG. 4.2-B



## EL ROBOT MANIPULADOR

### 4.1 Descripción del Sistema.

Retomando las figuras 3.1 y 3.2 del capítulo anterior, podremos ver, en la primera, el arreglo de la estación.

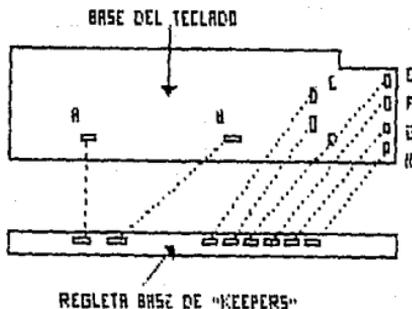
En la figura 3.2, se ve como el brazo manipulador está ubicado en la esquina posterior derecha de la mesa de trabajo, a partir de ahí, es donde se considera el centro de la estación, un centro relativo, puesto que es el centro que el manipulador considera para sus cálculos de trayectorias de viaje.

Refiriendonos de nuevo a la figura 3.1, las operaciones a efectuar por el brazo manipulador son relativamente sencillas, dado que no viajará de un lado a otro para tomar componentes, como se da en la mayoría de las aplicaciones en las que se implementa un dispositivo de esta naturaleza, sino que su trayectoria más larga será la inicial, que es el recorrer desde su posición de espera (stand-by) hacia los nidos receptores para tomar una parte la cual se le ha denominado retenedor (keeper), por la función que realiza ya en el teclado, para luego llevarla a su posición en la base plástica del teclado y sellarla mediante un impacto ultrasónico sobre los materiales.

La figura 4.1 muestra el detalle del posicionado de los retenedores (keepers) a sellar en la base plástica de un teclado, así como también su posición en sus respectivos nidos receptores.

FIGURA 4.1

POSICIONES DE "KEEPERS" EN EL TECLADO



- A 3 II POSICION DE LA BARRA ESPACIADORA
- C y D TECLA DE "ENTER" (INTRO)
- E y F TECLA ARITMETICA DEL MAS (+)
- G y H TECLA AUXILIAR DE "ENTER" (INTRO) FIG 4.1

Describiendo las operaciones de la estación a manera de pasos programados y repetitivos se puede resumir la función de la estación a los siguientes pasos:

TOMA DEL RETENEDOR (KEEPER)

POSICIONADO DEL RETENEDOR EN LA BASE PLASTICA

SELLADO ULTRASONICO DEL RETENEDOR

Estos tres pasos, se repiten de igual forma, para cada uno de los ocho retenedores que se colocan en la base plástica del teclado.

Son tres pasos, sencillos, pero que si alguna persona los quisiera hacer a mano y garantizando que colocará cada retenedor dentro de su área especificada sin desviarse no sólo en un teclado sino en cientos que se tengan que hacer en un día de producción, veremos que es "prácticamente" imposible llevarlo a cabo sin que le cueste a la empresa cientos de teclados rechazados por fallas de ubicación, muy naturales en el ser humano, esto, significando un gran costo de manufactura del producto.

## 4.2 Selección y características del Robot.

En las siguientes dos secciones de este capítulo, veremos el detalle de construcción del fabricante original del brazo manipulador y se harán comentarios a cada parte importante del mismo para explicar cuáles son los controles con los que cuenta este modelo de brazo manipulador que se seleccionó para esta estación de trabajo.

Cabe hacer notar, que el modelo de robot manipulador que se empleó para la construcción de esta estación de sellado, fue un robot marca IBM modelo 7535, diseñado en los Estados Unidos y construido en Japón por una subsidiaria de la Corporación (IBM Japón LTD.)

### 4.2.1 Su Brazo Manipulador

El manipulador es una estructura de dos brazos unidos con cuatro grados de libertad, en la figura 4.3 se ilustra el brazo manipulador.

Fig. 4.3

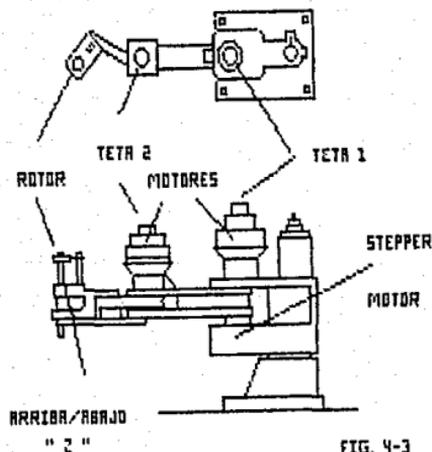


FIG. 4-3

Las uniones del brazo, llamadas EJE TETA 1 y EJE TETA 2, dan dos grados de libertad por medio de sus movimientos de "abanico". La rotación del fin del brazo, llamada EJE ROTOR, da el tercer grado de libertad. También el fin del brazo provee el cuarto grado de libertad a través de una flecha vertical llamada EJE Z (zeta).

En la figura 4.4 se muestra un dibujo al detalle de los motores que dan los dos primeros grados de libertad del brazo (TETA 1 y TETA 2).

MOVIMIENTOS DE LOS EJES TETA 1 Y TETA 2  
Fig. 4.4

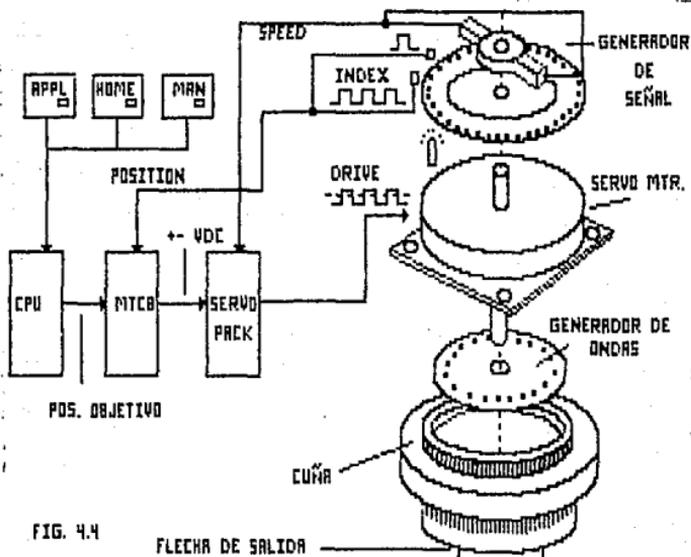


FIG. 4.4

FLECHA DE SALIDA

En la figura 4.4 podemos observar lo siguiente:

- 1.- La FLECHA DE SALIDA ( 1 ) está sujeta al brazo del manipulador.
- 2.- La CUÑA del reductor armónico está soldada a la flecha de salida y es manejada por el generador de onda que está acoplado a la fleca del motor.
- 3.- El SERVO MOTOR de corriente directa está controlado por pulsos.
- 4.- Los 500 pulsos de tiempo y el pulso de índice provenientes del codificador, proveen la información de posición a la TARJETA CONTROLADORA DEL MOTOR (MTCB).
- 5.- El GENERADOR DE SEÑAL DE VELOCIDAD de corriente directa, provee la señal de retroalimentación con la información de la velocidad del motor, en forma de voltaje de corriente directa (DC) el cual es proporcional a la velocidad.

6.- El "SERVO PACK" recibe la señal proveniente de la tarjeta controladora del motor (MTCB) y ajusta al servo motor a la velocidad y dirección adecuadas.

7.- La tarjeta controladora del motor (MTCB) compara la "posición" (del punto 4) con la posición "objetivo" (en el punto 8) y envía el voltaje de control adecuado al "Servo Pack".

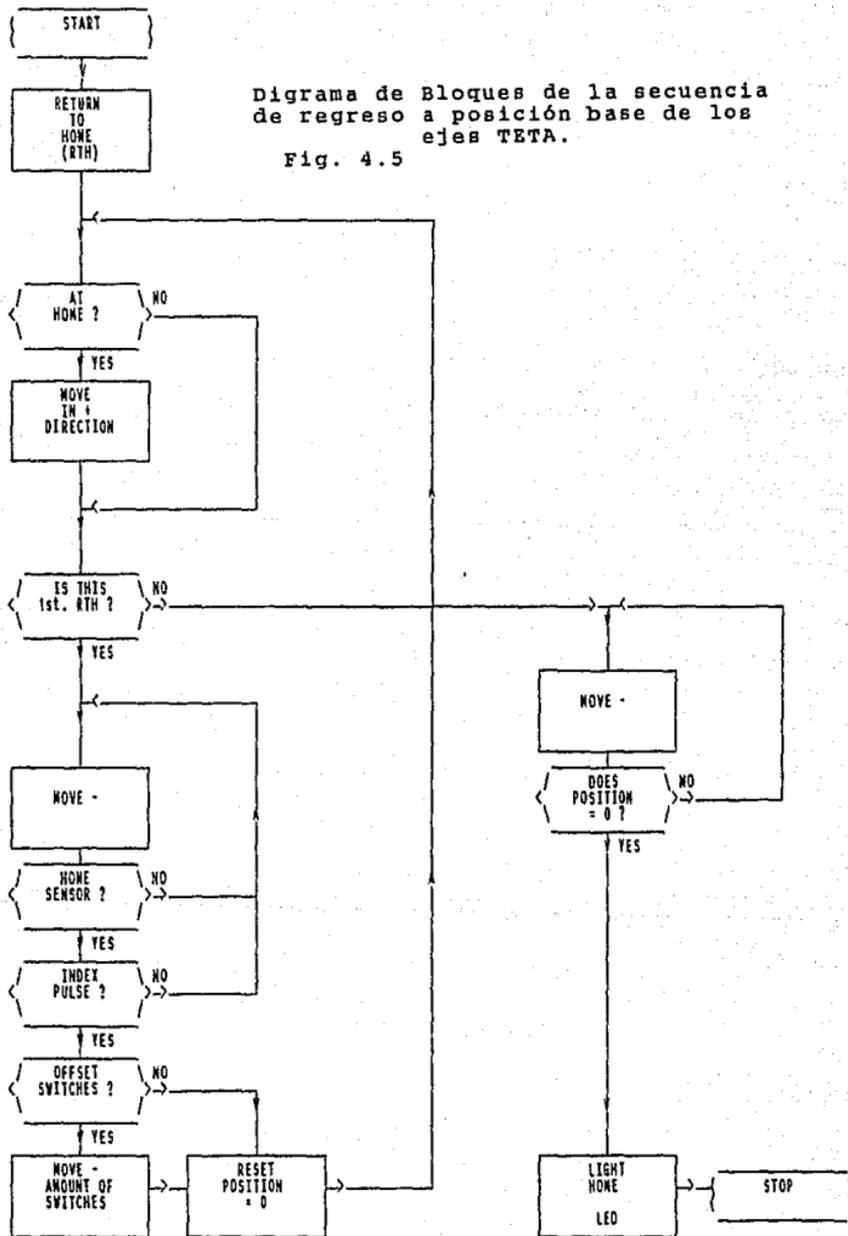
8.- El CPU recibe las instrucciones y calcula la posición "objetivo". Dicha posición objetivo es enviada del CPU a la tarjeta controladora del motor.

Todo esto es un Sistema Cerrado.

En la figura 4.5 se ilustra el diagrama de bloques de la secuencia de regreso a posición "base" (RTH por RETURN TO HOME, en inglés) para los ejes TETA.

Digrama de Bloques de la secuencia de regreso a posición base de los ejes TETA.

Fig. 4.5



Esta figura muestra los sensores de la posición "base" de los ejes TETA.

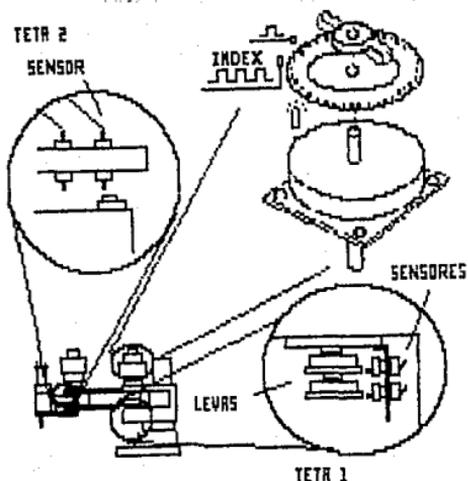
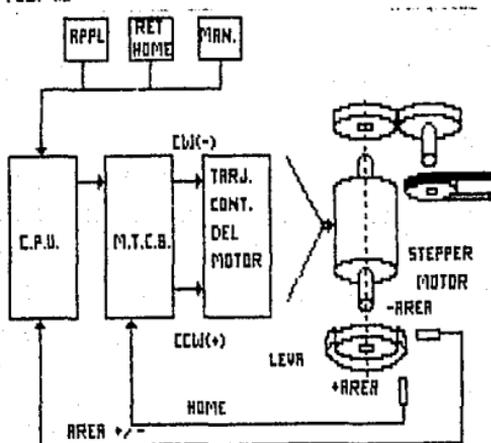


FIG. 4.6



Movimientos de Eje Rotor

Fig. 4.7

## MOVIMIENTOS DEL EJE ROTOR

En la figura 4.7 podemos leer lo siguiente:

1.- La flecha superior del "stepper motor" (motor de pasos) gira el eje rotor a través de un sistema de engranes, bandas y poleas.

2.- Una leva en la flecha inferior del motor se usa para proporcionar la información de posición actual así como la posición de base (home position).

3.- El voltaje de la tarjeta controladora del stepper motor es de + 24 Volts de CD.

4.- La tarjeta controladora del stepper motor envía una secuencia de fases al motor, lo que hace que el motor de "pasos".

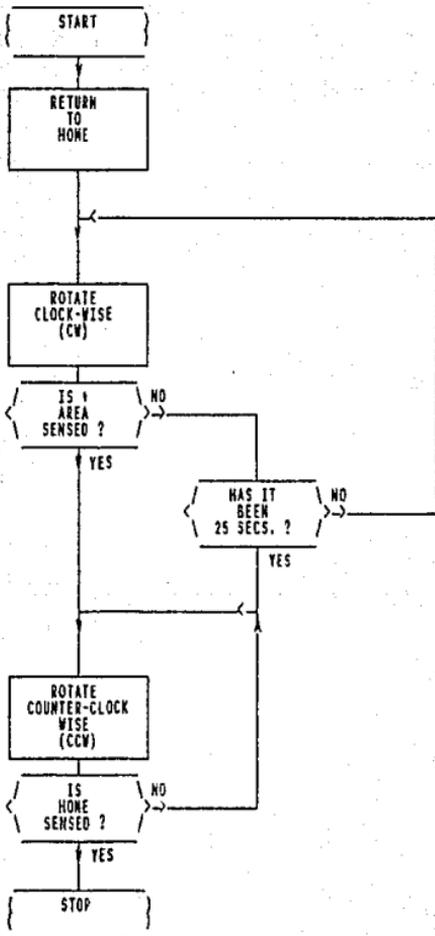
5.- La tarjeta controladora del motor (MTCB, en la previa sección) envía la señal de dirección a la tarjeta controladora del motor stepper hasta que el movimiento está completo.

6.- El CPU envía la dirección y la cantidad de movimiento a la tarjeta controladora del motor (MTCB).

Esto es en un Sistema Abierto (sin retroalimentación).

Diagrama de Bloques de la  
secuencia de regreso a  
posición base del eje  
rotor.

Fig. 4.8



En la figura 4.8 se ilustra el diagrama de bloques de la secuencia de regreso a posición base (home position).

- Cuando una secuencia de regreso a posición base (RTH, por Return To Home) es iniciada, la leva gira en sentido horario (de las manecillas del reloj), esto, visto desde arriba.

- El sensor de área busca el área positiva (+Area) de la leva.

- Cuando el área positiva es encontrada, el stepper motor gira en sentido antihorario (contra las manecillas del reloj) hasta que el sensor de posición base (home sensor) sensa la marca de "home".

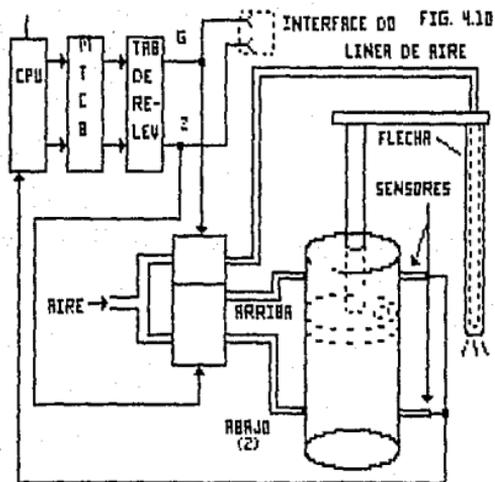
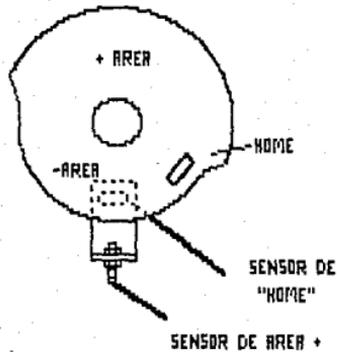
#### NOTA:

Si el stepper motor ha girado demasiado en sentido horario, sin que una secuencia de regreso a posición base sea iniciada, el motor intenta girar en sentido horario por aproximadamente 25 segundos para posteriormente se regresa en dirección antihorario hasta que alcanza la marca de posición base.

La figura 4.9 ilustra la vista desde arriba de la leva del stepper motor.

# Leva del Stepper Motor

Fig. 4.9



OPERACION DEL EJE "Z" Y DEL SUJETADOR

Fig. 4.10

## OPERACION DEL EJE "Z" Y DEL SUJETADOR

En la figura 4.10 se ilustra el sistema del eje "Z" así como el del sujetador (gripper).

1.- La flecha "Z" es controlada por un cilindro de aire que está conectado a la válvula de control de flujo.

2.- El sujetador también está conectado a la misma válvula de control de flujo de aire.

3.- Las válvulas de control de flujo operadas por solenoides, son activadas (abierto y cerrado) por relevadores en el tablero de relevadores del brazo manipulador.

4.- Estos relevadores tienen dos juegos de puntos: uno es para la operación del solenoide y el otro es para la interface externa de SALIDA LOGICA (DO). La interface externa de SALIDA LOGICA (DO) permite al programa de aplicación monitorear la señal hacia las válvulas solenoides.

5.- Switches sensores en el cilindro de aire proveen retroalimentación al CPU a través de puntos de ENTRADAS LOGICAS (DI)

### 4.2.2 Su Unidad Controladora.

La unidad controladora contiene la mayoría de la electrónica necesaria para controlar la operación del manipulador. Un microprocesador coordina los movimientos del manipulador y monitorea su velocidad y posición.

Los Dispositivos Externos están también sincronizados con el manipulador a través del uso de puertos de ENTRADAS LOGICAS (DI) y SALIDAS LOGICAS (DO). Estos puertos monitorean el cierre de switches externos al sistema (DI) o cierran relevadores (DO) permitiendo que ocurran diferentes eventos.

La unidad controladora recibe y almacena sus programas de control desde el dispositivo de programación, entonces es cuando mueve al manipulador ejecutando el programa específico.

El programa de aplicación instruye a la unidad controladora en cuales puertos deberá monitorear, la cantidad de tiempo que deberá esperar para que ocurra un evento y el tipo de condiciones a esperar.

Las tres tarjetas principales dentro de la unidad controladora son:

- LA TARJETA DEL CPU

La cual contiene un microprocesador, circuitos de almacenamiento así como de interface y comunicaciones.

- LA TARJETA CONTROLADORA DEL MOTOR (MTCB)

Contiene el microprocesador de rotación y circuitos para controlar los movimientos así como sean dirigidos por el CPU. Esta tarjeta mantiene el rastro de los movimientos a través del uso de señales de entrada provenientes del manipulador.

- LA TARJETA RELEVADORA.

Contiene relevadores, distribución de potencia y circuitos de interface.

La tarjeta de funciones ampliadas, que contiene algunos circuitos de comunicaciones, de movimientos en línea recta, está también, incluida en la unidad controladora.

Dijimos en párrafos anteriores que la unidad controladora recibe y almacena sus programas desde un dispositivo de programación, pues bien, dicho dispositivo de programación es una COMPUTADORA PERSONAL, la cual ofrece flexibilidad en el desarrollo de aplicaciones para el sistema.

Esta Computadora Personal (PC en inglés) debe estar conectada a la unidad controladora del manipulador cuando se le este instruyendo al sistema sobre las coordenadas de una aplicación así como cuando se estén transfiriendo programas a las particiones de almacenamiento de la unidad controladora. Esta Computadora Personal puede estar desconectada del sistema cuando se estén desarrollando nuevos programas o aplicaciones no relacionadas al funcionamiento directo del sistema, o si se prefiere, puede permanecer permanentemente conectada al sistema para mantener un monitoreo constante del funcionamiento del mismo.

Hemos hablado también de que el sistema se retroalimenta y acciona a través de ENTRADAS LOGICAS (DI) y SALIDAS LOGICAS (DO), a continuación mostraremos un esquemático de funcionamiento de cada una.

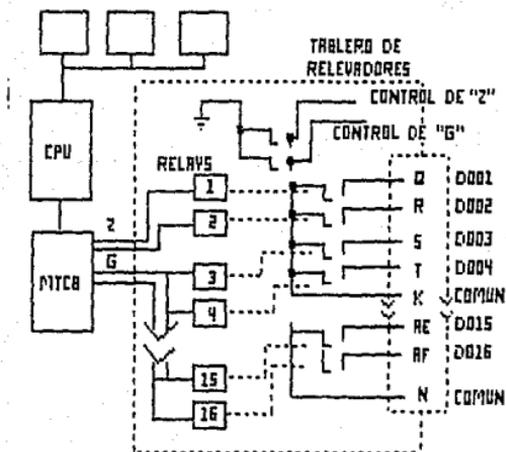
## SALIDAS LOGICAS (DO)

En la figura 4.11 se muestra un diagrama de bloques del circuito de salida l6gica (DO).

Los comandos de salida provenientes del programa de aplicaci6n o del panel de operaci6n del sistema, energizar6n los relevadores de Salidas L6gicas (DO), lo cual a su vez provee un contacto de cierre para dispositivos externos. Los dispositivos externos deben proveer voltaje (24 VCD, m6ximo) y su corriente est6 limitada a 2 AMP por contacto.

## SALIDAS LOGICAS (DI)

Fig. 4.11



## ENTRADAS LOGICAS (DI)

En la figura 4.12 se muestra el diagrama de bloques del circuito de entrada lógica (DI).

Los comandos de entrada provenientes del programa de aplicación prueban los puntos de entradas lógicas (DI) buscando un "abierto" ( cero lógico ) o "tierra" ( uno lógico ) de un dispositivo externo.

Los puntos de entradas lógicas 1 y 2 en la figura son usados por el sistema para detectar la posición de la flecha del eje " z ".

Fig. 4.12

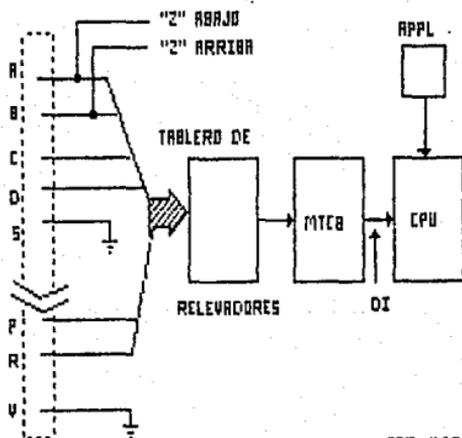


FIG. 4.12

#### 4.3 El Dispositivo Ultrasónico.

Ya hemos visto una breve descripción de lo que son, la mesa de trabajo (cap. 3) así como el robot manipulador (4.2). También dijimos que la finalidad de esta estación automatizada de sellado, era para hacer un sellado ultrasónico.

Cuando en algún proceso de ensamble y/o manufactura se desea soldar partes plásticas de tamaños muy reducidos, resulta incosteable así como muy errático el realizar esa operación usando pegamentos químicos; esto es, debido a que un buen pegamento a base de sustancias químicas suele acarrear el problema de que "disuelve" parte del área a pegar, si a esto le aunamos que la superficie a pegar es muy pequeña (menos de 3 milímetros cuadrados) nos encontramos que el pegamento terminará "prácticamente" disolviendo la pieza a pegar.

Es por lo anterior, que investigando el comportamiento molecular de los polímeros, se descubrió que si una superficie plástica se veía expuesta a una onda de muy alta frecuencia, el resultado era que sus moléculas se aceleraban al grado de formar nuevos enlaces moleculares. Aplicando lo anterior en la práctica, se puede sustituir el uso de pegamentos químicos que representan problemas potenciales, como el mencionado principalmente, por un "pegado" a base de ultrasonido, el cual resultará más seguro y eficaz para obtener un buen sellado de dos superficies plásticas.

El único inconveniente que este metodo representa, es el alto costo del dispositivo transmisor de la onda ultrasónica; dicho material tiene que ser un metal capaz de vibrar a muy alta frecuencia sin presentar "atenuación" o resistencia alguna (o al menos mínima) a la propagación de la onda sobre su estructura, dicho material se ha confirmado que es el TITANIO, el cual es muy escaso en nuestro planeta y solamente unos cuantos países poseen la tecnología apropiada para procesar e industrializar dichos dispositivos de ultrasonido.

En la figura 4.13 se ilustra pictóricamente el dispositivo que se seleccionó para nuestra estación de sellado por ultrasonido.

Fig. 4.13

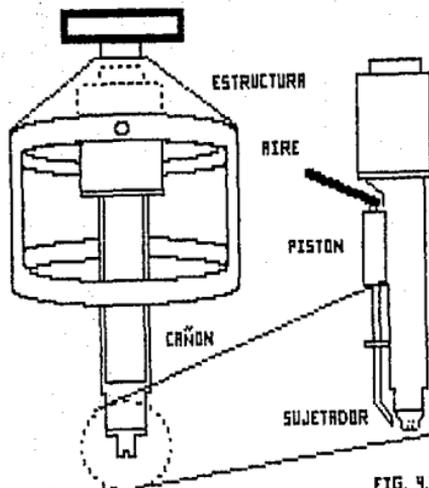


FIG. 4.13

Refiriendonos al dibujo vemos que el dispositivo es en sí muy sencillo en su estructura, consta de un "CAÑON" que se encarga de concentrar la onda de ultrasonido hacia la punta donde se ubicará el retenedor plástico a "soldar". Posteriormente se aprecia un "SUJETADOR" que está ensamblado por medio de una bisagra al cañon; este sujetador tiene la función de tomar el retenedor (keeper) y sujetarlo en posición para su posterior colocación en la base plástica del teclado para ser soldado en ella; este sujetador es accionado por medio de un cilindro de aire el cual recibe mediante una señal de salida lógica (DO) proveniente del CPU y a través de la unidad de control del dispositivo de ultrasonido en sí (interface).

Todo lo anterior está incluido en el cuerpo del dispositivo el cual es para darle forma y solidez al mismo.

Todo el material (a excepción del cilindro de aire) es de TITANIO, para evitar que la onda de

ultrasonido se vea afectada por diferentes grados de "atenuación" or resistencia por diferentes materiales.

Para controlar el dispositivo ultrasónico y hacer interface con el CPU de la estación completa (intercambio de señales DO y DI) hay una tarjeta la cual contiene controles en cuanto intensidad de la onda, su frecuencia (variador) así como el tiempo de "ataque" de la onda.

## LA PROGRAMACION DE LA ESTACION

### 5.1 Conceptos Generales.

Hasta el momento, hemos hablado de que la estación cuenta con un robot manipulador, el cual, necesita ser "enseñado" para poder moverse en las direcciones deseadas para la aplicación específica. Pues bien, tal "enseñanza" se le provee al robot mediante una serie de instrucciones contenidas en un programa de aplicación y este, a su vez, es desarrollado y transmitido a la unidad de control del robot manipulador a través de una computadora personal (PC).

En las siguientes dos secciones de este capítulo, trataremos el tema del programa, su aplicación específica así como sus variables.

### 5.2 Requerimientos.

Dijimos que el programa es en realidad un conjunto de instrucciones las cuales son interpretadas por el robot manipulador como movimientos en sus diferentes ejes de rotación (grados de libertad), así como instrucción de soltar o tomar algo mediante su dispositivo de sujeción ubicado en el eje "Z".

Englobando en dos requerimientos básicos para la programación de la estación, lo podemos hacer agrupando dichos requerimientos en dos familias:

1.- REQUERIMIENTOS DE HARDWARE

2.- REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Llámandole "hardware" a todo aquello relacionado

con el equipo físico con el que se manejarán las comunicaciones de la estación (señales) y "software" a toda aquella información que es la base de las instrucciones que seguirán todos los elementos de la estación.

### 1.- HARDWARE:

Se necesita contar con una computadora personal (PC, en ingles) con las siguientes características:

- 640 KB de Memoria RAM
- 1 Disco duro de 20 MB de capacidad y 1 Unidad de diskette (Floppy) ó 2 Unidades de diskette.
- 1 Monitor monocromático
- 1 Tarjeta adaptadora de Comunicaciones Asíncronas
- 1 Cable de comunicaciones RG-232
- 1 Impresora (Opcional)

En la figura 5.1 se ilustra como es el arreglo de conexiones entre la computadora personal y la unidad controladora del robot.

Fig. 5.1

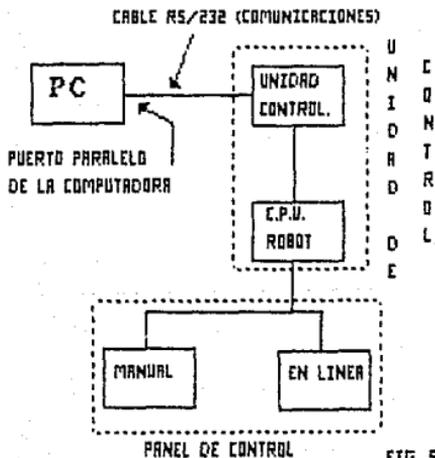


FIG. 5.1

## 2.- SOFTWARE:

Para que sea posible el funcionamiento de la estación, se requiere por el lado de software lo siguiente:

Sistema Operativo (DOS) versión 2.0 ó mayor.

El programa AML ENTRY versión 3.0 ó mayor, el nombre de AML ENTRY significa (en inglés): A MANUFACTURING LANGUAGE ENTRY, lo cual podríamos traducir como el lenguaje de manufactura, esto, por el hecho de que es un lenguaje que se utiliza para sistemas destinados a operaciones de manufactura, con comandos muy sencillos en cuanto a que instruyen (o enseñan) movimientos al robot manipulador a base de alimantar coordenadas y puntos de acción específicos (bajar ó subir el sujetador, sujetar algo, soltarlo, etc.)

### 5.3 El Programa a Aplicar.

Como dijimos en el inciso anterior, el software requerido es el lenguaje de manufactura (AML ENTRY). A continuación daremos una explicación de lo que es este lenguaje y su aplicación directa a la operación de la estación de sellado ultrasónico.

AML/ENTRY (así lo llamaremos, por su nombre en inglés) es un lenguaje orientado más a la generación y ejecución de subrutinas. Una subrutina es una pequeña unidad de un programa con un inicio y final claramente definidos. Las instrucciones que forman una subrutina usualmente se correlacionan lógicamente para lograr un resultado, tal como el mover el brazo.

Dentro de las subrutinas hay comandos del lenguaje AML/ENTRY, los cuales mandan instrucciones a la unidad de control y al manipulador. Los comandos del lenguaje AML/ENTRY son muy similares a comandos en el idioma Inglés. Algunos de estos comandos pueden tener información adicional incluida entre parentesis, tales como nombres, condiciones para decisiones, ó valores de control. Algunos comandos de AML/ENTRY no hacen acción visible alguna. Estos comandos hacen funciones tales

como reservar almacenaje para las variables del programa, nombres y constantes. Estos comandos son considerados no ejecutables.

La computadora personal convierte comandos AML/ENTRY en una forma adecuada de función para la unidad controladora. El programa convertido y enviado a la unidad controladora, es almacenado en una de las cinco (5) particiones de memoria. Estas particiones varían en tamaño de acuerdo al tamaño del programa. Es posible que un programa lo suficientemente grande, use toda la memoria disponible de la unidad controladora.

Cuando el programa es seleccionado y corrido por la unidad controladora, el brazo manipulador ejecuta la secuencia de acciones dictada por el programa. Después que el último comando es ejecutado, la unidad controladora empieza de nuevo al principio del programa de aplicación. La secuencia se repite hasta que se hace algo por parar el programa ya sea a través de la intervención del operador o por condiciones de sobretiempo.

Cuando se transfiere un programa a la unidad controladora desde la computadora personal, el programa permanece residente en la partición de memoria asignada hasta que otro programa de aplicación es transferido (ó cargado) a esa misma partición, ó cuando se ejecuta la función de descarga de programa.

La figura 5.2 muestra varias características de los comandos del lenguaje AML/ENTRY.

Fig. 5.2

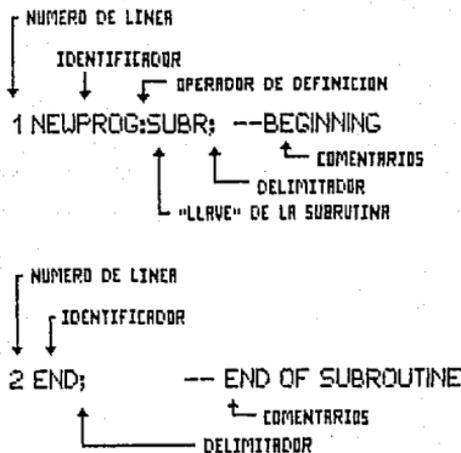


FIG. 5.2

NEWPROG es un identificador, el cual es el nombre para el programa. Las reglas para los identificadores son las siguientes:

- Puede ser de hasta 72 caracteres.
- El primer caracter debe ser alfabetico.
- El resto de los caracteres pueden ser:
  - alfabeticos
  - numericos
  - o subrayas ( \_ )
- Una subraya ( \_ ) no puede ser el último caracter.
- Caracteres especiales, tales como asteriscos, no son permitidos

Un ejemplo de identificador válido es:

STATION1:SUBR; ó STATION\_1:SUBR;

Un ejemplo de identificador no válido:

1STATION:SUBR; ó STATION\*1:SUBR;

Los dos puntos (:) es una definición que siempre

sigue a un identificador.

SUBR es una palabra "llave". Las palabras llave son aquellas con significado especial en el lenguaje.

El punto y coma (;) es un delimitador que indica que la información para el comando está completa. Siempre se usa el punto y coma (;) al final de cada comando.

END (FIN) es una palabra "llave" y siempre está al final de cada subrutina. Ningún otro comando es permitido después de la línea con el comando END.

Los comentarios en el programa son útiles puesto que ayudan a entender o actualizar los mismos. No tienen efecto alguno en la ejecución del programa y deben ser vistos como ayuda del mismo. Los comentarios siempre son precedidos por un doble guión (--) y es escrito en lo restante de la línea. Este doble guión le indica al software que el resto de la línea contine comentarios y deben ser ignorados.

Un ejemplo de comentario es:

```
STATION1:SUBR;  --STATION1 ULTRASONIC WELD
```

La siguiente lista es de las diferentes formas de comandos o palabras llave con que cuenta el lenguaje AML/ENTRY, como notarán son palabras de sintaxis muy sencilla, puesto que semejan mucho a comandos de la lengua inglesa.

BRANCH	COMANDO	EJECUTABLE
BREAKPOINT	COMANDO	EJECUTABLE
COUNTER	LLAVE	NO EJECUTABLE
DECR	COMANDO	EJECUTABLE
DELAY	COMANDO	EJECUTABLE
DOWN	COMANDO	EJECUTABLE
DPMOVE	COMANDO	EJECUTABLE
END	LLAVE	NO EJECUTABLE
GETC	COMANDO	EJECUTABLE
GETPART	COMANDO	EJECUTABLE
GRASP	COMANDO	EJECUTABLE
INCR	COMANDO	EJECUTABLE
ITERATE	COMANDO	EJECUTABLE
LINEAR	COMANDO	EJECUTABLE
NEW	LLAVE	NO EJECUTABLE
NEXTPART	COMANDO	EJECUTABLE
PALLET	LLAVE	NO EJECUTABLE
PAYLOAD	COMANDO	EJECUTABLE
PREVPART	COMANDO	EJECUTABLE
PMOVE	COMANDO	EJECUTABLE
PT	LLAVE	NO EJECUTABLE
RELEASE	COMANDO	EJECUTABLE
SETC	COMANDO	EJECUTABLE
SETPART	COMANDO	EJECUTABLE
STATIC	LLAVE	NO EJECUTABLE
SUBR	LLAVE	NO EJECUTABLE
TESTC	COMANDO	EJECUTABLE
TESTI	COMANDO	EJECUTABLE
UP	COMANDO	EJECUTABLE
WAITI	COMANDO	EJECUTABLE
WRITEO	COMANDO	EJECUTABLE
ZMOVE	COMANDO	EJECUTABLE
ZONE	COMANDO	EJECUTABLE

El siguiente listado es el programa a ejecutar para la operación de sellado ultrasónico.

```

1  -- ESTE PROGRAM MARCA LA RUTINA DE SELLADO DE 8 KEEPERS A LA BASE
2  -- PROGRAM NAME: WELD96PA ----- ALMACENADO EN PARTICION 3
3  --***** ASIGNACION DE ENTRADAS *****
4  --DI 4 ----- BASE EN POSICION DE CARGA
5  --DI16 ----- SEÑAL DE ALTO
6
7  --***** ASIGNACION DE SALIDAS *****
8  --DO16 ----- LUZ DE SEGURIDAD DE ACCESO & "BYPASEA" SEGUROS DE PUERTAS
9  --DO 3 ----- ENCIENDE EL SELLADOR (ON/OFF)
10 --DO 4 ----- LAMPARA DE LUZ DE CICLO COMPLETO
11 --DO 5 ----- PISTON PARA QUE LA BASE ENTRE
12 --DO 6 ----- PISTON PARA QUE LA BASE SALGA
13 KEEPER_WELD:SUBR; -- COMIENZO DEL PROGRAMA
14 --***** DECLARACION DE COORDENADAS DE UBICACION *****
15 HOME:NEW PT(650,0,0); -- MUEVE EL ROBOT A POSICION HOME
16 P1:NEW PT(258.82,497.25,4.00); -- RECOGE KEEPER 1
17 P2:NEW PT(236.95,494.40,3.00); -- RECOGE KEEPER 2
18 P3:NEW PT(81.55,481.40,6.00); -- RECOGE KEEPER 3
19 P4:NEW PT(103.70,483.18,6.00); -- RECOGE KEEPER 4
20 P5:NEW PT(125.80,485.15,7.00); -- RECOGE KEEPER 5
21 P6:NEW PT(147.85,487.15,7.00); -- RECOGE KEEPER 6
22 P7:NEW PT(170.05,489.15,6.00); -- RECOGE KEEPER 7
23 P8:NEW PT(192.35,491.15,6.00); -- RECOGE KEEPER 8
24 W1:NEW PT(299.90,446.12,5.00); -- SELLA KEEPER 1
25 W2:NEW PT(205.12,437.52,5.00); -- SELLA KEEPER 2
26 W3:NEW PT(-36.95,434.00,96.00); -- SELLA KEEPER 3
27 W4:NEW PT(-34.90,406.85,87.50); -- SELLA KEEPER 4
28 W5:NEW PT(-33.60,392.87,94.00); -- SELLA KEEPER 5
29 W6:NEW PT(-31.55,385.78,94.60); -- SELLA KEEPER 6
30 W7:NEW PT(119.40,404.98,95.20); -- SELLA KEEPER 7
31 W8:NEW PT(121.65,380.15,95.00); -- SELLA KEEPER 8
32 SAFE:NEW PT (650.00,0.00,0.00); -- POSICION DE ALTO/SEGURA
33
34 --***** DECLARACION DE SALIDAS *****
35 WELD:NEW 3: -- ACTIVA SELLADORA (PULSO 1 Y 0)
36
37 --***** PROGRAMA *****
38 HALT:SUBR(PRESENT_POSITION);
39
40 -- ESTA SUBROUTINA CORRE CUANDO EL ROBOT DETECTA QUE EL
41 -- OPERADOR HA MOVIDO EL SWITCH DE ALTO (HALT) DE SU
42 -- POSICION DE "RUN" A "HALT"
43 -- ESTA SUBROUTINA "BYPASEARA" LOS SEGUROS DE LAS PUERTAS
44 -- DEL ROBOT, ENCENDERA LA LUZ DE ACCESO Y ESPERARA POR
45 -- EL SWITCH "RUN/HALT" A ESTAR EN LA POSICION DE "RUN".
46 -- CUANDO EL SWITCH HA SIDO DEVUELTO A LA POSICION DE
47 -- "RUN", LOS SEGUROS SE REACTIVAN Y SE APAGA LA LUZ
48 -- DE ACCESO.
49 -- TODAS LAS PUERTAS TIENEN QUE ESTAR CERRADAS PARA
50 -- CUANDO SE DEVUELVA EL SWITCH A LA POSICION DE "RUN",
51 -- DE LO CONTRARIO, EL ROBOT SE DESCONECTARA SOLO.
52 WAITI(2,1,.5); -- CHECA POR EL EJE "Z" (ARRIBA)
53 PMOVE(SAFE); -- MUEVE EL ROBOT A LA POSICION DE
54 -- ESPERA (SAFE O HOME)
55 WRITEO(16,1); -- ANULA LAS PUERTAS Y ENCIENDE LA
56 -- LUZ DE "SAFE"
57 PAUSE:TESTI(16,1,PAUSE); -- ESPERA POR EL SWITCH DE "HALT"
58 -- A SER APAGADO
59 WRITEO(16,0); -- ACTIVA LAS PUERTAS Y APAGA LA LUZ
60 -- DE "SAFE"
61 PMOVE(PRESENT_POSITION);

```

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

```

61 END; -- TERMINA LA SUBROUTINA DE PARO
62 --***** SUBROUTINA DE TOMADO DE KEEPERS *****
63 PICK_UP:SUBR(PRESENT_POSITION); -- TOMA EL KEEPER DEL NIDO
64 TESTI(18,0,CONT1); -- PRUEBA LA SITUACION DE PARO
65 HALT(PRESENT_POSITION);
66 CONT1:WAITI(2,1,.5); -- CHECA POR EL EJE "Z" ARRIBA
67 PMOVE(PRESENT_POSITION);DELAY(.5); -- MUEVE AL PUNTO DE TOMADO
68 WRITEO(1,1);WAITI(1,1,1.5);DELAY(1.0); -- SUJETA EL KEEPER
69 GRASP;DELAY(0.8);UP; -- TOMA EL KEEPER Y SUBE
70 BREAKPOINT; -- PARO TEMPORAL
71 END; -- TERMINA NEST_CK_SUBROUTINE
72 --***** SUBROUTINA DE SELLADO DE KEEPERS *****
73 WELD_KEEPR:SUBR(PRESENT_POSITION); -- SELLA EL KEEPER A LA BASE PLAST.
74 TESTI(18,0,CONT2); -- PRUEBA LA SITUACION DE PARO
75 HALT(PRESENT_POSITION);
76 CONT2:WAITI(2,1,.5); -- CHECA POR EL EJE "Z" ARRIBA
77 PMOVE(PRESENT_POSITION);DELAY(.5); -- MUEVE AL PUNTO DE SELLADO
78 WRITEO(1,1);WAITI(1,1,1.5); -- EJE "Z" ABAJO
79 DELAY(T);
80 RELEASE;DELAY(1.0); -- SUELTA KEEPER
81 WRITEO(WELD,1); -- ENCIENDE EL DISP. SELLADOR
82 DELAY(T);WRITEO(WELD,0); -- APAGA EL DISP. SELLADOR
83 UP;BREAKPOINT; -- EJE "Z" ARRIBA
84 END; -- TERMINA WELDKEEPER SUBROUTINE
85 --***** EMPIEZA LA RUTINA DE CICLO *****
86 WRITEO(5,1); -- ACTIVA EL PISTON PARA METER LA
87 -- BASE AL AREA
88 WRITEO(4,0); -- APAGA LA LUZ DE INDICACION DE
89 -- CICLO COMPLETO
90 CHECK:TESTI(4,0,CHECK); -- CHECA POR BASE EN POSICION
91 DELAY(1);
92 --***** SELLA POSICION 1 *****
93 PICK_UP(P1); -- TOMA EL KEEPER
94 T:NEW 0.2;
95 WELD_KEEPR(W1); -- SELLA EL KEEPER A LA BASE
96 --***** SELLA POSICION 2 *****
97 PICK_UP(P2); -- TOMA EL KEEPER
98 WELD_KEEPR(W2); -- SELLA EL KEEPER
99 DELAY(.2);
100 --***** SELLA POSICION 3 *****
101 PICK_UP(P3); -- TOMA EL KEEPER
102 T:NEW 0.2;
103 WELD_KEEPR(W3); -- SELLA EL KEEPER A LA BASE
104 --***** SELLA POSICION 4 *****
105 PICK_UP(P4); -- TOMA EL KEEPER
106 WELD_KEEPR(W4); -- SELLA EL KEEPER
107 --***** SELLA POSICION 5 *****
108 PICK_UP(P5); -- TOMA EL KEEPER
109 WELD_KEEPR(W5); -- SELLA EL KEEPER
110 --***** SELLA POSICION 6 *****
111 PICK_UP(P6); -- TOMA EL KEEPER
112 WELD_KEEPR(W6); -- SELLA EL KEEPER
113 --***** SELLA POSICION 7 *****
114 PICK_UP(P7); -- TOMA EL KEEPER
115 T:NEW 0.2;
116 WELD_KEEPR(W7); -- SELLA EL KEEPER A LA BASE
117 --***** SELLA POSICION 8 *****
118 PICK_UP(P8); -- TOMA EL KEEPER
119 WELD_KEEPR(W8); -- SELLA EL KEEPER
120 WRITEO(4,1); -- ENCIENDE LA LUZ DE CICLO COMPLETO

```

```
120 WAITI(2,1,.5);
121 WRITEO(5,0);
122 WRITEO(6,1);
123
124 WAITI(3,1,0);
125 DELAY(5);
126 WRITEO(6,0);
127 PMOVE(P1);
128 END;
```

```
-- CHECA EL EJE "2" ARRIBA
-- DESACTIVA EL PISTON DE LA BASE
-- ACTIVA EL PISTON PARA SACAR LA
-- BASE
-- ESPERA A QUE SE MUEVA LA BASE
-- EN POSICION DE DESCARGA
-- DESACTIVA EL PISTON DE LA BASE
-- FIN DEL PROGRAMA
```

## ANALISIS ECONOMICO

### 6.1 Aspectos Generales.

Habiendo visto a través de los cinco capítulos anteriores, el desarrollo de la estación de sellado ultrasónico, objeto de nuestro estudio, así como un poco de los antecedentes históricos de la automatización de procesos, pasemos ahora a una parte muy importante de todo proyecto de ingeniería, su análisis económico, el cual tiene por objeto, evaluar "fríamente" con números, si cualquier proyecto en cuestión es económicamente factible, porque, recordemos, de que sirve un buen proyecto si no aporta beneficios económicos directos o indirectos a su usuario final ?

Para hacer cualquier análisis de esta índole y no hacerlo demasiado complicado se consideran los siguientes puntos:

#### COSTO ACTUAL DEL PROCESO

Costo de mano de obra directa e indirecta.  
(considerando grados de eficiencia)  
Gastos indirectos relacionados con esa mano de obra.

#### COSTO DEL PROYECTO

Costo a valor presente y amortizado a lo largo de los años convenidos según la vida del producto

#### VOLUMEN REQUERIDO DE PRODUCCION

Esto es básico pues es el disparador para la decisión

Con estos tres puntos básicos, se pueden visualizar que tan conveniente es cualquier proyecto de mejora a un proceso determinado.

Que quede claro, que esto en ninguna forma será la última palabra para tomar la decisión en una empresa, ya que serán otros factores "intangibles" al ingeniero de procesos o de manufactura, tales como estrategia

global de la empresa a corto, mediano o largo plazo, así como compromisos laborales o de otra índole, los que tendrán la última palabra en la toma de decisiones por parte de la alta gerencia de la empresa, ya que en la mayoría de los casos, cualquier proyecto de cambio en un proceso persiguiendo la automatización, implica altas inversiones de capital las cuales, por mucho que se quiera y se vea la necesidad de implementar el proyecto, no se podrá por no poner en riesgo la salud financiera de la empresa.

## 6.2 El análisis económico.

En la siguiente hoja se muestra una pequeña hoja de cálculo impresa, con la cual, basándonos en los datos posibles tales como:

SALARIOS  
TIEMPO ESTANDAR  
VOLUMEN DE PRODUCCION DIARIO

Así como otros factores tales como, el período en el cual se tomará la depreciación del equipo (en este caso es de 10 años), así como un estimado de cuanto irán aumentando año con año ( un estimado muy al cálculo, sólo para fines del estudio ) los salarios asignados a los trabajadores, esto, con el fin de que se pueda "visualizar" la conveniencia de tener el equipo para estos niveles de producción tan altos, ya que como se muestra, si se quisiera hacer la operación a base de añadir obreros para satisfacer la demanda, vemos que se requerirán de 14 obreros para poder cumplir la demanda, esto tomando en cuenta que el tiempo estándar para esta operación es de 10 minutos por cada teclado sellado manualmente ( esto, al 90 % de eficiencia ), mientras que contando con el equipo, este tiempo se reduce a solamente minuto y medio (1 1/2 mi.)

Si se quieren ver variaciones de como se comportarían los numeros al variar los volúmenes, se puede tener una idea de cual es el punto de división entre tener una operación totalmente manual contra una operación automatizada.

Todo lo anterior, es considerando como decíamos,

el factor tiempo y salario del trabajador, así como también el costo del equipo con su periodo asignado de amortización.

En nuestro ejemplo tomaremos los siguientes valores:

SUELDO DEL TRABAJADOR:	\$ 1'200,000	MENSUALES
(incluyendo prestaciones)		
TIEMPO ESTANDAR:	10	MINS.
VIDA UTIL DEL EQUIPO:	10	AÑOS
% DE INCREMENTO EN SALARIOS:	15	% ANUAL
TIPO DE CAMBIO:	\$ 2,885	PESOS / DOLAR
VOLUMEN DE PRODUCCION DIARIO: 600 UNIDADES		

Análisis Económico de conveniencia del equipo

Cantidad de Teclados al día (DGR)	600	
	OP. MANUAL	OP. AUTOMATICA
Tiempo Estándar para cada teclado	10 0.17	1.5 0.025
Horas-Hombre por día	102	15
Horas por turno	7.5	7.5
Cantidad de trabajadores requeridos	14	2
Sueldo de un trabajador	\$1,200,000	\$1,200,000
Sueldo / mes	\$16,800,000	\$2,400,000
Sueldo anual asignado a la operación	\$201,600,000	\$28,800,000
Costo del equipo:	Dolares=	\$2,885
Robot y CPU	\$35,000	\$100,975,000
Computadora Personal	\$5,000	\$14,425,000
Mesa con disp.	\$5,500	\$15,895,000
	\$45,500	\$131,295,000
Vida Util del equipo (años)	10	
Valor Residual del equipo	\$5,000	\$14,450,000
Costo de la depreciación para cada año	\$4,050	\$11,684,500
Valor Futuro de los sueldos asignados a la op. suponiendo un incremento anual de:	15%	\$4,093,229,597
		SUELDO*(1+%INC)**PERIODO %INC

## Conclusiones y Recomendaciones

El propósito de este estudio ha sido el ilustrar brevemente cómo es que la ingeniería ha jugado un papel preponderante en el desarrollo de nuestra sociedad, desarrollando métodos y procesos más y más simplificados cada día, todo esto con el afán de hacer la vida más placentera al ser humano.

Con esto, también fue el mostrar como es que una "simple" operación de manufactura en una línea de ensamble de teclados, la cual se había convertido en un "cuello de botella" para el buen flujo del producto terminado, se vino a simplificar con la incorporación de una máquina, la cual gracias a su diseño y adaptación al medio, logro el reducir el tiempo de ensamble, reduciendo también, la cantidad de operarios requeridos para esa operación, con el consecuente aumento en la productividad y capacidad de producción de esa línea de ensamble; la cual anteriormente, cuando la operación era netamente manual, no se podían tener niveles de producción diarios como los que se están teniendo gracias a la simplificación de esta operación tan crítica.

Aquí se mostró como fue que se pensó y se llevó a cabo el desarrollo de esta estación de sellado ultrasónico, haciendo énfasis en la labor que se tiene que desarrollar por parte de un buen ingeniero, en cuanto a estudio y análisis para poder llevar a cabo la tarea encomendada, en un tiempo razonable y adecuada al entorno industrial en el que se implantará dicha solución propuesta. También se mencionó como es que aunque se tenga un excelente desarrollo, el cual garantiza el solucionar todos los inconvenientes posibles (muy metafórico en veces!) es de suma importancia el no perder de vista dos aspectos:

El financiero inherente a cualquier nueva empresa que se desee desarrollar, ya que de lo contrario se caería en la falacia de inventar o desarrollar alguna solución (llamase equipo) la cual por muy maravillosa que sea, está fuera del alcance económico de la empresa, por ser demasiado cara para ser llevada a la práctica.

El de conocimiento y entendimiento de las estrategias marcadas por la alta gerencia en cuanto a los rumbos definidos para el desarrollo de la empresa, este aspecto, es el que, como vimos, marca muchas veces el destino final de cualquier proyecto en una empresa.

Por esto anteriormente dicho, es de vital importancia, que el ingeniero, en su papel de persona creativa y aportador de nuevas ideas, sepa aprovechar todas las herramientas a su alcance, así como el ejercitar esa capacidad de análisis para así poder estar seguro que su proyecto efectivamente aporta una solución y no solamente es una demostración de su capacidad inventiva de "artefactos raros".

Con esto, asegura que su proyecto fructificará por ser parte integral de la estrategia de la empresa, de lo contrario, se seguirá cayendo, como desgraciadamente sucede en nuestro ambiente, en métodos arcaicos lo cuales en tiempos pasados podían asegurar el sustento de la empresa, pero no su crecimiento; pero ahora en estos tiempos de apertura, vemos que una empresa que solamente quiere subsistir, está condenada al fracaso, puesto que ya no queda lugar para conformistas.

## Bibliografía.

Mark J. Robillard., Advanced Robot Systems (Indianapolis, Indiana: Howard W. Sams & Co., Inc., 1984).

James Rehg., Introduction to Robotics. A systems approach (USA: Prentice - Hall., 1985)

James W. Masterson, Elmer C. Poe, Stephen W. Fardo, Robotics (USA: Reston Publishing Co., 1985)

IBM 7535/7540 Manufacturing System, Hardware Library (Armonk, N.Y.: IBM Co., 1983)

IBM 7535/7540 Manufacturing System, Software Library (Armonk, N.Y.: IBM Co., 1984)

Philips Technical Library, Handbook of Precision Engineering Vols. 1 & 7 (New York, N.Y.: McGraw - Hill Book Company, 1971)

Morris Asimov, Introducción al Proyecto (Mexico, D.F.: Herrero Hnos. Sucs., S.A. editores, 1976)

Edward V. Krick, Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería (Mexico, D.F.: Editorial Limusa, 1979)

H.G. Thuesen, W.J. Fabrycky, G.J. Thuesen, Economía del Proyecto en Ingeniería (Madrid, España: Prentice - Hall Internacional, 1976)

Marco Antonio Escalante, Tesis Profesional "Diseño y Construcción de un manipulador robótico controlado por microprocesador" (Mexico, D.F.: Univ. Iberoamericana, 1987)

ESTA TESIS SE IMPRIMIO  
EN



1990

GUADALAJARA

MATRIZ  
CHAPULTEPEC SUR 54  
TEL. 16-81-21 30-29-26 16-08-66

MINERVA  
AV. VALLARTA 2783  
TEL. 16-60-35

CONDOMINIO  
16 DE SEPTIEMBRE 730 CASETA 1-A  
TEL. 16-86-96

MULBAR  
AV. CORCHA 181-187  
TEL. 13-81-99

TEPEYAC  
LOCAL 15 ZONA D

TOLSA  
AV. TOLSA 349  
TEL. 26-06-62

COUNTRY  
CIRC. PROVIDENCIA 1077  
TEL. 41-52-48

PLAZA DEL SOL  
LOCAL 9 ZONA B  
TEL. 21-00-61

PLAZA DEL ANGEL  
LOCAL 18 ZONA B

PLAZA COLON  
LOCAL 14 ZONA E

PLAZA SAN PEDRO  
TEL. 36-22-21

PLAZA PATRIA  
LOCAL 9 ZONA J  
TEL. 41-50-88

ABASTOS  
CALZ. LAZARO CARDENAS 2519-B

PARROQUIA  
AV. JUAREZ 540-A  
TEL. 14-83-42

CHAPULTEPEC  
AV. CHAPULTEPEC SUR 449  
TEL. 26-08-14

PALACIO FEDERAL  
INT. PALACIO FED. HOSPITAL Y ALCALDE

ALAMO  
TEXTILES 3200 ALAMO IND.  
TEL. 35-91-60

PROCURADURIA  
CALZ. INDEPENDENCIA 509  
TEL. 41-10-87