

37



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON

"DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA  
AUTOMÁTICO PARA EL ARMADO DE CAJAS DE  
CARTÓN CORRUGADO, UTILIZADAS PARA EL  
EMPAQUE DE MÁQUINAS DE ESCRIBIR"

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(AREA ELECTRICA ELECTRONICA  
**P R E S E N T A :**  
HECTOR ALFERNANDEZ FERNANDEZ

ASESOR: ING. DAVID MOISÉS TERAN PEREZ

MÉXICO

2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN

DIRECCIÓN

HÉCTOR A. FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ  
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 15 de octubre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado "DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ARMADO DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO, UTILIZADAS PARA EL EMPAQUE DE MÁQUINAS DE ESCRIBIR", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

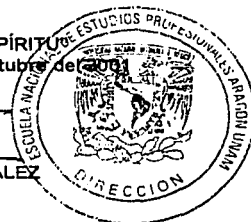
Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México, 25 de octubre de 2001

LA DIRECTORA

  
ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



- Cp Secretaria Académica.  
Cp Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
Cp Asesor de Tesis.

LTG/AIR/IIa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0007/02

ASUNTO: Revisión Previa de Tesis, antes de  
Autorizar su Impresión.

ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ (ASESOR)  
ING. FORTUNATO CERECEDO HERNÁNDEZ  
ING. JESÚS NÚÑEZ VALADEZ  
ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO  
ING. RODOLFO ZARAGOZA BUCHAIN

En forma anexa le hago entrega de un ejemplar del proyecto de tesis titulado "DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ARMADO DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO, UTILIZADAS PARA EL EMPAQUE DE MÁQUINAS DE ESCRIBIR" del alumno HÉCTOR ARMANDO FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, con número de cuenta: 8314061-9.

Esto con el fin de que sea revisada por usted, y nos dé su evaluación y comentarios por escrito, mismos que le pido me haga llegar a la brevedad posible.

Agradezco de antemano su colaboración y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Bosques de Aragón, Edo. de México, 8 de enero del 2002.

EL SECRETARIO TÉCNICO

ING. JULIÁN ALCÁNTARA HERNÁNDEZ

c.c.p. Alumno.

JAH/scd.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0106/2002

ASUNTO: Sínodo

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS  
SECRETARIO ACADÉMICO  
P R E S E N T E

Por este conducto me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sínodo del Examen Profesional del alumno HÉCTOR ARMANDO FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, con Número de Cuenta: 8314061-9, con el tema de tesis: "DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ARMADO DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO, UTILIZADAS PARA EL EMPAQUE DE MÁQUINAS DE ESCRIBIR"

PRESIDENTE:	ING. JESÚS NUÑEZ VALADÉZ	ABRIL	77
VOCAL:	ING. FORTUNATO CERECEDO HERNÁNDEZ	JULIO	88
SECRETARIO:	ING. DAVID MOISES TERÁN PÉREZ	MAYO	90
SUPLENTE:	ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO	MAYO	90
SUPLENTE:	ING. RODOLFO ZARAGOZA BUCHAÍN	NOVIEMBRE	90

Quiero subrayar que el Director de Tesis es el Ing. David Moisés Terán Pérez, el cual esta incluido basándose en lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Bosques de Aragón, Estado de México, 29 de enero del 2002.  
EL JEFE DE CARRERA

ING. RAÚL BARRÓN VERA



C.c.p. - Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez. - Jefa del Depto. de Servicios Escolares.  
C.c.p. - Ing. David Moisés Terán Pérez - Asesor de Tesis.  
C.c.p. - Alumno.  
RBVamce.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
 CAMPUS ARAGÓN  
 JEFATURA DE CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS  
 JEFE DE LA UNIDAD ACADÉMICA  
 PRESENTE

San Juan de Aragón, Estado de México a 10 de Diciembre del 2001.  
 Por este conducto, me permito informarle a usted que el alumno de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Fernández APELLIDO PATERNO	Fernández APELLIDO MATERNO	Héctor Armando. NOMBRE(S)	No. de Cuenta: 8314061-9.
-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------

Ha concluido su trabajo de tesis denominado:

" DISEÑO E IMPLANTACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO PARA EL ARMADO DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO, UTILIZADAS PARA EL EMPAQUE DE MAQUINAS DE ESCRIBIR ".  
 ENE 28 10 01 PM 2001

Considero que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el Examen Profesional correspondiente. Por lo que le solicito, tenga a bien autorizar, la continuación de los trámites correspondientes para su titulación.

Sin más por el momento, y agradeciendo de antemano su atención, quedo a sus apreciables ordenes.

ATENTAMENTE:  Ing. David Noisés Terán Pérez. Director de Tesis	Vo.Bo.  Ing. Raúl Barrón Vera Jefe de Carrera de IME
-------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

c.c.p. Ing. José Luis García E Secretario Técnico de IME y  
 Alumno      Julián Alcántara Hernández

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN  
SECRETARÍA ACADÉMICA

**Ing. RAÚL BARRÓN VERA**  
**Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,**  
**Presente.**

En atención a la solicitud de fecha 28 de enero del año en curso, por la que se comunica que el alumno HÉCTOR A. FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ARMADO DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO, UTILIZADAS PARA EL EMPAQUE DE MÁQUINAS DE ESCRIBIR", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México, 28 de enero del 2002  
EL SECRETARIO

  
Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.  
C p Interesado.

AIR/RCC/vr

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a toda mi familia por su apoyo en mi desarrollo profesional, y que me ha impulsado a concluir esta tesis, gracias a todos.

### **A mis padres:**

Que siempre me han apoyando en todo momento y siempre estaré eternamente agradecido con ellos a **Wolfgang** , **Elena** y **mi hermano Uwe**.

### **A mi Esposa y a mi Hija:**

Que han sido el impulso a seguir superándome, espero nunca defraudarles las amo **Karla** y **Cynthia** y que sea esto el principio de algo mejor.

A todos los que han colaborado a ser esto una realidad, y espero que no se me olvide algún nombre; primeramente, a mi primo José Luis, por sus buenos consejos, por toda la ayuda que me ha dado incondicional, y espero que siempre estemos unidos, como lo hemos hecho hasta ahora, y que siga siendo él, el ejemplo de toda la familia y que sea un motivo de superación para todos, y a su esposa Lázara, por sus buenos consejos, que me han ayudado a ser mejor; a mis compadres Luis y Margarita ya que gracias a sus trámites inicie esta tesis.

### **A mis primas:**

Áurea, Mónica, Alma y Patricia, así como a sus respectivas parejas por estarme insistiendo a que terminará mi tesis.

### **A mis Tíos:**

Carmen y Benigno por su apoyo y buenos consejos.

### **A mis suegros:**

Ricardo y Guadalupe, así como a mis cuñados, a mis compadres Concepción y Héctor y a Socorro y a Antonio.

Y en especial a mi asesor al **Ing. David Moisés Terán Pérez**. Por su paciencia y cooperación en que esto saliera adelante.



Por último; quiero hacer mención por las personas que ya no están, y que no podré agradecerles, pero ya lo haré más adelante.

† **A mi abuela;** que fue como mi madre y que me dio todo para que yo pudiera ser lo que ahora soy.

† **A mi tío Pedro;** que siempre me ayudó.

† Y por último; a la persona que me enseñó lo que es "*ser un amigo*" hasta el final, a tí **Marco Antonio**, gracias y disculpa, esta tesis esta dedicada a tí en especial.

Gracias a todos

**Héctor Armando Fernández Fernández.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCIÓN

Desde la invención del Circuito Integrado (CI), desarrollos continuos han dado lugar a dispositivos cada vez más complejos. Procesadores de Ordenador, Memorias, Interfases Normalizadas e incluso Sistemas de Ordenador completos, están disponibles como Circuitos Integrados (CI) individuales. En consecuencia, se dispone de Sistemas de Ordenador muy pequeños y económicos y pueden incorporarse en muchos Sistemas Electrónicos.

Puesto que hay muchas ventajas en este método; la Instrumentación Electrónica, los Dispositivos de Control y los Sistemas de Comunicación están haciendo uso del Micro-Ordenador. Una comprensión del funcionamiento y aplicación del Micro-Ordenador (MO), es tan importante para un técnico actual, que cuando sólo se requiera un curso en Sistemas Digitales, debe incluirse en el mismo el tratamiento de los sistemas basados en el Micro-Ordenador.

En la actualidad los Microprocesadores (MP), se emplean en una amplísima variedad de aplicaciones; se les encuentra en Ordenadores, Juguetes Electrónicos, Procesadores de Palabras, Equipo Electrónico de Laboratorio, Aparatos Electrodomésticos, Equipo Médico, Máquinas-Herramienta, Robots Industriales, Alarmas, Controles y Automatismos de todo Tipo, Cajeros Automáticos, Básculas Electrónicas, Sintetizadores Musicales, Sub-sistemas de Automóviles, etcétera.

El Microprocesador es parte integral de la circuitería interna de una gran variedad de equipo, para dar una idea de su difusión e importancia basta decir que anualmente, se producen más de 25 millones de Microprocesadores y su mercado continúa en expansión.

Los Circuitos Integrados (CI), han simplificado el diseño de los complejos Circuitos Analógicos y Digitales. En la década pasada, numerosos fabricantes produjeron una extraordinaria cantidad de ellos. El Ingeniero ó Técnico, cuando afrontan la tarea de seleccionar los Circuitos Integrados y su diseño, deben consultar un gran número de Catálogos de los Fabricantes y un reducido número de notas de aplicaciones, a fin de ensayar y determinar la configuración óptima de los Circuitos Integrados y del circuito que se requiere.

Las hojas de datos de los Catálogos sirven para definir los parámetros de operación y del peor caso de un dispositivo en particular, pero no pueden utilizarse como una Guía de Selección puesto que los Circuitos Integrados no se evalúan a partir de comparaciones.

Por lo demás, estos Catálogos y notas de aplicación se limitan a los Circuitos Integrados de un fabricante y están organizados según el tipo de Circuito Integrado, no según la aplicación.

*¿Qué es exactamente la Inteligencia Artificial?* Aunque la mayoría de los intentos para definir con precisión los complejos y amplios términos anteriores son ejercicios fútiles, es útil esbozar como mínimo una frontera aproximada alrededor del concepto para proporcionar una perspectiva en lo que se trata. en el presente trabajo. Por lo tanto, se puede establecer la siguiente definición de Inteligencia Artificial (IA): "Es el estudio de cómo lograr que los Ordenadores hagan cosas que, por el momento, las personas hacen mejor".

Esta definición es, naturalmente, algo efímera debido a que hace referencia al estado actual de la Ciencia de los Ordenadores. De hecho, la constatación de lo lento que es el progreso hacia Ordenadores que puedan sustituir a las personas en tareas difíciles fue uno de los primeros resultados que surgieron de la Inteligencia Artificial (IA) Experimental. En los primeros días de la especialidad (1960), los expertos predijeron un progreso mucho más rápido del que ha acontecido desde entonces. Así pues, por lo menos en los próximos años, esta definición debería proporcionar un buen esquema de lo que constituye la Inteligencia Artificial (IA), y evitar los debates filosóficos que dominaron los intentos de definir el significado de "Artificial" ó de "Inteligencia".

Así pues, *¿Cuáles son algunos de los problemas contenidos en la Inteligencia Artificial?* Unos de los primeros que se estudiaron fueron los juegos y las demostraciones de teoremas. Los juegos y las demostraciones de teoremas compartían la propiedad de que, aunque se consideraba que las personas capaces de hacerlo bien mostraban inteligencia, parecía que los Ordenadores podrían realizarlos correctamente por el simple método de ser más rápidos al explorar un gran número de caminos de solución y seleccionar el mejor.

Parecía que este proceso requería muy poco conocimiento y podía ser programado fácilmente. Como se verá más adelante ( en el Capítulo correspondiente a los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA)), esta suposición resultó ser falsa. Ningún Ordenador es lo suficientemente rápido para superar la explosión combinatoria generada por tales problemas.

Otra incursión primeriza en Inteligencia Artificial (IA), se centró en la clase de resolución de problemas que realiza cada persona por las mañanas, cuando decide ir a su trabajo. Para investigar este tipo de razonamiento varios autores se avocaron a aplicar diversas tareas, incluyendo la manipulación simbólica de expresiones lógicas. Nuevamente, no se hizo ningún intento para crear un programa con una gran cantidad de conocimientos sobre el dominio de un problema específico; sólo se seleccionaron tareas muy sencillas.

Conforme progresaba la investigación en Inteligencia Artificial (IA) y se desarrollaban técnicas para almacenar grandes cantidades de conocimiento, se hizo algún progreso en las tareas que se acaban de describir, y se pudieron intentar tareas nuevas de una forma razonable. Estas incluyeron: Percepción (visión y habla), comprensión de el Lenguaje Natural, y resolución de problemas en dominios especializados tales como diagnóstico médica y análisis químico.

La percepción del mundo que nos rodea es crucial para nuestra supervivencia. Animales con mucho menos "inteligencia" que las personas son capaces de una percepción visual más compleja y completa que las máquinas actuales. Los primeros esfuerzos respecto a la percepción visual simple y estática se bifurcaron en dos direcciones: Hacia el reconocimiento de modelos estadísticos y hacia sistemas más flexibles de comprensión de la imagen. A causa de las diferencias en la flexibilidad de estos dos enfoques, sólo el último es considerado típicamente como perteneciente a la esfera de la Inteligencia Artificial (IA). Las tareas de percepción son difíciles porque involucran señales analógicas en vez de digitales, porque las señales típicas son muy ruidosas, y porque usualmente deben percibirse un gran número de cosas a la vez, (algunas de las cuales pueden ocultar parcialmente a las otras).

La capacidad de usar el lenguaje para comunicar una amplia variedad de ideas, es quizá lo más importante que separa a las personas de los animales. El problema de la comprensión del lenguaje hablado es un problema de percepción, y es difícil por las razones que se acaban de analizar. Pero supóngase, que se simplifica el problema restringiéndolo al lenguaje escrito. Este problema, llamado usualmente comprensión de el Lenguaje Natural, es aún extremadamente arduo.

Para entender frases sobre una materia es necesario poseer un amplio conocimiento, no solamente del lenguaje en sí mismo (su vocabulario y gramática); sino también, en buena parte, sobre dicha materia, de forma que puedan reconocerse los presupuestos que no se manifiestan de forma explícita.

Casi todo mundo realiza de forma rutinaria actividades tales como percepción y comprensión de el Lenguaje Natural. Además de estas actividades cotidianas, mucha gente realiza otras actividades "inteligentes" en las cuales es experta. Puesto que sólo unas pocas personas son capaces de realizar estas cosas (tales como el diagnóstico de enfermedades), se consideran a menudo más difíciles que las actividades más comunes. Pero se ha demostrado que varios de estos problemas pueden resolverse mediante programas usualmente llamados Sistemas Expertos (SE).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## JUSTIFICACIÓN

La Industria Mexicana, cada vez más consciente de la importancia del uso de los Ordenadores, los Microprocesadores, los Sistemas de Control y de la Electrónica en general; cada día exige más preparación de los Ingenieros y por ende mayor Calidad en las tareas realizadas, para lo cual establece criterios y parámetros que les permite analizar perfiles, y decidir cuál ó cuáles personas son aptas para realizar con éxito planes y proyectos que eleven la imagen tanto de la Empresa como del País.

La razón de escoger como tema de Tesis a los Microprocesadores de 32 Bits y su Aplicación a el Control Industrial; radica en la importancia que estos Dispositivos tienen en la actualidad, dentro de los sistemas automáticos más relevantes, dentro de la Industria.

Es importante recalcar que en la medida que se conozcan estos Dispositivos a detalle, se podrá estudiar, entender, modificar y optimizar a los sistemas construidos a partir de éstos.

Cada vez resulta imperioso, que los profesionales de la Ingeniería Electrónica, conozcan en gran medida los Dispositivos y Circuitos Integrados (CI), que se utilizan dentro de los procesos industriales, ya que con estos conocimientos se tendrá la oportunidad de conocer los Sistemas y poderlos modificar y mejorar utilizando tecnología y mano de obra mexicana, sin necesidad de seguir siendo dependientes de la tecnología extranjera.

Por lo tanto, para que esto deje de ser una simple utopía y se convierta en realidad; los actuales Ingenieros del área Electrónica deberán conocer la Arquitectura, Programación y Aplicación de cada uno de los Microprocesadores que interactúan dentro de un Sistema Digital.

Los problemas que resuelve la Inteligencia Artificial (IA) abarcan un amplio espectro. Parecen tener muy poco en común, excepto el hecho de ser difíciles. *¿Existen algunas técnicas que sean apropiadas para resolver una variedad de estos problemas?* La respuesta a esta pregunta es: Sí existen. *¿Qué se puede decir entonces sobre estas técnicas, aparte del hecho de que manipulan símbolos?*

*¿Cómo se puede averiguar si esas técnicas podrían ser útiles en la resolución de otros problemas, algunos quizá no considerados tradicionalmente como tareas de la Inteligencia Artificial?*

Uno de los pocos resultados definitivos que surgieron de los primeros 20 años de investigación en Inteligencia Artificial (IA), es que la inteligencia requiere conocimiento. En compensación por esta arrolladora ventaja, la indispensabilidad, el conocimiento posee también algunas propiedades menos deseables incluyendo:

- a). Ser Voluminoso.
- b). Ser Difícil de Caracterizar con Precisión.
- c). Estar Cambiando Constantemente.

Así pues, ¿A dónde se llega en el intento de definir las técnicas de la Inteligencia Artificial? La respuesta es que una técnica de Inteligencia Artificial (IA), es un método que explota un conocimiento que debería ser representado de tal manera que:

1.- Capte generalizaciones.- En otras palabras, que no sea necesario representar separadamente cada situación individual. En vez de ello, las situaciones que comparten propiedades importantes se agrupan juntas. Si el conocimiento no tiene esta propiedad, para representarlo se necesitaría más espacio del disponible. Además, se necesitaría más tiempo del disponible para mantenerlo actualizado.

2.- Pueda ser comprendido por la gente que deba proporcionarlo. Aunque para muchos programas la mayor parte de los datos pueden ser adquiridos automáticamente, en muchos dominios de la Inteligencia Artificial (IA) la mayor parte del conocimiento que posee un programa debe, en último término, ser proporcionado por personas en términos que ellas comprendan.

3.- Pueda ser fácilmente modificado para corregir errores y para modificar los cambios del mundo y de la visión que se tenga de éste.

4.- Pueda ser usado en muchas situaciones, incluso si no es totalmente preciso ó completo.

5.- Pueda ser usado para ayudar a superar su propia extensión absoluta, ayudando a estrechar el rango de posibilidades que deban considerarse usualmente.

Aunque las técnicas de Inteligencia Artificial (IA), deben diseñarse de acuerdo con las restricciones impuestas por los problemas de Inteligencia Artificial (IA), hay algún grado de independencia entre los problemas y las técnicas de resolución de los mismos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Es posible resolver problemas de Inteligencia Artificial (IA) sin usar técnicas de Inteligencia Artificial (IA) que, como se sugirió anteriormente, quizá esas soluciones no sean muy buenas ). Y es posible aplicar técnicas de Inteligencia Artificial (IA) a la solución de problemas que no son de Inteligencia Artificial (IA). Es probable que este sea un buen método para problemas que posean muchas de las mismas características que los de Inteligencia Artificial (IA).

## ANTECEDENTES AL TRABAJO

Los Ordenadores han sido y serán una herramienta de trabajo imprescindible a nivel mundial. Aunque en 1975, ya se podían encontrar Ordenadores en casi todas las organizaciones medianas y grandes todavía eran demasiado costosos para grupos pequeños ó en forma particular. No obstante, los avances en la Electrónica estaban a punto de introducir una categoría totalmente nueva de Ordenadores; equipos de inventario con la capacidad de los antiguos gigantes y con precios al alcance de los individuos.

Actualmente, la gente está consciente de las ventajas que brindan los Ordenadores. Por otro lado, es impresionante el paso agigantado que la Electrónica va avanzando, por lo cual es casi imposible mantenerse al nivel de desarrollo tecnológico de países tan importantes como China, Japón, Estados Unidos de América, Alemania, etcétera. Pero sí podemos aprovechar la información que poseemos y actuar con ella en consecuencia y ya no delegar como por desgracia, hasta ahora se ha hecho.

En todo momento de la historia de los Ordenadores; se han tomado en cuenta puntos importantes como son: El saber y conocer las posibilidades y limitaciones de éstos en cuanto a los Programas y Paquetes que puede utilizar y soportar ("Software"), a la Arquitectura de Sistemas que pueden soportar y utilizar ("Hardware") y el uso de la Arquitectura de Sistemas y la Programación ("Firmware"), saber el manejo de los mismos, conocer su estructura interna, conocer la arquitectura básica de los elementos que lo configuran y finalmente apreciar la gran utilidad y facilidad que brindan en el manejo de la información.

Antes de emprender "algo", es una buena idea decidir qué es exactamente lo que se desea hacer. Así pues, debemos preguntarnos: ¿Cuál es nuestro objetivo al intentar producir programas que hagan las cosas "Inteligentes" que hacen las personas? ¿Intentamos producir programas que realicen las tareas del mismo modo que lo hacen las personas? ¿O bien intentamos producir programas que simplemente realicen las tareas de la forma que parezca más fácil? Han habido proyectos de Inteligencia Artificial (IA) motivados por cada uno de los objetivos anteriores.

Los esfuerzos para construir programas que realicen las tareas del mismo modo que las realizan las personas pueden dividirse en dos clases. Los programas de la primera clase, intentan resolver problemas que no encajan exactamente con la definición de tarea de Inteligencia Artificial (IA). Son problemas que un Ordenador puede resolver fácilmente, aunque esa solución haga uso de mecanismos que no parecen estar al alcance de las personas.



Muchas personas consideran que los programas de esta primera clase carecen de interés, y en cierto modo pueden tener razón. Sin embargo, estos programas pueden ser herramientas útiles para los psicólogos que quieran comprobar Teorías sobre comportamientos humanos.

La segunda clase de programas que intentan modelar las actuaciones humanas caen más claramente en el ámbito de la definición de tareas de Inteligencia Artificial (IA). Realizan tareas que no son triviales para un Ordenador. Hay diversas razones por las cuales se podría querer modelar las actuaciones humanas en esa clase de tareas:

1.- Para comprobar teorías psicológicas de comportamientos humanos. Un ejemplo interesante de programa escrito por esta razón es "PARRY", que explotaba un modelo de conducta paranoide humana para simular el comportamiento conversacional de una persona paranoide. El modelo fue lo suficientemente bueno como para que diversos psicólogos que tuvieron la oportunidad de conversar con el programa a través de una terminal diagnosticaran su comportamiento como paranoide.

2.- Para permitir que los Ordenadores entiendan los razonamientos humanos. Por ejemplo, para que un Ordenador pueda leer un artículo periodístico y contestar a una pregunta como: "¿Por qué se están preparando los Rusos para una invasión?", su Programa debe ser capaz de simular los procesos de razonamiento de las personas.

3.- Para posibilitar que las personas comprendan el razonamiento del Ordenador. En muchas circunstancias, las personas se muestran reacias a confiar en los resultados dados por el Ordenador a menos que puedan entender cómo llegó la máquina a este resultado. Si el proceso de razonamiento del Ordenador es similar al de las personas, es mucho más fácil producir una explicación aceptable.

4.- Explotar el conocimiento que podamos recoger de las personas. Puesto que las personas son los mejor conocidos de entre los realizadores de las tareas que se tratan, es altamente razonable observarlas para obtener claves sobre la manera de proceder.

¿Qué conclusiones se pueden sacar de lo que en párrafos anteriores se ha manejado, a los principales problemas de la Inteligencia Artificial (IA)? Los problemas son variados, interesantes y difíciles. Para resolverlos se debían lograr dos objetivos primordiales: Hacer todo lo posible para establecer los criterios que permitan decir si se han resuelto y, a continuación, resolverlos. Se necesitan métodos que ayuden a resolver el serio dilema de la Inteligencia Artificial (IA).

Un sistema de Inteligencia Artificial (IA) debe contener gran cantidad de conocimientos, se hace más difícil el acceder a los objetos que necesitamos, por lo que debemos añadir más conocimientos que ayuden. Pero entonces aumenta la cantidad de conocimiento a manejar, por lo que se debería añadir más, y así sucesivamente.

La meta de la Inteligencia Artificial (IA), es construir programas que funcionen y resuelvan los problemas que interesan. La Inteligencia Artificial (IA), es una disciplina joven. Se han aprendido muchas cosas, algunas de las cuales se analizarán a lo largo de este trabajo. Pero aún es difícil saber con exactitud bajo qué perspectiva se han de observar esas cosas.

## PLAN PROPUESTO

Antes de entrar de lleno al desarrollo del tema, es conveniente proponer un Plan, en el que se exponga la metodología para llevar a cabo los objetivos buscados en la Tesis, así como la utilidad de la misma.

En primera instancia, se requiere tener conocimientos sólidos de Electrónica Analógica y Digital, de Sistemas de Control tanto Analógico como Digital; como también haber tenido y tener contacto físico con Circuitos Integrados, Memorias, Periféricos y con Microprocesadores elementales. Una vez confirmado lo anterior, se recomienda la siguiente Metodología:

1.- El trabajo está orientado en el Capítulo I, a estudiar los conceptos generales de los Sistemas Expertos; así como sus características más importante y sus aplicaciones.

2.- El Capítulo II, analiza detalladamente, las generalidades de los Sistemas Expertos; así como sus características más importantes y sus aplicaciones más frecuentes.

3.- El Capítulo III, analiza básicamente: Las generalidades de un Controlador Lógico Programable (PLC); así como sus características más importantes, y sus aplicaciones más significativas.

4.- El Capítulo IV, analiza las aplicaciones de un Controlador Lógico Programable (PLC) de la Marca FESTO, en el armado de cajas de cartón utilizadas como contenedores para almacenar máquinas de escribir.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Conocer y estudiar detalladamente, las características de un Controlador Lógico Programable (PLC) y su Aplicación en la Automatización de un Proceso de Armado de Cajas de Cartón Utilizadas como Contenedores para Almacenar Máquinas de Escribir.

### **OBJETIVOS PARTICULARES:**

- 1.- Conocer los fundamentos de la Automatización y la Robótica.
- 2.- Conocer detalladamente las generalidades de los Sistemas Expertos; así como sus Principios Fundamentales.
- 3.- Establecer los conceptos básicos de los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA), así como las posibilidades de estas técnicas específicas en la solución de problemas.
- 4.- Establecer las condiciones para la Aplicación de un Controlador Lógico Programable (PLC) de la Marca FESTO, para el Armado de cajas de cartón utilizadas en el proceso de almacenar máquinas de escribir.

## CAPÍTULO I.

### GENERALIDADES DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.

#### *1.1.- Una Valoración Tecnológica.*

Los Controladores Lógicos Programables, PLC (por sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos operados digitalmente, con un área de memoria para almacenar una serie de instrucciones, un procesador para interpretarlas y ejecutarlas y unos circuitos de entrada y salida (E/S), que interactúan con otros dispositivos externos como interruptores, válvulas, motores, calefactores y otros dispositivos. Las principales funciones que realizan son de tipo lógico, secuencial, temporizado, conteo y aritmética. Actualmente, ya se les encomiendan funciones más complejas que satisfacen muchas de las necesidades del control continuo.

Tienen una unidad de procesamiento central, CPU (por sus siglas en inglés), que ejecuta los programas de instrucciones del usuario y mantiene el control total sobre el sistema. En cuanto a la memoria del procesador, hay dos tipos: ROM y RAM. En la primera, se almacenan el sistema operativo y los lenguajes de programación; mientras que en la segunda se almacenan los programas del usuario y los datos de E/S. Los dispositivos más recientes, tienden a reemplazar el ROM por EPROM, un tipo de memoria que es capaz de borrarse y reprogramarse varias veces.

#### *1.2.- El Origen.*

Las primeras aplicaciones del PLC se desarrollaron alrededor de 1968, como una iniciativa del poderoso fabricante de automóviles General Motors. Con esta solución se reemplazaron los relevadores mecánicos en los tableros de control secuencial que utilizaban en los procesos de manufactura.

Los dispositivos de control en una fábrica deben ser robustos y confiables para que aguanten el trato rudo de los operadores y la agresión de los agentes ambientales, entre ellos, los más peligrosos son el calor, el polvo y la vibración.

Para protegerlos, el conjunto de relevadores se montaban en gabinetes cerrados y de difícil acceso y por esto, casi cualquier secuencia que se implementaba con relevadores requería instalar una gran cantidad de cables en el gabinete, conectados desde ahí hacia los dispositivos que se tenían que operar.

Esta fue una solución ideal por muchos años, sobre todo porque la secuencias tenían un cierto grado de automatización, liberando a los operarios de muchas actividades rutinarias. Pero luego, por las necesidades generadas por la competencia del mercado de automóviles, los procesos de manufactura evolucionaron hacia una fabricación más flexible.

Los sistemas de control secuencial se tuvieron que adaptar a estos cambios y la única manera de hacerlo fue modificar el alambrado de los gabinetes para variar la secuencia. Obviamente, al haber muchos cambios en las secuencias, el trabajo invertido en agregar o eliminar relevadores y modificar el alambrado consumía muchos recursos, tanto económicos como humanos, lo que motivó, entonces, a encontrar una solución más sencilla.

Inmersos en esta problemática, los ingenieros de General Motors desarrollaron en una computadora PDP14 los primeros diseños de los PLC basados en la Lógica Booleana. En un avance posterior, Bedford Associated, precursor de Modicom (ahora parte de Schneider Electric), construyó el primer PLC comercial: el "Modicom 084." Para aprovechar plenamente las capacidades del hardware de este dispositivo, se planteó una nueva forma de configurarlos; fue así que nació el primer lenguaje de programación de los Controladores Lógicos Programables, al cual se le denominó "**Lenguaje de Lógica de Escalera**".

### *1.3.- Los Fierros.*

Físicamente, un PLC consta de un CPU o Unidad de Procesamiento Central, unidades de memoria y módulos de Entrada/Salida que se alimentan con una fuente de poder. Para mejorar la versatilidad y reducir los costos de fabricación, los proveedores han optado por una arquitectura de construcción modular. Por ejemplo, en un módulo se colocan el procesador y en otros, las diferentes unidades E/S que se necesitan. Con este criterio es muy fácil cambiar la configuración de un dispositivo, ya que sólo se requiere cambiar el módulo correspondiente, sea éste el procesador o las unidades de E/S.

Los módulos E/S se comportan como circuitos multiplexores de alta velocidad, que permiten la interacción y el intercambio de las señales de entrada y salida con el CPU. Para no degradar el funcionamiento del sistema, entre mayor sea el número de señales, se tiene que agregar más memoria y utilizar procesadores de mayor velocidad.

Los módulos son de tres tipos: discretos, analógicos y digitales. Los primeros manejan señales del tipo abierto / cerrado, arriba / abajo y otras funciones similares, típicas de motores, calefactores y relevadores; los segundos, manejan señales continuas, como las que se generan en un termopar o RTD. A su vez, las señales digitales utilizan un código binario para transferir los datos. Los dispositivos que generan estas señales pueden ser temporizadores, contadores eléctricos y cualquier otro dispositivo capaz de generar una señal digital.

Las unidades de memoria se utilizan para almacenar el sistema operativo, las librerías de los lenguajes de programación y los datos de E/S que circulan en el dispositivo. En general, clasificamos esta memoria en cuatro segmentos: memoria de ejecución, memoria de trabajo, de control de programas y de tabla de datos. En la primera se almacenan los programas del sistema operativo; la segunda, es un área de almacenamiento temporal para efectuar cálculos intermedios con una cantidad limitada de datos; en la tercera se almacenan los programas elaborados por el usuario; y en la última, se almacenan los valores de las constantes que se utilizan para ejecutar las acciones de control.

Para que nunca se borre e inutilice el dispositivo, los programas del sistema operativo se almacenan siempre en unidades de memoria permanente conocidos como ROM. Los datos que se cambian según las tareas que ejecuta el dispositivo, se almacenan en memoria volátil denominada RAM. Esta última memoria es la que está sujeta a la mayor carga de trabajo y por lo tanto, necesita mayor capacidad. Al principio, la memoria se suministraba en un tamaño de 50 a 100 Kilobytes, pero actualmente, con la inserción de tarjetas de memoria adicionales se pueden alcanzar capacidades de hasta de 64 Megabytes.

#### *1.4.- Los Lenguajes de Programación.*

Desde la introducción del primer lenguaje de programación de PLC ha sido una preocupación de proveedores y usuarios establecer reglas claras que simplifiquen la interoperabilidad entre diferentes procesos de programación. En la actualidad la norma IEC61131-3, liberada en 1993 por la Comisión Electrotécnica Internacional, IEC (por sus siglas en inglés), es la que tiene mayor difusión y cuenta con el apoyo de todos los fabricantes de PLC. El objetivo fue normalizar la gran cantidad de lenguajes, conjunto de instrucciones y los diferentes conceptos existentes en el campo de los sistemas de automatización. Una interfaz normalizada simplifica el trabajo en grupo para desarrollar los proyectos de programación en que intervienen individuos con diferentes experiencias y capacidades.

En la Norma se establecen dos grandes clases: los elementos comunes y los lenguajes de programación. Los elementos comunes son los tipos de datos y las variables. En los primeros, se engloban los datos de tipo: Booleano, Entero, Real, Fecha, Tiempo y tipos programados por el usuario; y las variables, por otro lado, para evitar conflictos y errores, siempre son locales, esto es, solamente son visibles en el módulo en que se declaran. Además, en la configuración o en la programación, las variables se asignan explícitamente a domicilios del hardware, lo que permite obtener un grado muy alto de independencia con el mismo y facilita la reutilización de los programas en otras aplicaciones.

La Norma define cinco lenguajes, aunque el primero de ellos, **Gráficas de Función Secuencial SFC** (por sus siglas en inglés), opera como un elemento integrador para los siguientes cuatro: Lista de Instrucciones, Diagramas de Lógica de Escalera, Diagramas de Bloques de Función y Texto Estructurado. Los programas se pueden descomponer en sus elementos lógicos para construir estructuras modulares que simplifiquen la reutilización de las rutinas, reduzcan los errores y mejoren la eficiencia en general.

El Lenguaje SFC describe la manera gráfica la conducta secuencial del programa de control. Se manejan bloques de acción y transiciones para enlazar las diferentes etapas en un programa, representando así, cada estado particular del sistema que se controla. Las transiciones se asocian con una condición: Cuando es verdadera, la etapa anterior se desactiva y la que está después se activa. Los pasos se acoplan a los bloques de acción para desarrollar ciertas acciones de control y cada elemento se puede programar en cualquiera de los lenguajes normalizados.

La arquitectura del método estructurado es una herramienta de comunicación muy efectiva, porque permite que diferentes personas, con diferentes niveles de preparación técnica, y en diferentes países, colaboren en proyectos comunes de programación.

Los restantes cuatro lenguajes se agrupan en dos categorías: Lenguajes de Texto (Listado de Instrucciones y Texto Estructurado) y Lenguajes Gráficos (Lenguajes de Lógica de Escalera y Diagramas de Bloques de Función). El criterio de decisión para adoptar uno u otro lenguaje no depende del lenguaje en sí, sino de la formación de programador, del problema que se pretenda resolver, del nivel de descripción del problema, de la estructura del sistema de control y del grado de interacción que se requiere con otras áreas.

El Diagrama de Lógica de Escalera tiene sus raíces en los Estados Unidos de América; fue el primero que se utilizó para programar los PLC y se liberó junto con el Modicom 084. Este desarrollo se le acredita a un equipo de la compañía Bedford, encabezado por el ingeniero Richard Morley.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Lo ingenioso de este desarrollo es que se diseñó para que el personal técnico de bajo nivel lo entendiera con facilidad, pues los símbolos utilizados se derivan de los que se emplean en los diagramas eléctricos convencionales, por tal motivo, cualquier electricista entrenado los puede entender. Su nombre se debe a la apariencia que tienen los esquemas; cada operación se representa por una línea dibujada de arriba hacia abajo, de tal manera que simulan los peldaños de una escalera. Este lenguaje a tenido cierta evolución, sin embargo, hoy, en lo fundamental, tiene las mismas características de su desarrollo pionero.

La Lista de Instrucciones es textual y se desarrolló en Europa. Su estructura es muy parecida al lenguaje ensamblador, que se utiliza para programar funciones de bajo nivel en las computadoras.

El Diagrama de Bloque de Funciones es el más común en la industria del proceso, pues mediante un conjunto de bloques gráficos interconectados expresa la conducta de las funciones, de los bloques y de los programas. Los esquemas que lo componen son muy parecidos a los diagramas de los circuitos electrónicos. En este esquema, el sistema se expresa como un flujo de señales entre los elementos del proceso.

El lenguaje de Texto Estructurado es muy poderoso y tiene sus raíces en los Lenguajes de Alto Nivel como ADA, Pascal, y "C" y contiene los elementos esenciales de los lenguajes modernos de programación incluyendo la selección de ramas (IF-THEN -ELSE y CASE OFF) y lazos interactivos (FOR, WHILE Y REPEAT), los cuales pueden anidarse. Este lenguaje se utiliza para describir bloques de funciones muy complejas.

La Norma IEC 61131-3 tiene un impacto muy importante en la industria del control de procesos y automatización, y no se restringe sólo al mercado de los PLC convencionales, sino que fue adoptado por los mercados de control de movimientos, sistemas de control distribuido lógica en PC y SCADA. Los proveedores de PLC y los Programadores obtienen muchos beneficios al adoptar la norma, entre los más importantes: reducción del desperdicio de recursos humanos en entrenamiento, depuración y mantenimiento de programas; reducción de malentendidos y errores; reutilización de las rutinas programadas; y capacidad de combinar componentes de diferentes programas, proyectos y lugares.

Actualmente, la Norma está en proceso de actualización para adecuarse a la evolución de los sistemas de control industrial y a los avances recientes de la ingeniería. Una tendencia actual es migrar los grandes sistemas de control centralizado hacia sistemas distribuidos. Por tal motivo, una de las principales consideraciones que se plantean los organismos certificadores, es integrar la norma IEC 61131-3 con la Norma IEC 1499. Esta última es un modelo arquitectónico para sistemas de control industrial distribuido, en la cual no se define ningún lenguaje de programación para resolver los algoritmos y por tal motivo, se utilizan los lenguajes definidos en la Norma IEC 61131-3.

Una integración entre ellas abrirá nuevas oportunidades para mejorar la compatibilidad de los sistemas de control y automatización.

### *1.5.-Las Comunicaciones y las Redes.*

Los PLC se comunican con otros equipos mediante ciertos Protocolos inmersos en el equipo, o agregados mediante circuitos de E/S. Los que más se utilizan son: RS-232, RS-422, RS-485, RS-423, RS-485, RS-423, MAP 802.4, RS-449, Ethernet Industrial y Protocolos propietarios diseñados por el fabricante.

El RS-232 es el Protocolo más antiguo, fue aprobado como Norma en 1969 y su última revisión data de 1991, liberada por la Asociación de Industriales de la Electrónica, EIA (por sus siglas en inglés) como EIA/TIA-232-E. En su modalidad típica, conecta un dispositivo transmisor a uno receptor, a una velocidad de 20 Kilobytes por segundo hasta una distancia hasta 15 metros.

En 1994 se liberó la toma TIA/EIA-422-B en su revisión más reciente la que permite conectar múltiples receptores aún sólo transmisor hasta una distancia de 1.2 Kilómetros. En tramos más cortos maneja velocidades de hasta 10 Megabytes. La combinación óptima entre distancia y velocidades es de un kilómetro a 115.2 Kilobytes por segundo.

En 1983 se liberó la Norma EIA-485, muy similar RS-422, en cuanto a la velocidad de transmisión y distancia, excepto que permite que en un sistema haya varios transmisores y receptores conectados a un sólo par de cable (Multidrop). El Software de control en el maestro o los esclavos asegura que, en un momento dado, sólo un de los dispositivos transmita, mientras los demás permanecen callados. En esta modalidad se puede conectar hasta 32 transmisores o receptores a un solo cable.

Paralelamente al desarrollo de los PLC, las pistas de comunicación industrial han evolucionado para satisfacer el modelo OSI de siete capas, que es la manera como se evalúa el grado de apertura que tiene un protocolo de comunicación. En palabras sencillas un Protocolo abierto significa que cualquier dispositivo, no importando el fabricante se puede integrar a una red para interactuar con los demás elementos previamente instalados.

En la actualidad, ninguna de las normas internacionales de comunicación satisface plenamente el Modelo OSI; aún así, existen soluciones capaces de ofrecer un alto grado de apertura y facilite la integración de los dispositivos de medición y control industrial, por ejemplo, de DeviceNet, Modbus, Profibus-DP, Interbus, Lonworks, As-Interfase y recientemente, Ethernet industrial, son normas internacionales, o de facto, por la gran base instalada que poseen.

Cada una tiene ventajas y desventajas, pero todas tienen un amplio respaldo de entidades certificadoras internacionales y de algunas compañías muy importantes. Para evitar la influencia de algún proveedor en particular, algunas de ellas se manejan a través de Fundaciones, como la Asociación de Proveedores de DeviceNet Abierto, ODVA (por sus siglas en inglés) y la Organización Comercial de Profibus; PTA (por sus siglas en inglés).

### *1.6.- Los Productos.*

Aunque hay diversos criterios para clasificar a los PLC, la forma usual depende del número de E/S que manejan. Considerando lo anterior, los vamos a clasificar en cinco categorías: Los PLC Nano con menos de 32 E/S; los Micros con hasta 128; los Pequeños con hasta 512; los Medianos con hasta 1024; y los Grandes con más de 1024 E/S.

La categoría Nano es de reciente introducción y se utiliza en el mercado de fabricante de equipo original(OEM) de maquinarias y en algunas aplicaciones distribuidas de E/S. Algunos productos en esta categoría son: Pico Controller de Rockwell automation, Modicon TSX Nano de Schneider Electric, S7- 200 de Siemens, FEC- 20 Festo, y Versamax Nano PLC de GE fanuc.

La categoría de PLC Micro se utiliza en aplicaciones OEM y en algunas aplicaciones comerciales; por ejemplo, en equipos de aire acondicionado, elevadores y equipos automáticos para lavar automóviles. Estos equipos ya incluyen cierta capacidad de comunicación para crear una interfaz entre las máquinas donde están instalados y los sistemas de supervisión. Algunos productos típicos de esta categoría son: Micrologix 1500 Rockwell automation, S7-226 de Siemens, TSX Micro de Schneider Electric y Versamax Micro de GE Fanuc.

La categoría de PLC pequeños tiene una mayor capacidad de comunicación con otros dispositivos y controles maestros. Al mismo tiempo las fundaciones de E/S analógicas se han mejorado sustancialmente, de tal manera que se utilizan para diseñar algunas soluciones sencillas para la industria del control de procesos y bache. Algunos productos típicos son: PLC-5/11 de Rockwell Automation, 90-30/323 de GE Fanuc y S7-200 de Siemens. En este segmento se compete agresivamente con productos de SoftLogic, que son aplicaciones de Software que se ejecutan en una PC para emular el compartimiento de un PLC. La categoría de un PLC Mediano tiene una gran capacidad de comunicación para integrarse a redes de control de gran tamaño. Muchas veces, una línea en particular puede cubrir tanto las necesidades de la categoría mediana, como de las grandes; esto se debe a que la construcción modular les permite intercambiar procesadores y módulos de E/S para mejorar funciones.

Algunos productos típicos son: S7-300 de Siemens, PLC5 de Rockwell Automation y serie 90-70 de GE Fanuc, y Premium de Schneider Electric.

La categoría de PLC Grandes se aplican en operaciones que tienen una gran demanda de E/S, velocidad de procesamiento y comunicaciones abiertas, y por la gran cantidad de funciones que satisfacen, son verdaderos sistemas de control. Algunos productos típicos son: PLC5 y control logix de Rockwell Automation, Simatic S7-400 de Siemens, y Quantum de Schneider Electric.

Recientemente los PLC se están integrando al sistema de control de mayor complejidad denominados "Controladores Híbridos".

Se le llama así porque satisfacen las necesidades del control discreto, operación típica de los PLC, y el control continuo, tradicionalmente encomendado a los Sistemas de Control Distribuido, DCS (por sus siglas en inglés). Tienen compatibilidad con la mayoría de los protocolos modernos como DeviveNet, Modbus, Profibus, Y Ethernet industrial, por mencionar algunos, y se ofrecen con una gran cantidad de módulos que satisfacen cualquiera de las necesidades que pueda tener el usuario; Velocidad procesamiento, número tipo de E/S, o compatibilidad con pistas de control. En algunos modelos, inclusive, se proveen módulo para efectuar control de lógica difusa. Algunos productos típicos en esta categoría son: Process Lógix de Rockwell Automation, PlantScape de Honeywell, APACS+ y PCS-7 de Siemens y Quantum de Schneider, en su categoría híbrida. Actualmente, todos los productos en esta categoría tienen algún grado de comunicación con Internet, de tal manera que las redes ya no están acomodadas por la distancia. La vigilancia de las operaciones es total y se puede realizar remotamente. Para referirse a este concepto, algunos fabricante como Schneider Electric, han acuñado el término de "Fabrica Transparente".

### *1.7.- PES. La Solución para la Seguridad.*

La seguridad es otro de los campos en donde los PLC son una solución, pues para que no sufran daños, las máquinas y procesos deben ser protegidos igual que las personas. En un enfoque tradicional, la solución se diseña utilizando un PLC convencional y un circuito alterno que resuelva los aspectos de seguridad, lo que es complejo de diseñar y caro de mantener. Por este, motivo algunos fabricantes empezaron a proveer los PLC de seguridad.

Un PLC de seguridad es un dispositivo de alto desempeño que entre otras funciones al detectar una falla, cambian a un estado seguro, o sea, la válvula del gas se cierra, la prensa se detiene, el motor se para, o lo que sea necesario para proteger al sistema.

Las características esenciales de éstos son la redundancia de la auto-verificación. La redundancia se logra mediante la combinación de dos o tres procesadores que operan sincronizadamente; si uno falla las funciones se transfieren automáticamente a otra unidad que funcione correctamente.

La Norma internacional IEC-61508 regula las prácticas de seguridad relacionada con los equipos eléctricos, electrónicos, y los relevadores de seguridad programados electrónicamente. En ella se introduce el concepto de los niveles de integridad de seguridad, SIL (por sus siglas en inglés). Esta Norma todavía no satisface plenamente las necesidades del control de proceso. Por tal motivo, para resolver carencia, muy pronto se liberará la Norma IEC61511 aunque la Norma IEC-61508 tiene la aprobación del Instituto Nacional de Normas Americanas, ANSI (por sus siglas en inglés), en los Estados Unidos y en su área de influencia, prefiere utilizar la Norma de ANSI/ISA84,01-1996 mientras se libera la IEC61511.

De acuerdo con la normatividad de seguridad, los niveles críticos asociados a la probabilidad de fallas son cuatro (Sil 1 a 4). El nivel 4 es el más severo porque implica que el equipo de seguridad tenga una disponibilidad del 99.99 por ciento, o sea, la probabilidad de que falle en transferir la operación a un estado seguro es apenas de 0.01 por ciento. Para facilitar la comprensión de concepto, éste se describe en función de los efectos que produce en determinado ambiente; por ejemplo el nivel Sil-4 en un área de prensas, significa que las posibilidades de incidentes son muy altas y que el personal está expuesto continuamente a un percance. Cualquier equipo electrónico de seguridad que se instale en dicha área debe estar homologado para categoría Sil-4.

Para evitar la confusión entre los usuarios la norma denomina " PES" a los Programadores Electrónicos de Seguridad para diferenciarlos de los PLC. No se recomienda utilizar éstos últimos en un ambiente que demanda un nivel de seguridad Sil-1, y está estrictamente prohibido utilizarlos en ambientes Sil-2 a 4. Bajo esta normalidad, los PES se construyen con circuitos redundantes, sistemas de diagnóstico de alta cobertura y funcionamiento interno "a prueba de fallas"; esto es, si el dispositivo falla, la sistema "siempre" se transfiere a "condición segura".

Hay que precisar que, de acuerdo con los expertos, los PLC Convencionales tiene una probabilidad de disponibilidad del 50 por ciento, o sea, en la mitad de los casos que ocurra un incidente peligroso, la operación del sistema no se transferirá a un estado seguro. Por supuesto se puede construir una aplicación segura utilizando un equipo convencional, pero se tiene que complementarlo con dispositivos y circuitos auxiliares que provean la operación redundante, el diagnóstico de alta cobertura y otras variable. Considerando la tecnología reciente de los PES, Siempre es más económico implementar un sistema de seguridad utilizando equipo homologados para cumplir la Norma.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO II

### SISTEMAS EXPERTOS.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### II.1.- Introducción.

El Control Automático de equipos utilizados en la Industria, la Escuela y el Hogar es particularmente útil para tareas peligrosas, repetitivas, tediosas ó simples. A nivel Industrial se emplean máquinas que cargan, descargan, soldan, cortan ó moldean con el fin de conseguir precisión, seguridad, economía y productividad.

La aplicación de Ordenadores Integrados a máquinas que realizan tareas como lo hace un ser humano, fue planteado por diversos autores.

*"Los Automatas Programables (AP), son Ordenadores Integrados en máquinas. Frecuentemente, sustituyen la labor humana en tareas repetitivas específicas. Algunos dispositivos tienen incluso mecanismos antropomorfos; incluyendo algunos que reconoceríamos como brazos mecánicos, muñecas y manos.*

*Un Automata Programable (AP), se define como un manipulador reprogramable y multifuncional diseñado para mover materiales peligrosos, partes, herramientas ó dispositivos especiales a través de movimientos variables programados para realizar varias tareas".<sup>1</sup>*

La capacidad de un Robot es que sea programable, lo que permite utilizarlo en diversas aplicaciones.

Algunas aplicaciones de los Automatas Programables, cuentan con requisitos para los cuales, el uso de un Ordenador Digital, es el método más apropiado de control total de la célula de trabajo.

Al hacer referencia a la utilización de un Servidor Dedicado (generalmente un miniordenador ó un  $\mu$ ordenador) en lugar del Ordenador que se utiliza como la unidad de control de el Automata Programable.

<sup>1</sup> Rolston. T. (1998). Sistemas Expertos e Inteligencia Artificial, México: Mc Graw-Hill, p. 22.

En casos donde el Ordenador es el controlador de la célula de trabajo, se debería utilizar ó en serie con un Automata Programable ó como un sustituto de éste.

El Ordenador podría efectuar diversas actividades en la Planta Industrial y así se prepararía para controlar a la célula de el Automata Programable en un modo de operación denominado de tiempo compartido.

De igual forma, el Ordenador probablemente formaría parte como un componente de una Red de Ordenadores jerárquicos en la Fábrica, conectadas en su parte final a los Automatas Programables, y/o controladores de Automatas Programables en la célula, y conectados hacia arriba al siguiente nivel jerárquico en la Planta Industrial.

Los Automatas Programables son dispositivos especializados que se diseñan para comunicarse con el Control de Procesos Industriales. Se proporcionan con puertos de Entrada/Salida que pueden ser cableados directamente a los elementos que constituyen la Planta Industrial.

Esto es una ventaja sobre el Ordenador Digital, ya que se deben realizar disposiciones especiales para comunicar el Ordenador a los equipos del área industrial en la célula.

Sin embargo, el Automata Programable AP tiene ciertas limitaciones en el procesamiento y manejo de datos y lenguaje de programación que dan al Ordenador una ventaja de aplicaciones que necesitan estas capacidades.

Algunos ejemplos de los tipos de características de aplicaciones de un Automata Programable, que podrían tender a favorecer el uso de Ordenadores para el control de célula de trabajo incluirían las siguientes:

1.- Casos en los que existe alguna célula cuyas operaciones se deben controlar y que significan cantidades de datos que deben comunicarse entre ellos.

2.- Células en las cuales el problema de detección y recuperación de error es una parte importante en la codificación que se debe programar para la operación de la célula de trabajo.

3.- Cuando algunos productos diferentes se hacen sobre la misma línea de producción automatizada, las operaciones en las diferentes Estaciones se tienen que controlar y secuenciar adecuadamente.

Los Ordenadores estarían bien adecuados a las funciones de procesamiento de datos que se requieren en este tipo de aplicación.

En casos donde las líneas de producción son utilizadas para operaciones de ensamble, los diversos tamaños y estilos de las piezas componentes, se deben clasificar y adaptar al modelo particular que va a ser ensamblado en cada Estación de Trabajo respectiva, a lo largo de toda la línea de Producción.

4.- Situaciones en las cuales se requiere un alto nivel de planeación de la Producción en control de inventarios; en la operación de la célula. Otra vez, este tipo de función de procesamiento de datos podría necesitar la utilización de un Ordenador además de, ó como un sustituto de un Automata Programable.

Las diferencias entre los Ordenadores Digitales y los Automatas Programables, son principalmente, diferencia en aplicación, más que diferencia en tecnología y arquitectura básica.

El Automata Programable (AP) puede, de hecho, considerarse como una forma especializada de Ordenador Digital con características dedicadas para el control de Entrada/Salida de elementos industriales. Las tecnologías de los dos tipos de control son bastante similares.



## II.2.- *Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos.*

*"La Inteligencia Artificial es la solución de problemas complejos con el apoyo del Ordenador Digital, mediante la aplicación de Procesos que son análogos al Proceso de razonamiento humano".<sup>2</sup>*

Sólo unos pocos acontecimientos que han ocurrido ú ocurrirán en el último cuarto de este siglo tendrán un efecto tan profundo y duradero sobre la vida humana, como lo es la creación de Máquinas Inteligentes. El uso de Ordenadores y Automatas Programables Inteligentes y autónomos provocará un cambio fundamental en nuestra sociedad.

Para entender su importancia es conveniente que se lleguen a entender dos ideas fundamentales. Lo primero es que prácticamente todos los usos y aplicaciones de los Ordenadores Digitales y de la Automatización, en general a la Industria; están estrechamente relacionados con los principios básicos en que se fundó la Revolución Industrial: Más específicamente, el uso de los Ordenadores y de la Automatización ha reemplazado a aquellos Trabajadores que desempeñaban actividades poco cualificadas y repetitivas.

El segundo punto a tener en cuenta es que el uso de una Automatización Inteligente, desembocará una segunda Revolución Industrial. No obstante, en esta Revolución, los Trabajadores que serán reemplazados por las máquinas pertenecerán a un nivel medio, donde entrarían todos aquellos trabajos que exigen la Toma de Decisiones analizadas (pero, quizá, ninguna inventiva).

Hasta hace poco, muchos usuarios, han observado el campo de la Inteligencia Artificial (IA); como el lado oscuro de la Ciencia Informática; creían que, al igual que "el Doctor Frankenstein" de Mary Shelley, intentaba crear la vida; los Programadores de IA trabajaban para crear pensamiento.

Los Investigadores en Inteligencia Artificial fueron; a veces, paradójicamente considerados como la élite y los "fanáticos" de la Ciencia Informática. Cuidadosos de no referenciar a la Inteligencia Artificial IA, e incluso por su clasificación de Programadores empleados, cuando se les forzaba a dar una visión de la viabilidad ó realidad práctica de una máquina inteligente, normalmente solían argumentar que "aún quedaban muchas investigaciones por hacer", y que "en un futuro próximo habrá importantes descubrimientos, pero por el momento, lo alcanzado no es aún mencionable".

---

<sup>2</sup> Rolston. T. Op. Cit. p. 10.

¡La imagen de la Inteligencia Artificial ha cambiado de una vez por todas!

Es difícil proporcionar una fecha real del comienzo de lo que normalmente se denomina Inteligencia Artificial (IA). Los primeros Ordenadores eran en realidad, máquinas que tenían que ser literalmente renovadas en su totalidad, para resolver problemas diferentes. El almacenamiento de programas permitía al Ordenador cambiarse rápida y fácilmente con sólo ejecutar un nuevo programa.

¡Esta capacidad implica que un Ordenador podría ser capaz de cambiar su propia función, es decir, aprender ó pensar!

El campo de la Inteligencia Artificial IA, requiere de varias áreas de estudio. De ellas se enlistan las más importantes y son:

- 1.- Búsqueda (de soluciones).
- 2.- Sistemas Expertos.
- 3.- Procesamiento en Lenguaje Natural.
- 4.- Reconocimiento de Modelos.
- 5.- Robótica.
- 6.- Aprendizaje de las Máquinas.
- 7.- Lógica.
- 8.- Incertidumbre y "Lógica Difusa".

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Algunas de las áreas representan aplicaciones finales, tales como los Sistemas Expertos; otras como el Procesamiento de el Lenguaje Natural y la Búsqueda de Soluciones, son bloques de la Inteligencia Artificial IA que se añaden a otros programas para llevar a cabo su realización.

Cuando se hace referencia a la Inteligencia Artificial IA, el término búsqueda se refiere a la Búsqueda de Soluciones a un problema. (No implica encontrar una Información específica dentro de una Base de Datos). Los Sistemas Expertos, son el primer producto de la Inteligencia Artificial IA viable comercialmente.

Un Sistema Experto SE tiene dos características especiales y principales. Primero, le permite introducir Información sobre un tema en un Ordenador. A esta Información se le suele llamar base de conocimiento.

En segundo lugar, le permite interrogar a esta base de conocimiento y luego actúa como si fuese un experto en la materia, que es en definitiva la razón de su nombre.

Para algunos Investigadores en Inteligencia Artificial IA, el Procesamiento de el Lenguaje Natural (conocido como PLN), es uno de los fines principales que la Inteligencia Artificial IA debe alcanzar porque permite al Ordenador la entrada de el Lenguaje Humano de forma directa. El único obstáculo para lograr este objetivo es el tamaño y la complejidad de los lenguajes humanos.

Además, se tiene el problema de que el Ordenador sea consciente de la Información contextual que pueda aparecer en cualquier situación que no sea de las más simples.

El reconocimiento y relación de modelos, es importante para varias aplicaciones, incluidas la Robótica y el Procesamiento de Imágenes. Por ejemplo, cuando se da una imagen de TV digitalizada, *¿cómo puede determinar el Ordenador dónde termina un objeto y empieza otro, ó si un objeto está sobre otro?*

Al igual que el procesamiento de el Lenguaje Natural, el reconocimiento y relación de modelos es necesario para que un Ordenador se interrelacione con el mundo humano.

Aplicado a los Autómatas Programables, la Inteligencia Artificial IA ayuda a que un Ordenador controle el movimiento usando un razonamiento especial.

Para los Autómatas Programables Industriales como los que se utilizan en el ensamblaje de automóviles, los problemas para la Inteligencia Artificial IA aparecen al tratar de suministrarles un movimiento natural ó preciso dentro de un conjunto de posiciones concretas.

Los Robots Autónomos tienen mayores problemas para desenvolverse en un mundo humano; con sus obstáculos, sucesos inesperados y cambios de ambiente.

Una de las áreas más importantes de la Inteligencia Artificial IA es la del aprendizaje mecánico. Esta área trata de hacer que los programas "aprendan" de sus propios errores, con base a la observación y a la autoevaluación.

El aprendizaje mecánico significa simplemente hacer que el Ordenador sea capaz de beneficiarse de su propia experiencia.

De los muchos productos de la Inteligencia Artificial IA de importancia práctica, están los que pueden usarse para estudiar la corrección lógica de un argumento aplicando unas reglas lógicas generales. En este contexto, la palabra "argumento" se refiere a las distintas afirmaciones conectadas de manera lógica para alcanzar un fin.

Esto incluye análisis matemático, lógica formal y lógica silogística ó filosófica. La mayoría de las decisiones que se toman, están basadas en un conocimiento incorrecto.

Por ejemplo; cuando se compra una casa, no se sabe que todas las cañerías funcionen correctamente, etcétera. La decisión de comprar se basa en la suposición de que hay una cierta probabilidad ó posibilidad de que todo se encuentre en perfectas condiciones.

El que un Ordenador pueda "pensar" de la misma manera que un ser humano implica el uso de la lógica incierta (es decir, la toma de decisiones basadas en una información incompleta ó probable).

A continuación se enlistan los principios fundamentales en que se basa la Inteligencia Artificial IA, y éstos son:<sup>3</sup>

*Principio 1.0.-* Las técnicas de la Inteligencia Artificial IA intentan en forma explícita, trasladar el proceso de razonamiento hacia el programa.

*Principio 1.1.-* Un Sistema Experto (SE), se dedica a un problema de un área específica. No se intenta enfocar las capacidades humanas en todas las áreas.

*Principio 1.2.-* Habitualmente se espera de una persona un desempeño aceptable, pero no se le exige una solución óptima en todos los casos.

*Principio 1.3.-* Un Sistema Experto SE busca una solución satisfactoria, tal que sea lo suficientemente buena para hacer el trabajo, aunque no sea la óptima.

*Principio 1.4.-* El nivel de exactitud y precisión que exige una solución satisfactoria se dictamina por el dominio del problema.

Uno de los más importantes acontecimientos que ocurrió en la Inteligencia Artificial sucedió en los años sesenta, pero pasó virtualmente desapercibido en los Estados Unidos de América; hasta la década de los ochenta.

Este fue la creación del PROLOG en 1972, obra de Alain Colmerauer en Marseille, Francia. Al igual que LISP; PROLOG era un lenguaje diseñado para ayudar a resolver problemas relativos a la Inteligencia Artificial IA; al contrario de LISP, poseía un gran número de características especiales, como son una Base de Datos incorporada y una sintaxis, bastante simple.

En esencia, hacia 1980, el LISP era el lenguaje de la Inteligencia Artificial elegido en los Estados Unidos de América, mientras que PROLOG tenía el mismo estatus en Europa.

Sin embargo, en 1981, esta situación cambió tras el anuncio de los Japoneses de que usarían PROLOG como base de sus Ordenadores de la "Quinta Generación", una de la de mayor oferta.

Lo que hace a PROLOG importante en la historia de la Inteligencia Artificial IA, es el hecho de que reuniera un conocimiento más profundo del proceso de pensamiento de lo que lo hacía el LISP.

---

<sup>3</sup> Rolston, T. Op. Cit., p.p. 25-27.

Por ejemplo, PROLOG contiene la posibilidad de una Base de Datos incorporada y rutinas de resguimiento, siendo ambas necesarias en muchas situaciones en resolución de problemas.

Aunque PROLOG ha ido ganando popularidad en los Estados Unidos de América desde 1981, aún no está claro si se convertirá en el primer lenguaje de investigación de Inteligencia Artificial /A en Estados Unidos de América.

Actualmente, el énfasis en el campo de la Inteligencia Artificial /A pasa de la investigación a la aplicación. Este cambio significa que las técnicas de Inteligencia Artificial /A desarrolladas en el laboratorio usando un lenguaje de investigación, necesitarán hacerse efectivas usando diversos lenguajes de ámbito general para resolver aplicaciones reales.

### II.3.- ¿Pueden los Ordenadores Pensar? <sup>4</sup>

Antes de que pueda explorar el ámbito de la Inteligencia Artificial IA a través de su Programación, debe entender lo que significa para un Ordenador el hecho de pensar. El concepto de un Ordenador pensante implica que un Ordenador está ejecutando un programa pensante.

Para esta discusión y en vistas a mantenernos compatibles con términos tradicionales, se hablará de programa pensante como un programa inteligente.

Sin embargo, hay una gran discusión acerca de si los programas son inteligentes ó no, y consecuentemente, si los Ordenadores pensantes existen. No es fácil de entablar este debate, ya que todo depende de la forma en que se interprete la definición de "inteligencia".

Hay argumentos convincentes (y algunas veces emocionales), que apoyan cada punto de vista. Una pregunta que surge en este debate es cómo un programa inteligente se diferencia de uno "no-inteligente". Este apartado explora varios de estos argumentos, sin embargo, queda a cada persona decidir su propia concepción.

Determinar lo que se considera como programa inteligente implica conocer el significado de inteligencia. Se define el término "inteligencia", como la capacidad de comprender hechos y proposiciones, sus relaciones y razonamientos. Esta definición nos lleva a una pregunta: *¿Qué significa razonar?*

En este contexto, significa "pensar". Hace mucho tiempo se consideraba que la gente no podía explicar "cómo" pensaba, pero podía decir "lo que pensaba". El hecho es que la gente realmente no puede entender cómo piensa. (Si lo hiciera, no sería pues tan difícil hacer que un Ordenador pensase).

Si se mantuviera una interpretación estricta de la definición de inteligencia, podría argumentar que "todos" los programas son inteligentes. Considérese lo siguiente: La primera parte de la definición de inteligencia es la capacidad de comprender los hechos, las propuestas y sus relaciones.

Los Ordenadores están increíblemente bien diseñadas para llevar a cabo estos tipos de trabajos. Por ejemplo, una Base de Datos relacional puede almacenar (comprender) información, aceptar preguntas (proposiciones), y como su nombre implica, representar relaciones.

---

<sup>4</sup> Kolmogorov. Igor. (1980). Introducción a la Cibernética. México: Colección 70. p.p. 45-68.

Ciertamente, algunos tipos de información, tales como las imágenes visuales, son mucho más difícil de comprender para un Ordenador que cualquier otro, pero la definición de inteligencia no exige que la comprensión se lleve a cabo de una manera determinada (sólo exige que la comprensión tenga lugar).

Por tanto, lo que un Ordenador hace normalmente (unir, almacenar y acceder a la información), satisface la primera exigencia de la inteligencia.

Sin embargo, ¿puede la base de datos "razonar" estos hechos? (¿que es la segunda exigencia de la inteligencia?). Quizá la respuesta depende de lo que alguien considere como definición correcta de "razonar".

Si la manipulación de la información de la base de datos (el acto de buscar, clasificar, procesar las preguntas, archivar, etcétera) puede ser llamado "razonamiento", entonces cualquiera puede afirmar que la base de datos es un programa inteligente.

Esto implica que la mayoría de los programas de Ordenadores son inteligentes. Recuerde que precisamente la mayor parte de los programas de Ordenador manipulan la información de una manera lógica y razonable. Por tanto, esta forma de razonamiento debe ser clasificada como inteligencia.

Para mucha gente, esta conclusión es difícil de aceptar. Implica que virtualmente todos los programas pertenecen al campo de la Inteligencia Artificial (una implicación que no se ajusta a la verdad). Su intuición y experiencia en ejemplos específicos de programas basados en Inteligencia Artificial le dice que hay una diferencia. Pero, ¿cuál es?

Si intenta justificar su incapacidad para aceptar que una Base de Datos relacional es un programa pensante, se podría decir que no puede serlo porque se cree que lo que el programa de Base de Datos hace, no es similar al concepto de pensamiento humano.

Sin embargo, el lector se encuentra entonces con el hecho de que "exactamente la misma labor" realizada por un empleado de archivos, exige obviamente inteligencia por parte de dicho empleado.

He aquí la paradoja: Si el programa de Base de Datos lleva a cabo esta labor, entonces no está pensando; aunque, si una persona realizara esta función se diría que piensa. Este problema surge debido a nuestro propio orgullo. Como ser humano, preferiría pensar que es su cerebro lo que le hace especial, es decir, que el género humano tiene el monopolio del pensamiento cognitivo.

Puede quizá, admitir que los mamíferos superiores pueden pensar e incluso razonar, a niveles muy elementales, pero los humanos van más allá. Sin embargo, que una simple máquina pueda pensar, a cualquier nivel, es una idea incómoda.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tanto es así que, cuando algún brillante Programador crea un programa inteligente, la tendencia general es decir, "bueno, no es realmente inteligente".

"Es sólo que actúa de forma inteligente". No decir esto, sería admitir que se ha perdido el monopolio humano sobre el pensamiento. Hay otra forma de ver el problema. Uno podría decir que un perro bien amaestrado es inteligente si le trae a su dueño el periódico del jardín.

Alguien incluso diría, que su hijo de un año es bastante inteligente si puede hacer lo mismo. Aunque en realidad no es tan difícil construir un Robot controlado por Ordenador que fuera capaz de realizar la misma función. Sin embargo, la mayoría de la gente no se inclinaría a decir que el Robot era inteligente por el simple hecho de que pudiera traerles el periódico de la mañana.

La razón para este prejuicio estriba en que la mayoría de la gente diría que un Robot que trae el periódico es simplemente una máquina que ejecuta un programa creado por un Programador, y que el Robot no "piensa" cuando realiza esta tarea, sino que simplemente la "hace".

El ejemplo del Robot y el periódico también suscita un problema diferente que lleva de vuelta al hecho de que las personas no saben cómo piensan. Debido a que el programa para traer el periódico del jardín es fácil de comprender, la tendencia es a decir que el programa no puede ser inteligente "porque" se puede entender.

A esto es a lo que suele llamarse principio mágico: A nivel emocional, la mayoría de la gente considera que el proceso del pensamiento es algo mágico.

Debido a que la gran mayoría no entiende los procesos del pensamiento, incorrectamente se asume que cualquier mecanismo construido y dominado por el hombre no puede ser inteligente, puesto que su inteligencia es, en definitiva, la de aquel que la construyó. Esencialmente, creen que la creación es siempre inferior a su creador.

Además, existe la cuestión fundamental de la libre voluntad. A través de la historia, el pensamiento ha estado siempre relacionado con el concepto de libre voluntad: Sólo un ente con la "voluntad de pensar" puede pensar.

Descartes, el famoso filósofo del siglo XVII, proclamó que el pensamiento probaba su propia existencia cuando escribió la famosa afirmación filosófica: "Pienso, luego existo".

Lo que hace a este concepto problemático es que, en el ejemplo del Robot y el periódico, parece que tanto el niño como el perro eligen traer el periódico (como algo opuesto a hacer cualquier otra cosa); pero debido a que el Robot "está programado" para hacer esto (verdaderamente, debe traer el periódico, porque es su programa) no puede hacer otra cosa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Sin embargo, ¿puede un Ordenador "elegir alguna vez algo? No hay duda de que esta pregunta será una de las cuestiones fundamentales tanto filosóficas, como legales en el siglo XXI.

Esta pregunta puede rápidamente polarizar a un gran número de Programadores. Hay muchos Programadores que piensan con firmeza que "una máquina es una máquina" Un Ordenador no puede tener libre voluntad porque no tiene mente, sólo circuitos. Por tanto, es imposible que un Ordenador pueda elegir hacer algo y, más específicamente, pensar.

Este es un argumento bastante convincente. Sin embargo, otros Programadores que sostienen posturas opuestas pueden ser más persuasivos. Imagínese que un Ordenador está controlando el peso de una carga de ladrillos sobre un camión.

Cuando el peso de la carga sobre el camión alcanza un cierto punto, el Ordenador cierra el paso de ladrillos. ¿Decidió el Ordenador para el proceso de carga? ¡Sí!

El Ordenador controlaba de forma clara la situación y "decidió" parar cuando el peso alcanzó un nivel específico. Si el Ordenador no hizo la elección, entonces ¿quién la hizo? Los defensores de este argumento afirman que la capacidad del Ordenador para llevar a cabo una labor condicionada demuestra su habilidad para tomar decisiones.

¿Es un Ordenador capaz de pensar? Como han demostrado los ejemplos que se acaban de analizar, hay opiniones fuertemente contrastadas. Lo más convincente es decir que el debate aún continúa. Sin embargo, es posible que el lector ya se haya formado su propia opinión.

En este momento, mucha gente está convencida de que es imposible determinar si un Ordenador puede ó no pensar, y si un programa puede ser inteligente. Pero ciertos casos muestran claramente que alguien puede hacer que un Ordenador siga un comportamiento similar al de una persona.

La clave es que algunos programas "parecen" claramente inteligentes (y, en verdad, son la base de la Inteligencia Artificial IA).

Las dificultades mostradas en el párrafo anterior, están en realidad, relacionadas con el error en la apreciación del concepto "inteligencia". Lo que las definiciones del diccionario olvidan, es el hecho de que el término "inteligencia" implica inteligencia humana.

Esta asociación implícita hace difícil admitir la posibilidad de que una máquina pueda pensar ó que un Programa de Ordenador pueda ser inteligente por el hecho de que la mayoría de los programas no realizan la misma labor, igual que lo hace una persona.

Por otra parte, cuando esta implicación desaparece, es fácil decir que los programas inteligentes no existen. Si se entiende esta diferencia, la definición de un programa inteligente aparece instantáneamente. Para que un programa sea inteligente se requiere que "actúe" inteligentemente, esto es, que debería actuar como un ser humano.

Sus procesos de pensamiento no tienen por qué ser siempre iguales a los de cualquier persona. Por tanto, aquí hay una definición de programa inteligente:

*"Un programa inteligente es aquel que muestra un comportamiento similar al de un humano que se enfrenta a un mismo problema. No es necesario que el programa resuelva, ó intente resolver, el problema de la misma forma que lo haría un humano".*

De hecho, el programa no tiene por qué pensar como un ser humano, aunque parezca pensar como tal. (Después de todo, hay personas que no piensan siempre de la misma manera).

Por tanto, se puede concluir diciendo, que un programa inteligente en cierto modo muestra un comportamiento inteligente cuasi-humano, mientras que los programas no inteligentes no lo hacen.

#### *11.4.- La Vida y el Pensamiento, Formas Particulares de Existencia de la Materia.*<sup>5</sup>

Si se analiza atentamente la manera en que A. Oparin construye su artículo "La Vida", se advierte con facilidad que las propiedades esenciales de la vida, consideradas como forma particular de organización de la materia, tal y como son descritas en el artículo, admiten la formulación de que dicha abstracción de la Naturaleza concreta de los procesos físicos (y sobre todo químicos) elementales que constituyen su fundamento:

*1.- Ningún organismo vive, ni existe cuando deja de pasar por su interior en forma incesante el torrente de nuevas partículas de sustancias con la energía que le son propias. La sustancia que penetra en el organismo sufre profundas transformaciones y adquiere parecida estructura a la de la sustancia de que se constituía anteriormente el cuerpo vivo.*

*Lo específico de la materia vida es que las transformaciones de esas sustancias están en cierto modo organizadas en el tiempo, se encuentran coordinadas entre ellas en un sistema coherente y, en conjunto, tienden a la autorenovación y a la constante autoconservación de todo organismo vivo.*

*2.- Un estudio profundo ha llevado a la conclusión de que tal orden no obedece a causas externas, independientes del cuerpo vivo (como afirman los idealistas); por lo contrario, hoy se sabe que la velocidad, la orientación y correlación de los diferentes procesos que se desarrollan en el organismo, ó sea todo lo que constituye el orden en cuestión está enteramente determinado por las relaciones que se crean en el cuerpo vivo, en su unidad con las condiciones del medio exterior.*

*3.- La más evidente de las otras propiedades elementales de los cuerpos vivos es la capacidad de autoreproducción que les es peculiar. La autoreproducción de los organismos no se limita a la multiplicación de las estructuras más simples que los forman.*

*Esas estructuras más simples pueden formarse de nuevo en el organismo. La sucesión de los procesos que constituye la base de esta nueva formación no depende de cualquier factor único, sino que refleja a toda organización del cuerpo vivo en su interacción con el medio exterior.*

---

<sup>5</sup> Grogono, K. (1985). Cibernética. México: Colección 70, p.p. 68-89.

4.- *La excitabilidad, como forma particular de relación del organismo con las condiciones del medio exterior es inherente a todo lo que vive, incluidos los seres vivientes más primitivos.*

5.- *Junto al crecimiento, la excitabilidad y otras manifestaciones de la vida, la aptitud para multiplicarse es una de las propiedades esenciales de los cuerpos vivos.*

6.- *El perfeccionamiento de la organización material de la vida consiste en la diferenciación cada vez mayor de las partes de los cuerpos vivos y en la individualización de esas partes en grupos ú órganos con funciones diferentes.*

7.- *En la herencia se encuentra fijada la experiencia de la historia de las generaciones anteriores. La herencia y la variación forman parte de esas particularidades de la vida, de importancia decisiva para el desarrollo ulterior del mundo orgánico.*

Esta serie de afirmaciones de A. Oparin pueden servir de sólida base para la definición de la vida, abstracción hecha de la Naturaleza concreta de los procesos físicos elementales, cuya organización específica permite calificar de fenómenos de la vida su desarrollo de sistema coherente.

En la experiencia de la historia de las anteriores generaciones, en la excitabilidad, etcétera; la Cibernética (en específico, los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial), reconoce fácilmente las formas biológicas concretas de manifestación de las nociones generales, la acumulación y la conservación de la información, de la realimentación, etcétera.

En realidad, de momento sólo se conoce el mundo de seres vivos que puebla la Tierra, mundo que tiene una historia común en cuanto a su origen y evolución y, por grandiosas que sean sus proporciones, es un fenómeno singular que se desarrolla, y se desarrolla en un lugar concreto y en un lapso determinado.

Hace todavía algunos años que, en el fondo parecía bastante inútil la pregunta de saber si la palabra "Vida" es nombre peculiar a este nuestro Mundo (unido por historia común) de los seres vivos terrestres, ó si bien designa una noción general que se refiere a ilimitado número de sistemas de seres vivos, aparecidos y desarrollados de forma independiente en condiciones completamente diferentes.

Es importante recalcar que A. Oparin, al articular su trabajo; demostró mucha sabiduría en el curso de su exposición al no llevar hasta sus últimas consecuencias la tesis general de que la vida es la forma particular del movimiento de la materia, que aparece en una etapa determinada de su evolución histórica, representada en nuestro Planeta por inmenso número de diferentes sistemas individuales, los organismos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Respecto a la vida que existe efectivamente en la Tierra, A. Oparin tiene absoluta razón al precisar que los últimos conocimientos de la Biología han confirmado brillantemente la tesis de Engels que caracteriza a los cuerpos albuminoides como sostén material de la vida.

El poner de relieve la unidad de bases físico-químicas comunes a la estructura a la estructura de los seres vivos terrestres y la unidad de la historia del mundo orgánico realmente desarrollado en la Tierra, ha jugado gran papel progresivo en el avance de la Biología.

Baste recordar que en una época, aún no muy lejana, era preciso rechazar las primitivas concepciones relativas a la "Generación Espontánea" de los seres vivos, a partir de la materia inerte, sin pasar por la historia tan compleja de la evolución orgánica.

Por esta razón, y hasta hace poco, las definiciones sobre la vida consistían realmente en la descripción recogida de los principales rasgos de la única forma de vida conocida por los científicos.

Y en lo referente a la noción pensamiento, ocurría lo mismo hasta tiempos recientes. De hecho, sólo se conoce el pensamiento del hombre y el pensamiento elemental concreto de los animales superiores, que es producto de la actividad del cerebro, según I. Pavlov.

Sin embargo, la situación es hoy diferente debido a dos circunstancias muy concretas. La primera es que en el Siglo de la Astronáutica se abre la posibilidad, de mucha importancia práctica para nosotros; de hallar nuevas formas de movimiento de la materia que posean las propiedades esenciales de los seres vivos ó pensantes.

La segunda de estas circunstancias está en la aparición de las probabilidades ilimitadas en principio, de modelación de los sistemas materiales, de organización tan compleja como se quiera, que ofrecen las calculadoras modernas.

Estas dos circunstancias requieren, instantáneamente, que tanto la definición de la vida como la del pensamiento sean desembarazadas de las arbitrarias premisas relativas a la naturaleza concreta de los procesos físicos que forman su base, que la definición sea puramente funcional.

Tal elaboración de conocimientos tan generales sobre la vida y el pensamiento es asunto del futuro, pero los grandes rasgos de los mismos aparecen bastante claramente.

Sin embargo, visto desde el ángulo filosófico (muy importante además), más amplio se trata de la descripción objetiva, precisa, de las condiciones existentes en un medio material en desarrollo de acuerdo con determinadas Leyes de relaciones entre causas y efectos.

Sin ningún propósito fijado desde el exterior a tal desarrollo y en el cual aparecen sistemas materiales de los que no es posible comprender el funcionamiento y la evolución sin recurrir a conocimientos de orden totalmente diferente, sin concebir la adecuación interna a un fin, propia de estos sistemas.

El Materialismo Dialéctico aporta la solución de este problema en sus rasgos esenciales. Pero los clásicos del materialismo dialéctico no se han orientado a abordarlo (cosa comprensible hasta hace poco) como conjunto concreto de fenómenos a explicar, sino como el mundo de los seres vivos terrestres: La vida física de los animales superiores, el pensamiento del hombre.

(Ahora llegó el momento en que es necesario representarse, ya concretamente, en su generalidad, las vías de aparición de los sistemas materiales que poseen adecuación interna a un fin sin olvidar tampoco las posibilidades que todavía no fueron observadas directamente).

Los mecanismos especiales de conservación y método de información, se producen desde las etapas iniciales del desarrollo de la vida. Al principio, el perfeccionamiento de estos mecanismos se efectúa por la "vía de la búsqueda ciega".

Es el caso, al menos, del mecanismo de elaboración de los reflejos condicionados más simples. Pero desde un estadio relativamente poco avanzado de la evolución orgánica, los mecanismos que aseguran el reflejo correcto de la organización del mundo exterior adquieren cierta autonomía, independientemente de que este reflejo sea ó no necesario, en todos sus detalles, desde el momento en cuestión, para la elaboración del comportamiento.

Más tarde aparecen los mecanismos de la modelación interna del curso posible de los fenómenos en el mundo exterior y de las posibles consecuencias de tal ó cual conducta. Estos mecanismos permiten efectuar la síntesis de conjunto de actos de comportamiento complejos y adecuados a su fin, sin pasar por repetidas pruebas.

Al desarrollar con perseverancia el punto de vista funcional que considera la vida y el pensamiento como modos de organización del sistema material, se llega naturalmente a conclusiones que pueden ocasionar ciertas confusiones.

La realidad es que la modelación del modo de organización de un sistema material no puede consistir en nada que no sea la creación, a partir de otros elementos materiales, de un nuevo sistema que posea, en sus rasgos esenciales, la misma organización que el sistema representado.

Por esta razón, un modelo suficientemente completo de ser vivo debe, en buena ley, llamarse ser vivo, y el modo de ser pensante que reúna esas condiciones, denominarse pensante.

*Todos conocemos el interés que suscitan las siguientes interrogantes:*

*¿Son capaces las máquinas de reproducir máquinas semejantes a ellas; y en el proceso de tal autoreproducción puede darse el proceso de evolución progresiva que llegue a la creación de máquinas muchos más perfeccionadas que las máquinas iniciales?*

*¿Las máquinas pueden experimentar emociones?*

*¿Es posible que las máquinas quieran algo y se marquen a sí mismas nuevas tareas no previstas para ellas por sus constructores?*

A menudo se intenta justificar la respuesta negativa a estas preguntas con la ayuda de:

- a). La definición restrictiva de la noción "máquina".
- b). La interpretación idealista del concepto "pensamiento", concepto con el que se demuestra fácilmente la ineptitud para pensar, no sólo de las máquinas, sino del propio hombre.

Hay una forma más tradicional y simple de plantear estas preguntas: *¿Es posible crear seres vivos artificiales, aptos para multiplicarse, para sufrir evolución progresiva, dotados en sus formas superiores de emociones, voluntad y pensamiento, comprendidas incluso las más sutiles variantes de éste?*

Una definición exacta de todas las nociones que figuran en nuestras formulaciones; no es en absoluto trivial. Sin embargo, a nivel del rigor de las ciencias de la Naturaleza, la definición es posible.

La negación de esta probabilidad conduce inevitablemente al "solipsismo" (que es un sistema de idealismo subjetivo que afirma no existir más que el propio yo y sus representaciones; define la actitud mental y especulativa adoptada por el sujeto cuando resuelve en sí mismo toda la realidad, tanto práctica como metafísicamente).

La creación de seres vivos altamente organizados sobrepasa las posibilidades de la técnica actual. Si fueran resueltas las dificultades técnicas quedará por lo menos a discusión lo relativo a la oportunidad práctica de la realización del trabajo de programas apropiados.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Sin embargo, es importante comprender con claridad que en el marco de la concepción del mundo materialista no existe ningún argumento sustancial de principio, que niegue una contestación afirmativa a esta pregunta. La respuesta adyacente constituye la formulación moderna de las tesis relativas al origen natural de la vida y a la naturaleza material de la conciencia.

Es indudable que el método de la información y el proceso de mando en los organismos vivos están en complejo entrelazamiento:

a). De mecanismos discretos (cifrados) y de mecanismos continuos.

b). De principios de acción deterministas y de principios probabilistas.

En los organismos vivos; sin embargo, los mecanismos discretos son determinantes en los procesos de método de información y de mando. No existen argumentos sustanciales en favor de la limitación, por principio, de las posibilidades de los mecanismos discretos en relación con los continuos.

La posibilidad, por principio, de obtener seres vivos en toda su validez, contruidos totalmente con mecanismos discretos (cifrados) de método de información y de mando, no contradice los principios de la Dialéctica Materialista.

Si suele encontrarse la opinión opuesta entre los especialistas de la Filosofía y las Matemáticas es, únicamente, porque éstos están habituados a no ver la Dialéctica más que ahí donde aparece lo infinito.

No es la Dialéctica de lo infinito lo que importa para analizar los fenómenos de la vida, sino la Dialéctica de lo grande (la combinación puramente aritmética de gran número de elementos crea, a la vez, lo continuo y las nuevas cualidades).

Pese a lo que se acaba de mencionar, existe también el lado "bueno" del movimiento difundido en oposición a las pretensiones exageradas de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial (algunas aplicaciones a la Cibernética). Las obras de síntesis y los trabajos particulares de la cibernética a menudo tienen como defectos reales:

a). La consideración simplista de los mecanismos de método de información y de mando en los organismos vivos, especialmente en el terreno de la actividad nerviosa superior de el Hombre.

b). El poco caso que se ha hecho de la experiencia acumulada en el estudio de esos mecanismos antes de la constitución de la Cibernética como ciencia aparte.



Si el primero de estos defectos se corrige "sobre la marcha" (la falta de fundamento de las consideraciones simplistas aparece en el curso de el Trabajo), el segundo defecto se tiene que combatir sistemáticamente, en especial en el marco de la planificación de formación de los jóvenes especialistas.

En la esfera de la actividad nerviosa superior de el Hombre la Cibernética no ha dominado más que:

- a). El mecanismo de los reflejos condicionados, su forma más simple.
- b). El mecanismo del pensamiento lógico formal.

Pero los reflejos condicionados existen en todos los vertebrados, y el pensamiento lógico no aparece sino en el último estadio de la evolución del hombre.

Todos los tipos de actividad sintética de la conciencia humana anteriores al pensamiento lógico formal, que sobrepasan el cuadro de los reflejos condicionados más simples, están todavía por describirse en el lenguaje de la Cibernética.

El aparato del pensamiento lógico formal no ocupa el lugar central en la conciencia evolucionada de el Hombre Moderno. Más bien es un tipo de "calculadora auxiliar" que se pone en marcha en la medida de las necesidades.

Como por otra parte, los esquemas habituales de la Teoría de los Reflejos condicionados ofrecen muy pocos elementos para la comprensión de los estadios superiores de la vida emocional de el Hombre ó, de la intuición creadora del sabio, es preciso reconocer que el análisis cibernético de la conciencia humana, evolucionado en su interacción con la esfera subconsciente, no ha comenzado todavía.

La mayoría de los ejemplos citados en los trabajos de Cibernética que conciernen a la modelación, sobre máquinas, de Procesos de creación artística asombran por su carácter primitivo, compilación de melodías, tomando como base fragmentos de cuatro ó cinco notas sacados de varias decenas de piezas conocidas, etcétera.

En la literatura no Cibernética, el análisis formal de la creación artística alcanzó desde hace mucho tiempo un nivel muy elevado. Puede ser muy provechoso aportar a estas investigaciones las ideas de la Teoría de la Información y de la Cibernética.

Pero el avance efectivo en esta dirección exige que entre los especialistas en Cibernética se manifieste una sensible elevación del interés por las humanidades y por su conocimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En general, esto es indispensable si se fija como objetivo comprender, a partir de las posiciones de la Cibernética, la complejidad real de la vida psíquica de el Hombre.

Es posible que un porvenir adquiera gran alcance práctico el estudio objetivo, en términos cibernéticos, de algunas de las formas más sutiles de la actividad creadora de el Hombre. Por ejemplo; un problema que en especial afecta a los matemáticos:

Se sabe que el lápiz y el papel son indispensables al matemático para su trabajo de investigación creadora intuitiva.

A menudo, en lugar de fórmulas escritas en su totalidad, aparecen sobre el papel sus esquemas hipotéticos con lugares en blanco; líneas y puntos representan gran número de figuras en el espacio ó un número infinito de dimensiones; en ocasiones, los signos sirven para designar el estado de la discusión de variantes, agrupadas según principios, que se reorganizan en el curso del mismo examen, etcétera.

Es enteramente posible que máquinas dotadas de instalación propia para introducir y obtener datos puedan ser útiles en este estadio del trabajo científico.

Es natural que la elaboración del método preciso para el uso de las máquinas presupone el previo estudio objetivo del proceso de investigación creadora del sabio.

Algunas otras direcciones del estudio objetivo del mecanismo de la actividad creadora de el Hombre pueden también quedar son aplicaciones prácticas en un porvenir.

En cambio, el estudio objetivo, serio, de la actividad nerviosa superior de el Hombre en toda su plenitud, se entiende como un eslabón indispensable en la afirmación del humanismo materialista.

El desarrollo de la Ciencia ha conducido muchas veces al derrumbe de las ilusiones habituales de el Hombre, comenzando por la fé reconfortable de la inmortalidad personal. En el de estadio semi-conocimiento y semi-comprensión, esas conclusiones destructoras de la Ciencia se transforman en argumentos contra ella misma, en favor del irracionalismo y del idealismo.

La Teoría de el Origen de las Especies de Darwin y el estudio objetivo de la actividad nerviosa superior de Pavlov; fueron presentadas muchas veces como factores negativos para las más altas aspiraciones de el Hombre en la creación de ideales de moral y estéticos.

De igual forma, en nuestra época, el temor de que el hombre no sea superior en nada a los autómatas "privados de alma" se transforma en argumento psicológico en favor del vitalismo y el irracionalismo (el "argumento del avestruz").

Hasta ahora, se ha estudiado la Teoría de los Autómatas Discretos, contruidos con gran número de elementos simples (el número de posibles estados de un elemento y el número de elementos del que depende directamente la modificación del estado de un elemento dado, quedan limitados a números muy pequeños).

Los autómatas de este tipo, de número constante de elementos y de estructuras constantes de relaciones entre los elementos, son capaces de efectuar en ellos la modelación de otros autómatas de la misma naturaleza, ó de sistemas que construyen ellos mismos; es decir, de formaciones análogas capaces de modificar su estructura y de asociarse nuevos elementos.

Se ha estudiado el problema de la existencia de autómatas universales de estructura constante en el marco de los cuales es posible modelar la evolución de cualquier sistema que se construya él mismo, durante tanto tiempo como el número de elementos que lo constituyen no sea superior a un número dado.

Hay razones para pensar que la actividad subconsciente de el Hombre para la creación de imágenes (por ejemplo, en la creación artística y científica) es parecida al trabajo de la citada máquina de calcular de acción paralela.

Parece probable que la modelación del trabajo del cerebro humano directamente ligado al desarrollo de la cultura humana, comprendiendo ahí todas las partes que constituyen ese trabajo, desde los hábitos elementales del mismo hasta la creación artística y científica, exige el manejo de cantidades relativamente modestas de información, no del orden de  $10^{10}$  a  $10^{15}$  bits, como muchas veces se supone al basarse en la evaluación de la complejidad de la organización del cerebro.

Si no del orden  $10^7$  a  $10^9$  bits. Si esto es exacto, la principal dificultad no reside en la fabricación del suficiente número de células capaces de contener toda la información necesaria, sino en la originalidad del programa que haya de poner en acción al modelo automático.

Es poco alentador lo que sobre este último punto sugiere la Teoría de los Autómatas. Es conocida la posibilidad de plantear a un autómata discreto problemas cuya formulación es muy simple, pero cuyo problema de solución en un plazo prácticamente aceptable es, notoriamente, muy complejo. En tales casos, el programa complejo que resuelve rápidamente el problema se puede obtener con ayuda de un cálculo automático, para la organización del cual es suficiente introducir en un autómata sumamente poderoso, un programa muy simple.

## 11.5.- Los Modelos de los Procesos Vitales y la Fisiología del Cerebro. <sup>6</sup>

Gran número de especialistas de las más diversas disciplinas, se ocupan de las apasionantes preguntas que plantean los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial en relación con el problema de la naturaleza de la vida.

Al considerar en su conjunto la situación consecutiva al desarrollo de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial; sus pretensiones y la reacción de aquellos para quienes las mismas no ofrecerían afortunados resultados en lo porvenir, se quiere hacer observar que la causa principal de todas las divergencias reside en la falta de organización de las propias discusiones.

Ninguna discusión resulta fructífera sino a partir del momento en que queda evidente para todos la claridad del planteamiento del problema, la claridad de los criterios y conceptos base del debate.

Entonces es cuando la fuerza de los argumentos de los participantes se hace comprensible y adquiere validez.

Desgraciadamente, el debate sobre el papel de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial en la Ciencia y en la Vida se ha llevado, desde el principio, bien por la de una reacción excesiva a tal enfoque.

En realidad, los científicos se encuentran en la situación de quién debe comenzar de nuevo; es decir, han de partir de esquemas lógicos y criterios básicos que proporcionen un sólido punto de apoyo materialista al objeto de obtener solución a la difícil, pero extraordinaria pregunta.

Se debe señalar lo sumamente conocido de ciertas ideas que penetran entre los jóvenes investigadores y bajo cuya influencia éstos pierden la perspectiva de su trabajo científico personal. Esto se puede percibir entre los jóvenes fisiólogos.

De pronto deja de interesarles el estudio de la célula nerviosa. "¿Para qué sirve eso si pronto se podrá construir con elementos semiconductores?"

Desafortunadamente, tal estado de ánimo se extiende entre la juventud, y precisamente en la neurocibernética, es donde más ha encontrado cabida.

---

<sup>6</sup> Martínez López, Pedro (1998). Anatomía, Fisiología e Higiene. México: Imagen Editores, p.p. 106-187.

Es conveniente ahora, atender a ciertos problemas de carácter filosófico, muy importantes, que han sido ya planteados en los órganos fisiológicos de actualidad. *¿De qué se trata?*

Si alguien intenta crear modelos mecánicos de lo vivo donde obren elementos de adecuación y adaptación a un fin, se considera que, en el fondo se sitúa, de algún modo, en la categoría de los mecanicistas.

Y por el contrario; los cibernéticos, los físicos y los matemáticos piensan muy sinceramente que quienquiera se oponga a esto (y poco importa que tales posiciones de partida sean razonables ó conservadoras) es un vitalista, profesa la fe vitalista en el carácter indescomponible de la vida, en la imposibilidad de explicar sus principales motores fundamentales, etcétera.

Tal exacerbación de juicios trasladados a nuestros medios son tan inoportunos como injustificados, porque todos comprenden lo que es el Materialismo Dialéctico y conocen perfectamente los más importantes fundamentos del desarrollo de la ciencia y del pensamiento a partir de las tesis de aquél.

Se piensa que esta exacerbación radica simplemente en que ambas partes no encontraron las Normas básicas para la discusión. En efecto, habitualmente se plantea la siguiente pregunta: *¿Puede la máquina llegar a ser más inteligente que el hombre?*

Pero la lógica elemental de la discusión científica exige que en primer lugar se defina el concepto de "inteligencia" y de "más inteligente". *¿Qué parámetro es el de "ser más inteligente"; cómo poder definirlo con precisión para que sirva de instrumento de comparación?*

Nadie lo definió, ni lo ha definido; pero todos los científicos lo discuten. Por supuesto, de esto se desprende la discusión desorganizada sobre problema tan importante; esta falta de organización conduce a la confusión y, por lo tanto, a convertir las respuestas en profesiones de fé: Unos creen que es posible y los otros no.

Es muy difícil llamar a esto una forma científica de abordar un problema de tal importancia. Por consiguiente, se trata, en primer lugar, de definir los conceptos de inteligencia y de "más inteligente".

Así por ejemplo, si se definiera la inteligencia conforme a las Normas de rapidez en el desplazamiento, cualquier motocicleta sería más inteligente que cualquier humano adulto. Si se quiere hacer una comparación se escoge un parámetro, pero es absolutamente imposible resolver por comparación lo que es ó no "más inteligente", tomando una sola facultad, un único parámetro en toda la actividad multiforme del hombre.

Se puede admitir por ejemplo, que se elige de parámetro la "combinación de jugadas en el ajedrez". Es una gran realización el construir una máquina capaz "de por sí", y a partir de la valoración de la situación que se presente en el tablero, de hacer jugadas que puedan ser más inteligentes que los movimientos que pudiera hacer un jugador humano.

Es posible admitir que esto es plenamente realizable. Más el trabajo de comparación no se detiene en este parámetro. Este no es sino uno entre millones de parámetros de la actividad de la inteligencia humana, llevado hasta la perfección gracias al hombre y gracias a las máquinas.

El que se puedan llevar diferentes parámetros ó caracteres de la inteligencia humana (del trabajo del cerebro) hasta una perfección superior a la del propio ingenio, constituye inmenso éxito. Ahí radica, precisamente, el aspecto progresivo de los Sistemas Expertos y de la Inteligencia Artificial.

Pero cuando comienza a hablarse de sí, la máquina puede ser ó no "más inteligente" que el hombre, se hace preciso plantear la pregunta de modo más concreto: *¿Puede la máquina efectuar operaciones más diversas que el hombre y efectuarlas mejor, pasando de una operación a otra?*

Así se debe poner el acento, no en tal ó cuál aptitud, sino en su interacción, en el paso de una a la otra.

*¿Qué es la inteligencia, desde nuestro punto de vista?* Para los fisiólogos, la particularidad del trabajo del cerebro consiste, justamente, en su aptitud para pasar con increíble rapidez, en función de la rápida síntesis de la situación existente en un momento dado, de la actividad que concluye, por efectos definidos, a otra.

Este cambio de actividad descansa en el hecho de que el cerebro cuenta con posibilidades prácticamente ilimitadas de formación de nuevas combinaciones. Es un órgano creado de tal forma en el curso de la evolución, que siempre se ha desarrollado adelantándose a los acontecimientos presentes en la realidad.

Esta es una propiedad muy interesante del cerebro. Se podría tomar un hombre que hubiera vivido hace 3 000 años, que desconociera toda nuestra civilización y, después de un entrenamiento adecuado, hacer de él un matemático tan capaz como no importa qué matemático de hoy. Existen ejemplos parecidos.

Un explorador de la zona septentrional de América del Sur residió algún tiempo en una tribu Caribe y a su regreso trajo consigo algunos niños nativos. Los padres de estos niños no sabían contar sino hasta dos y cuando se les pedía contar hasta tres, se dormían. Pero en la escuela, esos muchachos demostraron aptitudes superiores a los de los niños Europeos.

Para los fisiólogos del cerebro, no hay en eso nada de sensacional. Se sabe que las posibilidades del cerebro en sus ligazones moleculares son ilimitadas. A menudo se dice: El cerebro tiene 14 mil millones de células.

Esto maravilla al gran público. Efectivamente, son muchas células, pero no tiene nada de milagroso. Lo más importante es que esos 14 mil millones de células están construidas de tal suerte que cada una de ellas tiene sobre su membrana mil contactos con otras células.

Y, es más, todos esos mil contactos pueden todavía reflejar mil reacciones químicas diferentes. Ahora es posible imaginarse qué cantidad de posibles operaciones es capaz de plasmar el cerebro al chocar con las condiciones exteriores, con el medio ambiente.

*¿De qué se trata cuando se compara al hombre y a la máquina? De sus actividades y relaciones recíprocas. Esto es lo que más importa al fisiólogo del cerebro.*

Siempre que se intenta comparar la máquina a el Hombre, la actividad de la máquina y la actividad del cerebro; es necesario hablar de actividad, definir la cualidad y la forma final de la actividad dada.

Si se aborda la pregunta desde esta perspectiva, se ve que en un minuto el humano realiza centenares y más de actividades; por lo general, las distintas actividades, bien definidas, son mucho más numerosas que las células.

Si se construyese la máquina que realizara aunque no fuese más que dos actividades distintas y que "por sí" pasara de una a la otra, se tendría el punto departida que permitiera iniciar la comparación entre las posibilidades de la máquina y la actividad del hombre. Como se ha mencionado más arriba, el hombre puede crear máquinas más perfeccionadas para este ó aquel parámetro del cerebro humano y de su actividad.

En la esfera de toda la Ciencia se plantea una pregunta sumamente interesante, tanto en el terreno filosófico como en el de la Ciencia concreta, analítica. Se toma como ejemplo, la categoría de cualidad, como categoría del materialismo dialéctico. ¿Se suprime ó no la cualidad con la tentativa de presentar la aproximación mecánica del proceso vivo? La respuesta es no.

La cualidad, como categoría definida a través del salto en el movimiento de la materia, sigue siendo una categoría filosófica. Pero se ha entrado en la época del desarrollo de la Ciencia donde la cualidad debe interpretarse por los parámetros de las ciencias exactas, matemáticas y físicas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si se habla del denominador común al que los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial reducen todos los fenómenos; es decir, la difusión de la información, la transformación de la información con su código y sus parámetros matemáticamente fundados, también se puede aproximar la cualidad a este punto de vista.

Si alguien dice que la cualidad no puede ser estudiada más profundamente ni ser más escrupulosamente caracterizada, es inexacto. Como muy bien se ha señalado, si se cuenta con una nueva cualidad en el desarrollo de la materia, esta cualidad nueva puede y debe expresarse con todos los conceptos que forman parte de la teoría de la información, con la comprensión de los parámetros, de las magnificencias físico-matemáticas, etcétera.

Pero esta aproximación no suprime la particularidad cualitativa, simplemente le da una interpretación concreta.

Si se emprende una discusión en esta dirección, no estará fundada. Ciertamente, es necesario precisar la posición de cada persona, precisar lo que se piensa de los parámetros, de la información, cuando se produce el paso cualitativo de una forma del movimiento de la materia a otra. Pero esto no constituye una línea divisoria ideológica como mucha gente piensa.

He aquí la penúltima pregunta: La adecuación al fin. Para los fisiólogos, especialmente los fisiólogos del cerebro, la adecuación al fin es algo que ven continuamente, en todo momento, y pueden comprender los errores que han hecho de tal adecuación al fin la base del desarrollo de las concepciones vitalistas, donde aparece en escena la "fuerza vital" rigiendo esta adecuación.

En el presente, en numerosos dominios de la fisiología, ha sido descifrada tal adecuación y para los especialistas se ha convertido en un proceso tan material como los otros, en los que las causas y las consecuencias son absolutamente estudiados y objetivamente conocidos en todos los casos.

Por esto, la adecuación, tal como se le entiende, no corresponde ya, en su esencia, a la noción formulada originalmente.

A partir del momento en que la vida aparece sobre el Planeta, debido a las diferentes transformaciones de la materia mineral, aparecen, naturalmente, Normas para conocer la verdad de todo lo que actúa sobre lo vivo.

Respecto a la acción exterior, la materia no podía tener criterio de adecuación ó de inadecuación. Con la aparición de la vida surge el siguiente criterio de la acción exterior: *¿La conserva ó la destruye?*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Precisamente por esta razón se puede considerar adecuado lo que estabiliza la vida, lo que fija la constancia de sus formas conseguidas ya en la evolución y conservadas por la selección natural.

Volviendo al cerebro, se puede decir que ha acomodado estas formas de correlación en un aparato especial, el que no es menos material que todos los procesos que se desarrollan en una probeta.

También se ven los límites de este proceso y sobre el particular se debe estar convencido de la posibilidad de principio de reproducir los diferentes mecanismos y las distintas aptitudes del cerebro.

Este es uno de los puntos de desacuerdo con los especialistas de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial: No quieren ver (en parte porque no existe suficiente información mutua), los factores que el cerebro ha acumulado en él a lo largo de la historia; esa previsión del porvenir, la facultad de adelantarse al presente en su acción de adaptación del organismo a los acontecimientos futuros.

Tómese por ejemplo, nuestra vida diaria: El objetivo de la acción, los designios, la intención con la que comenzamos el día y con la que damos término a nuestra jornada. Cada uno de nuestros pasos está señalado por una sucesión de fines, grandes ó pequeños, y tales fines son fijados cada segundo. *¿Qué es un fin?*

Es siempre un salto a lo largo de las estructuras del cerebro, a lo largo de las trabazones, a lo largo de sus sistemas, un salto hacia el porvenir.

Es la constitución de procesos para los que todavía no existen acontecimientos exteriores, sino que pueden corresponder a futuros acontecimientos externos. Tal cosa se produce porque el hombre tiene la experiencia pasada, porque yo tengo una memoria, "reservas" de las cuales tomo la posibilidad de predecir el porvenir, etcétera. Todos estos procesos son absolutamente materiales.

A veces, en el curso de conversaciones con matemáticos y físicos suele escucharse en respuesta a esto, la siguiente objeción irónica: "Así, no es realizable una máquina que se fije de por sí sus propios fines".

Habitualmente la respuesta es: Tal cosa podría ser realizable, si se tuvieran los materiales y mecanismos concretos que permitan construir tal máquina.

Existen máquinas que se fijan un fin, pero en este caso el objetivo del debate es diferente. Estas máquinas modifican su actividad en los límites de la construcción que les han sido impuestos. Otra cosa sería, por ejemplo; si una máquina para fabricar cartuchos, harta de hacerlo, se pusiera a fabricar calzado.

Por supuesto que este es un ejemplo grotesco; pero la realidad es que nosotros los humanos, nos comportamos así continuamente, en todo momento. Un hombre quería ir al teatro, más como llueve renuncia a hacerlo y va a ver a sus amigos, etcétera.

El hombre cambia de actividad; en cada instante se fija un fin en función de la síntesis pertinente que realiza su cerebro en una situación dada.

Ciertamente, si se creara la máquina que sintetizara de la misma manera la situación ambiente y efectuara cada vez actos nuevos, sometiéndolos a los intereses de su "vida", de su "cuerpo" de su "salud", tendríamos la base para comparar la máquina y el cerebro.

Lo que caracteriza al cerebro es precisamente el cambio de actividades, pero todavía no se ha tenido oportunidad de ver una máquina que haga sucederse actividades cualitativamente diferentes conforme al modo de ordenar en un momento dado la situación exterior.

En este sentido la máquina más "inteligente" es la más "estúpida" que un bebé arrastrándose por el suelo. Y cuando preguntamos si el hombre es más inteligente ó no que la máquina, es habitual y precisamente eso lo que pensamos. *¿Puede el hombre por sus propios órganos visuales aventajar al microscopio?*

Seguro que no, por lo que resulta indiscutible que en este aspecto la máquina dada es "más inteligente" que el Hombre. Pero el hombre se adapta a millones de situaciones que surgen de improviso.

Son millones de situaciones que acompañan a el Hombre durante toda su vida y con relación a ellas el hombre realiza su objetivo vital: He aquí lo que debe ser objeto de comparaciones, el contenido que es preciso dar a la expresión "más inteligente".

He aquí el índice según el cual debemos comparar la máquina y el hombre; pero, desgraciadamente, todavía no existen comparaciones suficientemente razonable y científicamente fundadas.

En fin, la última pregunta: *¿Qué aporta la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos al fisiólogo del cerebro, y qué da el fisiólogo del cerebro a la Inteligencia Artificial?*

Es indudable que los fisiólogos del cerebro, se han enriquecido y se continúan enriqueciendo con muchas cosas gracias a los métodos y sobre todo a las formas de pensamiento utilizadas por los científicos, los matemáticos y los físicos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Pavlov descubrió leyes capitales del funcionamiento del cerebro; pero jamás se ocupó de la química y ni siquiera le gustaba. En una ocasión se le propuso a Pavlov estudiar la composición química de la sangre en la fase del efecto activo del bromo sobre el sistema nervioso, y él dijo: "No veo ahí nada de interés; dejemos de ocuparnos de eso".

Sin embargo, descubrió leyes de la vida del cerebro tan importantes como la predicción del porvenir, el dominio de hecho, sobre el porvenir.

Las matemáticas, y especialmente la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos, ofrecen la posibilidad de elaborar ciertos modelos y esquemas que permiten comprender el mecanismo interno de esta predicción del porvenir, la manera de dirigirse estos organismos internos a la síntesis y comprender la organización del trabajo del cerebro en su conjunto.

El progreso del trabajo de los fisiólogos del cerebro consistirá, justamente, en utilizar esa asombrosa máquina que es el cerebro, con su organización económica y segura para las construcciones y modelos actuales de desarrollo fisiológico. En cuanto al hecho de que el cerebro trabaja económicamente se puede demostrar con no importa qué hecho, y éstos forman legiones.

Cuando se piensa que bastan 5 células nerviosas de nuestro cerebro, que difícilmente se perciben en el microscopio, para hacernos sentir sed, descender a un pozo, ir al río, acarrear el agua, y todo esto para beber, para satisfacer a esas células excitadas.

La sensación de sed está formada precisamente por esas cinco células, porque genéticamente están dotadas de una fina sensibilidad a la presión osmótica, que permanece a un mismo nivel durante toda la vida.

A cierto grado de modificación de la presión osmótica de la sangre, esas células se ponen a difundir la excitación de alarma por todas las direcciones del órgano cerebral creando la sensación de sed.

## II.6.- ¿Es Posible Crear Artificialmente la Vida? <sup>7</sup>

Con la aparición de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial, capaces de realizar complejos procesos dirigidos a fines determinados, la pregunta de la creación artificial de la materia viva ha cobrado suma actualidad.

En la medida en que el organismo vive es un sistema dinámico que realiza funciones complejas orientadas a fines dados, puede considerarse que la máquina cibernética que cumpla, al menos, una de esas funciones, forma parte de lo vivo en un orden inferior.

Más el paso del Sistema Experto del orden inferior al superior no tiene, en principio, límites, si se entiende que este sistema puede cumplir funciones cada vez más numerosas y complejas.

Realmente, el Sistema Experto es capaz de verificar procesos de las más diversa complejidad con la única condición de que el resultado a obtener sea expresado en el lenguaje simbólico de los algoritmos introducidos en la máquina en forma de un programa definido.

De esto se deduce que, desde el punto de vista de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial, la única diferencia entre el organismo vivo y el Sistema Experto que haga las mismas funciones que aquél, reside, en último término, en lo histórico de su creación, y no en la diferencia de principio entre las leyes físicas que rigen a ambos.

Así pues, la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos, están en su derecho de afirmar que, desde el punto de vista de principios, es posible la creación artificial de la materia viva.

En este sentido, estima que el Sistema Experto establecido especialmente para cumplir funciones biológicas las realiza exactamente como lo hace el organismo vivo y que, por lo tanto, en lo que respecta al cumplimiento de determinadas funciones biológicas no hay ninguna distinción entre la materia viva y el Sistema Experto creado a partir del diseño de un automatismo, que a su vez es fruto de la materia mineral.

<sup>7</sup> Chusid, G. (2000). Neuroanatomía Correlativa y Neurofisiología Funcional, México: Manual Moderno. p.p. 267- 346.

Las funciones realizadas por una máquina pueden ser de la mayor diversidad y relacionarse tanto con el comportamiento fisiológico de un organismo animal vivo como con la actividad intelectual de el Hombre.

Considérese ahora, la afirmación opuesta, la que se podría llamar "anti-inteligencia artificial": Es imposible crear la materia viva resultante de la facultad de una máquina cibernética idéntica en el plan funcional porque, por principio, el metabolismo biológico, no puede reproducirse con ayuda de la materia mineral.

Cuando en el estadio actual de las Ciencias Naturales se plantea el problema de la creación artificial de lo vivo, es preciso considerar que las dos afirmaciones no pueden ser simultáneamente válidas y que, en consecuencia y desde el punto de vista filosófico general ambas, necesariamente, entrañan tesis teóricas que se excluyen mutuamente.

Sin embargo, la contradicción lógica entre las afirmaciones cibernéticas y anticibernéticas desaparece si se admite que la materia viva, dotada de metabolismo biológico, no se puede crear por ningún medio artificial originado en la materia mineral, pero que las diversas funciones del organismo vivo, que son "funciones derivadas" del metabolismo biológico, pueden imitarse por los Sistemas Cibernéticos de forma tan precisa como se desee.

Si esta aseveración, que corresponde, a la vez, a las dos afirmaciones; cibernética y anticibernética, es exacta, resulta que existe una diferencia física de principio entre la función fundamental de la materia viva (el metabolismo biológico), y todas las demás funciones llamadas convencionalmente, "funciones derivadas", que juegan un papel en el metabolismo del organismo.

La esencia termodinámica de esta diferencia física entre la función fundamental del organismo vivo y todas sus demás funciones, suponiendo que tal diferencia exista realmente, consistiría en esto: Las funciones del organismo vivo susceptibles de ser ejecutadas a semejanza con precisión ilimitada, por los Sistemas Expertos; son procesos de trabajo que no contradicen el Segundo Principio de la Termodinámica (que establece el hecho de que los procesos siguen una cierta dirección, pero no la dirección opuesta; ya que el calor jamás fluirá del medio frío al medio caliente).

Estas funciones pueden ser reproducidas con todo grado de precisión por dispositivos automáticos; por Robots, es decir, por Sistemas Cibernéticos.

Pero en cuanto al metabolismo biológico; es decir, a esta función específica del organismo vivo que es la base de sus múltiples funciones, representa un proceso de trabajo original, exclusivamente propio de la materia viva y está en contradicción con el Segundo principio de la Termodinámica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Como tal, este proceso no puede tener ningún modelo material. Por consiguiente, existe la negativa Termodinámica que se opone a la realización del modelo material ó a la reproducción material de la función fundamental de la materia viva: El metabolismo biológico. A continuación se trata de demostrar en qué consiste la esencia física de esta negativa Termodinámica.

Por complejo que sea el comportamiento de un organismo vivo, todas las funciones observables de que ese comportamiento se compone pueden representarse por procesos de trabajo susceptibles, por principio, de ser imitados por Sistemas Cibernéticos; incluso se comprueba cierta superioridad de estos últimos.

Es manifiesto que la máquina cibernética que realiza determinada función compleja del organismo trabaja durante más tiempo y es más veloz que el organismo vivo.

Esa superioridad funcional de la máquina cibernética sobre el organismo se explica, en parte, porque el organismo cumple constantemente gran número de diversas funciones recíprocamente relacionadas, mientras que la máquina cibernética, construida con fines concretos, está libre de funciones "acesorias".

La ventaja de la máquina se ha hecho más evidente al establecer, en el terreno teórico, que podía crearse un Sistema Cibernético, transformador universal de la información que llegara a la máquina en forma de signos convenientes.

Los rasgos particulares del Sistema Cibernético (la aptitud para simular cualquier función biológica compleja con carácter de proceso de trabajo "externo", y la superioridad sobre el organismo de la máquina cibernética, susceptible de repetir gran número de veces y cumplir muy rápidamente una función dada), han llevado a la afirmación de que, la actividad del organismo equivaldría al funcionamiento de un mecanismo sometido, en todas sus partes, a las mismas leyes físicas y químicas de toda máquina.

Sin embargo, entre el organismo vivo y la máquina existe una diferencia fundamental, que aparece cuando se estudia el vínculo entre la estructura y la función de ambos sistemas. La máquina puede permanecer en reposo sin perder su estructura, al menos durante un tiempo similar a la duración de sus ciclos de trabajo.

La estructura de la máquina es estable a su temperatura de funcionamiento; también lo es cuando la máquina está parada. Por el contrario, el organismo vivo debe funcionar permanentemente, y sí, por cualquier razón, cesa de cumplir sus funciones a la temperatura habitual a su actividad vital pierde irreversiblemente su estructura y acaba por perecer.

Como la pérdida de su estructura por el organismo que cese de funcionar está ligada a la fluctuación térmica de las sustancias en la temperatura en que se cumple su actividad vital, el mantenimiento de la estructura del organismo en actividad debe ser relacionado con ciertos procesos de la materia viva que se oponen a la fluctuación; sin hablar de los demás procesos de trabajo del organismo activo.

Los procesos externos de trabajo y los procesos "antifluotación" de mantenimiento de la estructura, portadores del contenido informativo del organismo vivo, se conjugan en el seno del mismo y se desarrollan en un sólo y mismo tiempo y en cierto intervalo (breve) de temperatura correspondiente a la actividad vital.

El cese del proceso "antifluotación" a la temperatura de actividad vital del organismo es fatal y conduce a la abolición de la estructura del sistema vivo ó a la pérdida irreversible de su contenido informativo.

No obstante, existen dos procedimientos experimentales que permiten interrumpir el proceso "antifluotación" del organismo vivo sin que ello entrañe la pérdida irreversible de su estructura; es decir, la pérdida del contenido informativo del organismo vivo.

En primer lugar, la inmovilización por el frío del agua intracelular (por enfriamiento del organismo hasta una temperatura netamente inferior a la que corresponde a su actividad vital). En segundo lugar, la eliminación del agua contenida en las células (por evaporación del agua del organismo a la misma temperatura de su actividad vital).

A continuación, se verá más a detalle estos dos procedimientos de conservación del contenido informativo del organismo vivo cuando existe cese de su actividad interna "antifluotación".

Cuando se enfría con precaución un organismo vivo hasta alcanzar una temperatura claramente inferior a la de su actividad vital; se llega, en numerosos casos a conservar su estructura al producirse el cese simultáneo de los procesos metabólicos.

A temperatura suficientemente baja, la velocidad de las reacciones químicas del metabolismo es prácticamente nula, y el sistema vivo interrumpe su formación metabólica conservando no obstante la especificidad de su estructura.

Si tal sistema, enfriado pero conservando su estructura, se calienta hasta el punto de temperatura de su metabolismo normal, puede recobrar la vida.

En los animales y vegetales primitivos, es posible lograr el mismo efecto de conservación de la estructura con el cese simultáneo del metabolismo, mediante el método de deshidratación.

Cuando se elimina con precaución el agua del sistema vivo, pasa al estado de anabiosis, se detienen los procesos metabólicos. Si ese sistema, deshidratado, pero no transformado en cuanto a su estructura, se rehidrata, los procesos metabólicos se reestablecen.

Estas experiencias permitieron descubrir dos propiedades fundamentales distintivas de los sistemas vivos:

Primera, que la estructura de la célula es termolábil (es decir, es un compuesto térmico fácil de transformar en otro más estable), a la temperatura correspondiente de su actividad vital.

Segunda, que todos los demás componentes de la célula viva (ácidos nucleicos, etcétera) que con el agua constituyen la estructura del sistema vivo, son portadores de información; y, en ausencia del agua, son termoestables a la temperatura del metabolismo.

La conclusión que se desprende de estas dos propiedades del sistema vivo, no cerrado desde el punto de vista termodinámico, es paradójica desde el ángulo de la Termodinámica de los sistemas-máquinas no cerrados.

La paradoja es la siguiente: El sistema vivo no cerrado desde el punto de vista termodinámico, constituye una máquina química original que, a partir de la información contenida en su estructura, funciona con estabilidad contra su destrucción térmica.

En el sistema vivo se desarrollan dos procesos antagonistas, que son la base del metabolismo: La edificación de la estructura termolábil y su descomposición a la temperatura de la vida.

Las nociones fisiológicas de asimilación y desasimilación, de anabolismo y de catabolismo, de síntesis y de descomposición de las sustancias, reciben así la siguiente interpretación termodinámica: Los procesos de asimilación representan procesos de edificación de la estructura termolábil del sistema vivo, y los procesos de desasimilación lo son de destrucción térmica de la estructura a la temperatura de la vida.

Bajo la acción del calor a la temperatura de la vida, la estructura del sistema vivo se destruye invariablemente y, al mismo tiempo, los procesos de trabajo "interno" que se verifican en el sistema vivo reedifican de nuevo; sin cesar, la estructura termolábil del sistema.

Se llega a la conclusión de que en la base de la vida, el metabolismo, se encuentran procesos dirigidos a dominar el caos térmico, y que hacen en el seno del sistema vivo a la temperatura de la vida. Estos procesos son antientrópicos y contradicen el Segundo Principio de la Termodinámica.



La creación de un modelo material del sistema vivo se revela, pues, imposible, porque la función esencial del modelo del sistema vivo debe consistir en la edificación de una estructura que sea termolábil a la temperatura de edificación de esta misma estructura.

Los procesos de trabajo internos "antifluctuación" no pueden ser reproducidos ó modelados materialmente. Se pueden crear modelos de procesos biológicos que, de hecho son procesos de trabajo externos.

Estos procesos pueden cumplirse por mecanismos que posean estructura termoestable a su temperatura de funcionamiento. En otros términos: Es imposible construir una máquina que funcione a temperatura en que las sustancias que componen la máquina son termolábiles y sufren cambios de fase que les hace pasar de un estado de agregación a otro. Por ejemplo; líquido » gas, sólido » líquido.

Se pueden clasificar entre los procesos biológicos susceptibles de recibir un modelo material los procesos metabólicos "derivados", las funciones de los diversos órganos y del organismo en su conjunto en caso de que quepa describir con precisión estas funciones en forma de procesos de trabajo externos; por ejemplo, bajo la forma de trabajo osmótico, mecánico ó eléctrico, de síntesis químicas, etcétera.

Todos estos fenómenos pueden ser simulados materialmente si son descritos, reducidos a un algoritmo, y si este algoritmo es programado e introducido en la máquina. Sin embargo, no se puede introducir en la máquina un programa dirigido contra su propia destrucción térmica cuando el funcionamiento de la máquina se desarrolla precisamente a temperatura que engendre su destrucción térmica.

En efecto, el portador material del programa está igualmente sometido a la destrucción térmica. Cuando, partiendo del obstáculo termodinámico referente a la imposibilidad de construir una máquina que funcione a su temperatura de fusión, se concluye "que existen propiedades de la máquina viva imposibles a simular", tal cosa no constituye de ninguna manera una concesión al idealismo, como piensan algunos científicos.

Es suficiente considerar que no se habla aquí de modelos teóricos, sino de modelos materiales; es decir, de la reproducción de la propiedad fundamental de la materia viva, de su actividad "antifluctuación" ó de la edificación de una estructura termolábil.

El sistema vivo contiene la información estructural que dirige el curso de los procesos de trabajo que se oponen a la destrucción térmica de su propia estructura, que es portadora de la información misma.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Desde el punto de vista de la Termodinámica, en esto reside la esencia de la materia viva, lo que la distingue de la materia mineral. El sistema vivo está compuesto de dos tipos de sustancias netamente diferentes según la Termodinámica:

1.- Los otros componentes que aparte del agua constituyen cerca del 20% de la célula viva, que son portadores de información, y termóestables, en ausencia del agua, a la temperatura de la actividad vital del organismo.

2.- El agua intracelular, masa esencial de la célula viva, que no lleva ninguna información y que, con los otros componentes del sistema vivo, constituye la estructura termolábil del sistema vivo a su temperatura de actividad vital.

De esto se puede concluir que el agua intracelular se encuentra en una especie de estado *termolábil*, casi cristalino, que recuerda al hielo, estado que se ve sometido a la destrucción térmica de la célula en proceso de metabolismo y que, sin cesar, renace como consecuencia de la constante renovación de esos procesos metabólicos.

El agua intracelular está, pues, en continuo estado de cambios de fase: Pasa del estado termolábil ordenado, casi cristalino, al de la fase térmicamente estable de agua-disolvente, y viceversa.

Bajo el efecto de destrucción del movimiento térmico, el agua pasa al estado de Probabilidad Termodinámica máxima correspondiente a la estructura del agua líquida, y como resultado de los procesos de trabajo organizador del metabolismo pasa al estado de fase ordenada inestable dotada de estructura casi cristalina.

Estos cambios de fase, ó pulsaciones, del agua intracelular forman probablemente la función dinámica esencial del metabolismo y todas las demás funciones especializadas de la célula viva se derivan de esa misma función esencial.

En efecto, la llegada a la célula (por vía de difusión del medio ambiente), de las sustancias que la aprovisionan de energía química no puede hacerse sino en el agua-disolvente intracelular, y el rechazo activo de las sustancias-desecho de la célula hacia el medio ambiente no es posible sino cuando se produce el cambio de fase que lleva al agua al estado ordenado, casi cristalino.

Así, las pulsaciones que permiten pasar al agua de la fase casi cristalina a la líquida, y viceversa, aseguran el intercambio de energía y de sustancia entre el sistema vivo y el medio ambiente.

El agua intracelular asegura con sus cambios de fase la movilidad específica de la materia viva, base de todas las funciones normales del organismo susceptibles de ser simuladas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los incesantes cambios de fase del agua intracelular representan la forma de movimiento de la materia viva que no se puede reproducir realmente a partir de la materia mineral, a los que se puede considerar, desde el punto de vista filosófico, como la forma biológica del movimiento de la materia.

Partiendo del precedente análisis, se puede formular como sigue el Principio termodinámico de existencia de la materia viva: La materia viva representa un sistema dinámico que funciona a la temperatura de destrucción térmica de su estructura.

Es imposible crear a partir de la materia mineral un sistema dinámico que funcione a la temperatura de fusión de su estructura. Se puede formular la siguiente negativa termodinámica: No puede crearse una máquina cuya función sea crear su propia estructura, si ésta es termolábil durante la duración de la actividad de la propia máquina. Así es, pues en toda máquina "no viva", todas sus partes, toda su acción, están sometidas a las leyes físicas de la materia "no viva".

El Principio Termodinámico de existencia de la materia viva es un principio autónomo, que indica que la física de la materia viva presenta un carácter autónomo y que la materia viva no puede aparecer a partir de la materia mineral tal y como nosotros la conocemos. Se ha llegado así a dos preguntas cardinales:

1.- *¿Puede crearse artificialmente la materia viva?*

2.- *¿Cómo ha aparecido, históricamente, la materia viva?*

La primera pregunta parece que en la actualidad no obtiene una respuesta definitiva. Pero supóngase, que a partir de la materia mineral se consiguen crear todos los componentes además del agua de la célula viva; es decir, las biomacromoléculas albuminoideas, los ácidos nucleicos, etcétera, en otras palabras, todos los componentes portadores de información del sistema vivo.

Entonces, la creación de tal célula consistirá en asociar a todos los componentes de información, siguiendo un plan determinado, con el constituyente esencial de la célula viva: El agua.

Como el agua intracelular se encuentra en estado termolábil (negantrópico) casi cristalina, los componentes de la célula viva no pueden asociarse sino en dos diferentes condiciones: A una temperatura extremadamente baja, en presencia de agua "congelada" (ordenada, pero termoestable), ó a la temperatura de actividad vital, pero sin agua; es decir, en estado áhidro.

En el primer caso, el establecimiento del metabolismo biológico exige que el sistema sea calentado hasta la temperatura de su actividad vital; en el segundo, es indispensable "hidratar" el sistema.

Teóricamente son realizables estas dos condiciones. Pero, en el terreno experimental, existen probablemente dificultades de principio insuperables.

Según toda verosimilitud, es imposible "edificar una estructura de componentes macromoleculares" en presencia de agua cristalizada; ó sea, a baja temperatura, cuando los componentes macromoleculares están inmóviles; y, quizás también imposible "edificar una estructura de componentes macromoleculares" en ausencia de agua; es decir, a la temperatura vital de la célula, pero en seco, cuando los componentes macromoleculares están, igualmente, inmóviles.

Se tratará ahora la segunda pregunta cardinal: *¿De qué manera la materia viva ha aparecido como realidad material si existe la negativa termodinámica que se opone a la aparición de la materia viva a partir de la materia mineral tal y como existe actualmente?*

El análisis conduce a reconocer el carácter histórico tanto de la materia viva como de la materia mineral. En todo momento, el mundo ha sido material.

Es interesante anotar que la edad de la materia viva es del mismo orden que el del Universo en su fase actual, que es una fase de expansión. Se encuentran índices de biósfera en los sedimentos de la corteza terrestre que se remontan a más de 2 000 000 000 años.

Las raíces de la vida son probablemente todavía mucho más antiguas. Se estima que en un período distante 5 a 10 mil millones de años, el Universo se encontraba en un estado de "caos inicial" y las leyes físicas de esa época eran definidas por el estado del mundo material de entonces.

Hace varios miles de millones de años se modificaron las condiciones de existencia del Universo, entrando éste en expansión. Es el período inicial en que se constituye el planeta Tierra, en el que la vida nace en su superficie, verosimilmente como fase termodinámica que aparece súbitamente, cuando la modificación repentina de las condiciones físicas corresponde a la existencia de un estado de fase dado.

La aparición de la materia viva se presenta, pues, como la aparición simultánea de todo el conjunto de seres vivos primarios en condiciones adecuadas a su existencia, y no como la aparición de uno ó varios seres vivos luego de ilimitada multiplicación. Desde el punto de vista geológico y geoquímico, no se trata de la síntesis de un organismo particular, sino de la aparición de la biósfera.

El mundo de la materia viva y el mundo de la materia mineral tal y como se le conoce actualmente tienen pues, aproximadamente, la misma edad: De 2 a 4 mil millones de años.

De esto se puede concluir que hace más de 4 mil millones de años, cuando el Universo entró en su fase actual de desarrollo (fase de expansión), cierta protomateria "A" dio nacimiento, casi simultáneamente, a dos sustancias materiales "B" y "C"; la materia viva y la materia mineral; cada una de las cuales se desarrolla según sus propias leyes.

En lo referente a los *Sistemas Expertos*, se puede mencionar lo siguiente:

*Los Sistemas Expertos (SE)*, se emplean para ejecutar una variedad muy complicada de tareas, que en el pasado solamente podían llevarse a cabo por un número limitado de personas expertas intensamente entrenadas.

*Un Sistema Experto (SE)*, es una aplicación informática que soluciona problemas complicados que de otra manera exigirían ampliamente la pericia humana. Para lograr esto, se simula el proceso de razonamiento humano mediante la aplicación específica de conocimientos e inferencias.

Internamente, un Sistema Experto SE ideal se puede caracterizar como un sistema que comprende:

- Amplio conocimiento específico a partir del campo de interés.
- Aplicación de técnicas de búsqueda.
- Soporte para análisis heurístico.
- Habilidad para inferir nuevos conocimientos a partir de conocimientos ya existentes.
- Procesamiento de símbolos.
- Capacidad para explicar su propio razonamiento.

Los principios básicos en los que se basan los SE se enumeran a continuación:<sup>8</sup>

*Principio 1.0.*- La potencia de un experto se debe más al conocimiento amplio del área específica que a la comprensión del desempeño genérico de un experto.

*Principio 1.1.*- La selección del esquema de representación del conocimiento es una de las decisiones más críticas en el diseño de un Sistema Experto.

---

<sup>8</sup> Rolston, T. *Op. Cit.*, 68-75.

*Principio 1.2.-* El proceso de buscar los conocimientos apropiados y a partir de éstos deducir nuevos conocimientos, constituye un elemento clave del procesamiento de un Sistema Experto.

*Principio 1.3.-* La selección del paradigma de inferencia considerando la explosión combinatoria, influye fuertemente en el desempeño global de un Sistema Experto SE.

*Principio 1.4.-* En un Sistema Experto ideal, el motor de inferencia nunca debería necesitar de modificaciones.

*Principio 1.5.-* La credibilidad que se le concede a un Sistema Experto SE depende de la habilidad de el Sistema Experto para explicar su propio proceso de razonamiento.

En menos de cinco años, la Inteligencia Artificial ha pasado de ser un pequeño aspecto de la ciencia informática a ser quizás la aportación más importante a la informática desde el transistor.

Este rápido cambio se basa en cuatro factores fundamentales: El éxito de los Sistemas Expertos, que fueron los primeros productos de la Inteligencia Artificial de auténtico impacto comercial; el bien conocido compromiso de los japoneses con la Inteligencia Artificial; la lenta pero firme integración de las técnicas de Inteligencia Artificial en las aplicaciones existentes y, finalmente, el hecho de que ha llegado la hora de la Inteligencia Artificial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO III

### GENERALIDADES DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

#### *III.1.- Introducción a el Control Automático y su Aplicación a el Control Distribuido.*

Ya se ha dicho anteriormente lo que se entiende por un Controlador Lógico Programable (PLC) ó Automata Programable; es toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales.

Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico ó electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: Series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etcétera.

El Controlador Lógico Programable (PLC), por sus especiales características de diseño, tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución de la Arquitectura de Sistemas ("Hardware") y de los Programas y Paquetes de Aplicación ("Software"), amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etcétera; por lo tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo de transformaciones industriales, control de instalaciones, etcétera.

Sus reducidas dimensiones; la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación ó alteración de los mismos, etcétera; hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio Reducido.
- Procesos de Producción Periódicamente Cambiantes.

- Procesos Secuenciales.
- Maquinaria de Procesos Variables.
- Instalaciones de Procesos Complejos y Amplios.
- Verificación de Programación Centralizada de las Partes de el Proceso.

A continuación se enumeran ejemplos de aplicación general, que pueden ser los siguientes:

*1.- De Maniobra de Máquinas:*

- a). Maquinaria industrial del mueble y madera.
- b). Maquinaria en procesos de grava, arena y cemento.
- c). Maquinaria en la industria del plástico.
- d). Máquinas-herramienta complejas.
- e). Maquinaria en procesos textiles y de confección.
- f). Maquinaria de ensamblaje.
- g). Máquinas de transferencia.

*2.- Maniobra de Instalaciones:*

- a). Instalaciones de aire acondicionado, calefacción, etcétera.
- b). Instalaciones de seguridad.
- c). Instalaciones de frío industrial.
- d). Instalaciones de almacenamiento y trasvase de cereales.
- e). Instalaciones en plantas embotelladoras.
- f). Instalaciones en la industria de automoción.
- g). Instalaciones de tratamientos térmicos.
- h). Instalaciones de plantas depuradoras de residuos.



i). Instalaciones de cerámica.

3.- Señalizaciones y Control:

- a). Verificación de programas.
- b). Señalización del estado de procesos.

A continuación, se analizarán las ventajas e inconvenientes del Controlador Lógico Programable (PLC), y son:

Las condiciones favorables que presenta un Controlador Lógico Programable (PLC) son las siguientes:

- 1.- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
  - a). No es necesario dibujar el esquema de contactos.
  - b). No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
  - c). La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etcétera.
- 2.- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado, ni añadir aparatos:
- 3.- Mínimo espacio de ocupación.
- 4.- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- 5.- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos Automatas Programables, pueden detectar e indicar averías.
- 6.- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo Controlador Lógico Programable (PLC).
- 7.- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.

8.- Si por alguna razón, la máquina queda fuera de servicio, el Controlador Lógico Programable (PLC) sigue siendo útil para otra máquina ó sistema de producción.

Los inconvenientes del Controlador Lógico Programable (PLC), se puede mencionar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en ese sentido.

Pero hay otro factor importante, como el costo inicial, que puede ser ó no un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión. Dado que el Controlador Lógico Programable (PLC) cubre ventajosamente un amplio espacio entre la lógica cableada y el Microprocesador, es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones.

Por lo tanto, aunque el costo inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidir por uno ú otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurar una decisión acertada.

### III.2.- Estructura Externa.<sup>9</sup>

La estructura externa ó configuración externa de un Autómata Programable (PLC); se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques ó elementos en que está dividido, etcétera.

Desde su nacimiento y hasta nuestros días han sido varias las estructuras y configuraciones que han salido al mercado condicionadas no sólo por el fabricante del mismo, sino por la tendencia existente en el área al que perteneciese: Americana ó Europea. Actualmente, son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

a). Estructura compacta.- Este tipo de Controlador Lógico Programable (PLC), se distingue por presentar en un sólo bloque todos sus elementos, esto es, Fuente de Alimentación, Microprocesador, Memorias, Dispositivos de Entrada/Salida, etcétera.

En cuanto a su unidad de programación, existen tres versiones: Unidad fija ó enchufable directamente en el Controlador Lógico Programable (PLC); enchufable mediante cable y conector, ó la posibilidad de ambas conexiones. Si la unidad de programación es sustituida por un Ordenador, se encuentra en la posibilidad de que la conexión del mismo ser. mediante cable y conector.

El montaje del Controlador Lógico Programable (PLC) al armario que ha de contenerlo se realiza por cualquiera de los sistemas conocidos: Carril DIN, placa perforada, etcétera.

b). Estructura modular.- La estructura de este tipo de Controlador Lógico Programable (PLC) se divide en módulos ó partes del mismo que realizan funciones específicas. Aquí cabe hacer dos divisiones para distinguir entre las que se denominan Americana y Europea:

- Estructura Americana.- Se caracteriza por separar las Entrada/Salida del resto del Controlador Lógico Programable (PLC), de tal forma que en un bloque compacto están reunidos los Microprocesadores, Memoria de Usuario ó de Programa y Fuente de Alimentación, y separadamente las unidades de Entrada/Salida en los bloques ó tarjetas necesarias.

<sup>9</sup> Hernández, R. (1990). Robótica, Visión Artificial. México: Mc Graw-Hill. p.p. 245-262.

- Estructura Europea.- Su característica principal es la de que existe un módulo para cada función: Fuente de poder, Microprocesador, Dispositivos de Entrada/Salida, etcétera.

La unidad de programación se une mediante un cable y un conector. La sujeción de los mismos se hace bien sobre carril DIN ó placa perforada; bien sobre "RACK", en donde va alojado el "BUS" externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

### III.3.- Estructura ó Arquitectura Interna.

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) se componen esencialmente de tres bloques, tal como lo presenta la Fig. III.1.

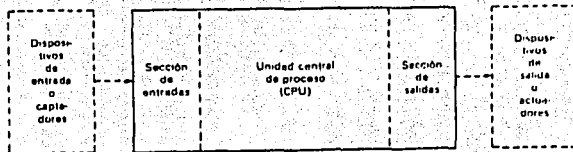


Fig. III.1.- Autómata Programable Básico (PLC).

Dentro del bloque de análisis anterior, se deben especificar los siguientes elementos que lo configuran:

a). La Sección de Entradas.- Mediante una interfase, se adapta y codifica de forma comprensible por el Ordenador, las señales procedentes de los dispositivos de entrada ó captadores; esto es, pulsadores, finales de carrera, sensores, etcétera; también tiene una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del Controlador Lógico Programable (PLC), realizando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.

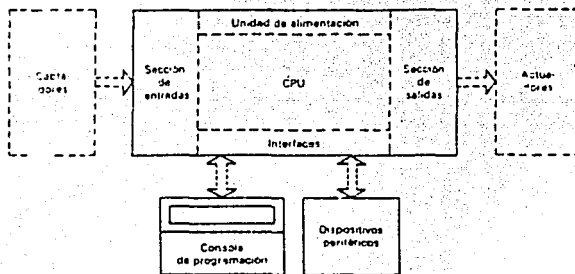
b). La Unidad Central de Proceso (CPU).- Es la unidad de inteligencia del sistema, ya que mediante la interpretación de las instrucciones del programa de usuario y en función de los valores de las entradas, activa las salidas deseadas.

c). La Sección de Salidas.- Mediante la interfase trabaja de forma inversa a la de entradas; es decir, decodifica las señales procedentes de el Ordenador, las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida ó actuadores, como lámparas, relevadores (*Relés*), contactores, arrancadores, electroválvulas, etcétera; aquí también existen unas interfases de adaptación a las salidas y de protección de circuitos internos.

Con las partes descritas, se puede decir que se tiene un Controlador Lógico Programable (*PLC*); pero para que sea operativo son necesarios otros elementos tales como:

- La unidad de alimentación.
- La unidad ó consola de programación.
- Los dispositivos periféricos.
- Interfases.

En la Fig. III.2, se han incluido de manera explícita todos estos elementos.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Fig. III.2.- Autómata Programable (PLC), con sus Periféricos y Unidad de Alimentación.

d). La Unidad de Alimentación.- Adapta la tensión de red de 127 V y 60 Hz (en América) ó de 220 V y 50 Hz (en Europa); a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del Controlador Lógico Programable (PLC), así como a los dispositivos de entrada: 24 V por ejemplo.

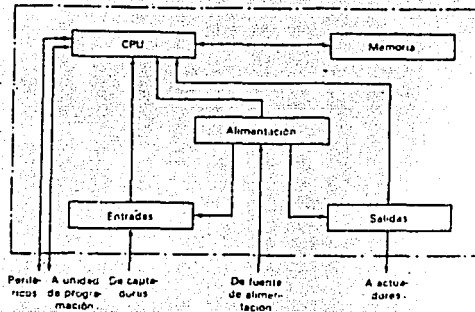
c-c

e). La Unidad de Programación.- Se ha dicho que la Unidad de Procesamiento Central (UPC) elabora las salidas en función de los estados de las entradas y de las Micro-instrucciones del programa de usuario; pero, ¿cómo accede el usuario al interior de la Unidad de Procesamiento Central (UPC) para cargar en memoria su programa?

La respuesta es mediante la unidad de programación. En los Controladores Lógicos Programables (PLC) más sencillos es un teclado con un "Display" similar a una calculadora que cuando se quiere cargar un programa en la Unidad de Procesamiento Central (UPC) se acopla a ésta mediante un cable y un conector, ó bien mediante un enchufe directo a la UPC.

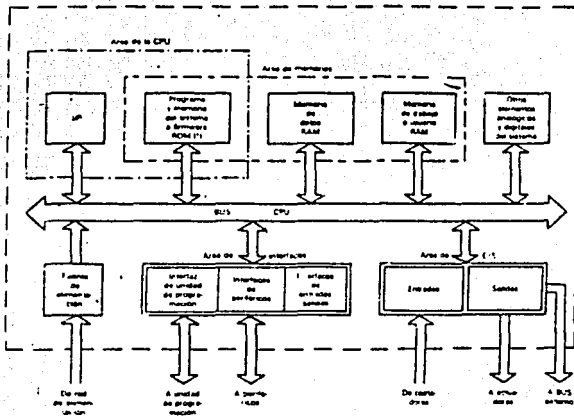
f). Periféricos ó Equipos Periféricos.- Son aquellos elementos auxiliares, físicamente independientes del Controlador Lógico Programable (PLC), que se unen al mismo para realizar su función específica y que amplían su campo de aplicación ó facilitan su uso. Como tales no intervienen directamente ni en la elaboración, ni en la ejecución del programa.

g). Interfases.- Son aquellos circuitos ó dispositivos electrónicos que permiten la conexión a la Unidad de Procesamiento Central (UPC) de los elementos periféricos descritos.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. III.3.- Esquema de Bloques Simplificado de Interconexión de un Controlador Lógico Programable (PLC).



**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

Fig. III.4.- Arquitectura de un Controlador Lógico Programable (PLC).



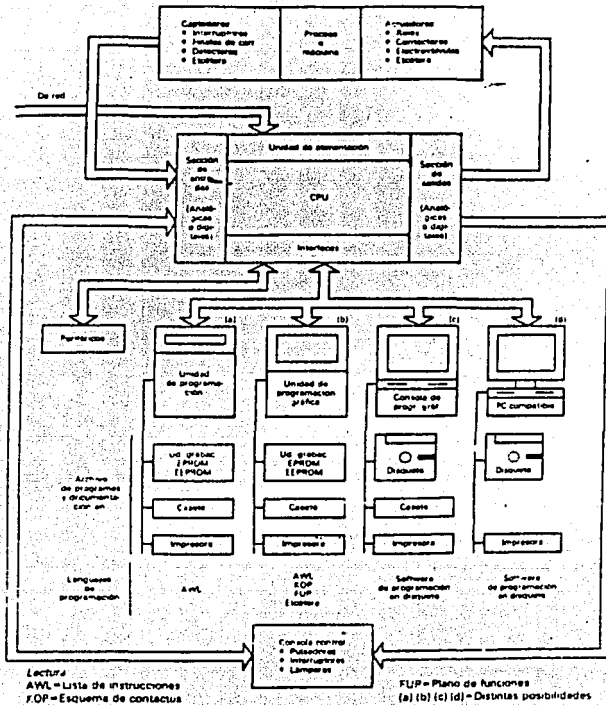


Fig. III.5.- Estructura Completa de un Controlador Lógico Programable (PLC) y su Entorno.

III.4.- Robótica.<sup>10</sup>

La Robótica es una ciencia aplicada que ha sido considerada como una combinación de tecnología de las Máquinas-Herramienta y de la informática. Comprende campos tan aparentemente diferentes como son diseño de Máquinas, Teoría de Control, Micro-Electrónica, Programación de Ordenadores, Inteligencia Artificial, Factores Humanos y Teoría de la Producción.

El sector de investigación y desarrollo está procediendo en todas estas áreas para mejorar la forma en que los robots trabajan y "piensan".

Es probable que los esfuerzos de investigación den lugar a futuros Robots que hagan que las máquinas actuales parezcan bastante primitivas. Los avances en tecnología ampliarán la gama de las aplicaciones industriales de los Robots.

Los campos técnicos anteriormente citados son muy interdependientes en la manera en que se utilizan en Robótica. Para poder apreciar la Tecnología de la Robótica y su Programación debe conocerse la forma en que los Robots se aplican en la industria.

Para comprender el empleo de sensores en Robótica hay que estar familiarizado con la forma en que se programan los Robots. Para comprender el uso de un efector final debe conocerse que una función fundamental de un robot es manipular piezas y herramientas.

Para describir la Tecnología de un Robot, se tiene que definir una diversidad de características técnicas relativas a la forma en que está construido el Robot, y a la manera en que opera. Los Robots trabajan con sensores, herramientas y pinzas, y deberán definirse esos términos. La programación de el Robot, se realiza de varias formas. Los Robots se utilizan para ejecutar trabajos en la industria, de diversa índole y aplicación.

La Anatomía de el Robot se refiere a la construcción física del cuerpo, brazo y muñeca de la máquina. La mayoría de los Robots utilizados en las fábricas actuales están montados sobre una base que está sujeta al suelo. El cuerpo está unido a la base y el conjunto del brazo está unido al cuerpo.

Al final del brazo está la muñeca. La muñeca está constituida por varios componentes que le permiten orientarse en una diversidad de posiciones.

<sup>10</sup> Simón, André. (1995). Autómatas Programables. Barcelona: Paraninfo. p.p. 123-145.

Los movimientos relativos entre los diversos componentes del cuerpo, brazo y muñeca son proporcionados por una serie de articulaciones.

Estos movimientos de las articulaciones suelen implicar deslizamientos ó giros. El cuerpo, el brazo y el conjunto de la muñeca se denomina, a veces, el manipulador.

Unida a la muñeca de el Robot va una mano. El nombre técnico aplicado a la mano es "efector final". El efector final, no se considera como parte de la Anatomía del Robot.

Las articulaciones del cuerpo y del brazo del manipulador se emplean para situar el efector final y las articulaciones de la muñeca del manipulador se utilizan para orientar dicho efector final.

Los Robots Industriales están diseñados para realizar un trabajo productivo. El trabajo se realiza permitiendo que el Robot desplace su cuerpo, brazo y muñeca mediante una serie de movimientos y posiciones. Unido a la muñeca está el efector final, que se utiliza por el Robot para realizar una tarea específica.

Los movimientos del Robot pueden dividirse en dos categorías generales: Movimientos de brazo y cuerpo, y movimientos de la muñeca. Los movimientos de articulaciones individuales asociados con estas dos categorías se denomina, a veces, por el término "*grado de libertad*", y un Robot típico industrial, está dotado de cuatro a seis grados de libertad.

Los movimientos del Robot se realizan por medio de articulaciones accionadas. Tres articulaciones suelen estar asociadas con la acción del brazo y del cuerpo, y dos ó tres articulaciones se suelen emplear para accionar la muñeca.

Para la conexión de las diversas articulaciones del manipulador se emplean unos elementos rígidos denominados uniones. En cualquier cadena de unión-articulación-unión, se llama unión de entrada al eslabón que está más próximo a la base en la cadena.

La unión de salida es la que se desplaza con respecto a la entrada. Las articulaciones utilizadas en el diseño de Robots Industriales, suelen implicar un movimiento relativo de las uniones contiguas, movimiento que es lineal ó rotacional.

Las articulaciones lineales implican un movimiento deslizante ó de translación de las uniones de conexión. Este movimiento puede conseguirse de varias formas (por ejemplo, mediante un pistón, un mecanismo telescópico y el movimiento relativo a lo largo de un carril ó vía lineal).

Las articulaciones del brazo y del cuerpo están diseñadas para permitir al robot desplazar su efector final a una posición deseada dentro de los límites del tamaño de el Robot, y de los movimientos de las articulaciones. Para Robots de configuración polar, cilíndrica ó de brazo articulado, los tres grados de libertad asociados con los movimientos del brazo y del cuerpo son:

1.- Transversal vertical.- Es la capacidad para desplazar la muñeca hacia arriba ó abajo para proporcionar la postura vertical deseada.

2.- Transversal radial.- Implica la extensión ó retracción (movimiento hacia adentro ó afuera) del brazo desde el centro vertical del Robot.

3.- Transversal rotacional.- Es la rotación del brazo alrededor del eje vertical.

### III. 4. 1.- Cuatro Tipos de Controles de Robot.

Los Robots industriales disponibles en el mercado pueden clasificarse en cuatro categorías, según sus sistemas de control. Las cuatro categorías son:

- 1.- Robot de Secuencia Limitada.
- 2.- Robots de Reproducción con Control Punto a Punto.
- 3.- Robot de Reproducción con Control Recorrido Continuo.
- 4.- Robots Inteligentes.

De las cuatro categorías, los robots de secuencia limitada representan el control de nivel más bajo, y los Robots inteligentes el más complejo.

Los Robots de secuencia limitada no utilizan servo-control para indicar las posiciones relativas de las articulaciones. En cambio, se controlan por el posicionamiento de los interruptores de fin de carrera y/o topes mecánicos para establecer los puntos finales de desplazamiento para cada una de sus articulaciones.

El establecimiento de las posiciones y las secuencias de estos topes implica una puesta a punto mecánica del manipulador en lugar de una Programación de el Robot en el sentido habitual del término. Con este método de control, las articulaciones individuales sólo pueden desplazarse a sus límites de desplazamientos extremos. Esto tiene el efecto de limitar severamente el número de puntos distintos que pueden especificarse en un programa para estos Robots.

La secuencia en la que se reproduce el ciclo de movimiento se define mediante un conmutador paso a paso, una placa de clavijas "pegboard", ú otro dispositivo de secuenciamiento. Este dispositivo que constituye el controlador de el Robot, señala cada uno de los actuadores particulares para que operen en la sucesión adecuada.

No suele existir ninguna realimentación asociada con un Robot de secuencia limitada para indicar que se alcanzó la posición deseada.

Cualquiera de estos tres sistemas de impulsión puede utilizarse con este tipo de sistema de control; sin embargo, la impulsión neumática parece ser el tipo utilizado con mayor frecuencia. Las aplicaciones para este tipo de robot suelen implicar movimientos simples, tales como operaciones de "coger y situar".

Los Robots de reproducción utilizan una unidad de control más compleja, en la que una serie de posiciones ó movimientos son "enseñados" al Robot, registrados en memoria y luego repetidos por el Robot bajo su propio control. El término "reproducción" es descriptivo de este modo operativo general.

El procedimiento de enseñar y registrar en memoria, se conoce como la Programación de el Robot. Los Robots de reproducción suelen tener alguna forma de servo-control para asegurar que las posiciones conseguidas por el Robot son las posiciones que se le "enseñaron".

Los Robots de reproducción pueden clasificarse en dos categorías: "Robot Punto a Punto (PTP)" y "Robot de Trayectoria Continua (CP)". Los Robots punto a punto son capaces de realizar ciclos de movimiento que consisten en una serie de localizaciones de puntos deseados y acciones afines.

A el Robot se le enseña cada punto, y estos puntos se registran en la unidad de control de el Robot. Durante la reproducción, el Robot se controla para desplazarse desde un punto a otro en la secuencia adecuada. Los Robots punto a punto, no controlan la trayectoria tomada por el Robot para pasar de un punto al siguiente.

Si el programador quiere ejercer una cantidad limitada de control sobre la trayectoria seguida, debe realizarlo mediante la programación de una serie de puntos a lo largo de la trayectoria deseada. El control de la secuencia de posiciones es bastante apropiado para muchas clases de aplicaciones, incluyendo las máquinas de carga y descarga, y la soldadura por puntos.

Los Robots de trayectoria continua son capaces de realizar ciclos de movimiento, en los que se controla la trayectoria seguida por el Robot. Esto suele realizarse efectuando el desplazamiento de el Robot a través de una serie de puntos próximos, que describen la trayectoria deseada.

Los puntos individuales se definen por la Unidad de Control y no por el programador. El movimiento en línea recta es una forma común de control de trayectoria continua para los Robots Industriales.

El Programador especifica el punto inicial y el punto final de la trayectoria, y la unidad de control calcula la secuencia de puntos individuales que permiten a el Robot seguir una trayectoria de línea recta. Algunos Robots tienen capacidad para seguir una trayectoria curva suave, definida por un programador que desplaza manualmente el brazo a través del ciclo de movimiento deseado.

Para conseguir un control de trayectoria continua más allá de una extensión limitada se exige que la unidad de control sea capaz de almacenar un gran número de posiciones de puntos individuales que definan la trayectoria curva compuesta.

Actualmente, esto implica el empleo de un Ordenador Digital (se suele utilizar un Microprocesador como Unidad Central de Proceso para el Ordenador) como Unidad de Control de el Robot. El control se requiere para algunos tipos de aplicaciones industriales, tales como revestimiento por pulverización y soldadura por arco.

Los Robots Inteligentes constituyen una clase cada vez más numerosa de los Robots Industriales, y capacidad no sólo para reproducir un ciclo de movimiento programado, sino para interaccionar con su entorno de una manera que parece inteligente. Invariablemente, el controlador consiste en un Ordenador Digital ó dispositivo similar.

Los Robots Inteligentes pueden modificar su ciclo programado en respuesta a las condiciones particulares que se produzcan en el lugar de trabajo. Pueden tomar decisiones lógicas basadas en los datos del sensor recibidos desde la operación. Los Robots de esta clase tienen capacidad para comunicarse, durante el ciclo de trabajo, con los operadores humanos ó con sistemas basados en Ordenador.

Los Robots Inteligentes se suelen programar utilizando un Lenguaje similar al Inglés, y un Lenguaje Simbólico no muy diferente a un Lenguaje de Programación de Ordenador.

En realidad, las clases de aplicaciones que se realizan por Robots Inteligentes se basan en el empleo de un Lenguaje de Alto Nivel para realizar las actividades complejas que pueden ser ejecutadas por estos Robots. Aplicaciones típicas de los Robots Inteligentes son las tareas de montaje y las operaciones de soldadura por arco.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### III.4.2.- Control Coordinado de Fuerza y Posición.

Una característica de el Robot que está relacionada con esta exposición, es el control coordinado de fuerza y posición. Dicho control del manipulador de el Robot se refiere al desplazamiento del extremo de la muñeca en respuesta a una fuerza ó torsión que se ejerza sobre él.

Un valor alto de esta característica significa que la muñeca se desplaza en una gran magnitud como respuesta a una fuerza relativamente pequeña. A veces se utiliza el término "elástico" para describir un Robot con un alto valor de esta característica. Si tiene un valor bajo significa que el manipulador es relativamente rígido y no se desplaza en una magnitud significativa.

El control coordinado de fuerza y posición del manipulador de un Robot es una característica direccional. Es decir, ser mayor en determinadas direcciones que en otras, debido a la construcción mecánica del brazo.

Se trata de una característica importante puesto que reduce la precisión de movimiento del robot bajo carga. Si el Robot está manipulando una carga pesada, el peso de la carga hará que se desvíe el brazo de el Robot.

Si el Robot está presionando una herramienta contra una pieza de trabajo, la fuerza de reacción de la pieza puede producir una desviación del manipulador.

Si la Programación de el Robot para la situación final en su efector ha sido hecha en condición de descarga, si la exactitud de la posición es importante para la aplicación, cuando trabaje en condición de carga puede ver degradado su rendimiento debido precisamente a esa característica.



### III.5.- Clasificación de Sistemas. <sup>11</sup>

Con el paso del tiempo el Hombre ha desarrollado y utilizado diversos tipos de Sistemas; el surgimiento de ellos ha sido en respuesta a los problemas y necesidades que han aquejado a el Ser Humano a través de su existencia.

Cuando esto ha ocurrido, se ha tenido que modificar a los Sistemas existentes, ó crear Sistemas nuevos. Generalmente, la mayoría de los Sistemas que dan solución completa a una necesidad no utilizan un sólo tipo de componentes, y si una mezcla de ellos.

Las características presentadas por un Sistema hacen posible su clasificación. Tal cual se mencionó, un Sistema al ser clasificado puede quedar incluido en más de un conjunto de Sistemas. Por ejemplo; para nuestro uso sólo nos interesa ubicar a un Sistema bajo dos aspectos, primero de acuerdo al tipo de componentes que lo conforman y segundo por el grado de control que presenta.

Un Sistema Electrónico Digital.- Es un conjunto de Dispositivos Electrónicos que en forma individual realizan funciones digitales y que interconectados procesan información codificación en forma discreta.

Los primeros Sistemas desarrollados fueron manuales, su principal característica es la intervención de el Ser Humano para llevar a cabo un Proceso, él es quien controla la forma de su operación. Un Sistema semiautomático distribuye su control externa e internamente, el primero corresponde a el Hombre, el segundo al mismo Sistema. Un Sistema Automático es aquel en que no interviene la mano del hombre para desarrollar el Proceso al cual fue destinado.

---

<sup>11</sup> Gerez, Grijalva. (1990). El Enfoque de Sistemas, México: Limusa, p.p. 3-12.

### *III. 6.- Características de un Sistema Automático.*

a).- La realización de el Proceso ejecutado por el Sistema no requiere en lo absoluto la intervención de el Ser Humano.

b).- Su comportamiento está basado en un ciclo realimentado; es decir, la forma de operación actual determina su operación siguiente.

c).- Posee al menos un subsistema que ejerce control sobre los demás denominado: "Controlador de el Sistema".

### III.7.- Definición y Características de un Controlador.<sup>12</sup>

**Controlador.**- Es un conjunto de Dispositivos integrantes de un subsistema que dirige el comportamiento general de el Sistema al cual pertenece. El Controlador posee características que lo diferencian de los demás subsistemas:

a).- Un subsistema realiza una ó varias acciones como respuesta a uno ó varios estímulos ejercidos por él. Para una misma serie de estímulos siempre responderá de la misma forma. Un Controlador ante un mismo estímulo puede generar diferentes respuestas, las cuales estarán en función de su comportamiento pasado.

b).- Un subsistema por definición interactúa con los demás subsistemas, directa ó indirectamente. En la forma directa no existe un control explícito en la acción ejercida por un subsistema sobre otro. En la forma indirecta, el control es quien decide cómo afecta la acción de un subsistema a otro.

Supóngase que el subsistema "A" es un interruptor de encendido y el subsistema "B" corresponde a un subsistema de riego para un jardín. En la acción directa el jardín será regado cada vez que el interruptor sea accionado.

En la acción indirecta se podría intercalar un controlador que decida en base a la humedad de la tierra si es conveniente regar el jardín, lo cual evitará encharcamientos y deterioro del mismo.

En este sencillo ejemplo, el subsistema "A" no ejerce la acción simplemente informa al controlador la situación ó estado en que se encuentra y éste es quien decide la acción a ejercer.

c).- El Controlador debe saber como está operando cada subsistema, por medio de las señales recibidas, y así determinar cómo operará a continuación, por medio de las señales emitidas.

Para que un Sistema opere adecuadamente requiere que su subsistema de control cumpla con varios requisitos:

1.- **Confiability.**- El Controlador debe ser capaz de decidir en todo momento la acción que tomará cada uno de los subsistemas para que en conjunto operen adecuadamente.

<sup>12</sup> Tokheim, R. (1999). Microcontroladores, Mc Graw-Hill, p.p. 34-46.

2.- Rapidez.- Debe tomar decisiones rápidas para que el Sistema opere eficientemente.

3.- Estabilidad.- El Sistema debe operar correctamente bajo una diversidad de ambientes diferentes ó específicamente al que haya sido destinado.

4.- Precisión.- Sus acciones deben estar en perfecta sincronía a fin de evitar ejecuciones a destiempo.

Los Sistemas Digitales son los que mejor cubren estos requisitos, motivo por el cual son los más utilizados. En la actualidad, aunque los Sistemas utilizan todo tipo de componentes existe la tendencia a diseñar el Controlador mediante elementos electrónicos digitales.

De este punto en adelante se concentrará la atención exclusivamente en los Controladores Digitales. Obviamente como su nombre lo indica, sus componentes y modo de operación tiene sus bases en la Teoría de la Electrónica Digital.

El desarrollo de un Sistema dependiendo de su complejidad es un Proceso bastante extenso, cada una de sus bases exige la dedicación y esfuerzo de una buena cantidad de Personal y de tiempo.

Indudablemente, todas las fases son importantes; sin embargo, y sin menospreciar a ninguna, el diseño del controlador de el Sistema es una parte vital, por ser aquí donde se decide la forma precisa en que operará todo el Sistema, si este diseño se realiza inadecuadamente el Sistema será inutilizable, se podría decir que el Controlador es a el Sistema como el cerebro al cuerpo Humano.

La fase de diseño y desarrollo del controlador exige también una serie de procedimientos. La estructura es general para todos los casos. Uno de los procedimientos se refiere a la elección de la metodología deseada para el diseño del controlador, esto es porque existe una amplia variedad de controladores, caracterizados por los elementos que la componen.

Además un subsistema de control puede clasificarse como microcontrolador, controlador ó macrocontrolador, tomando en cuenta el número de estados que puede adoptar.

Aunque en su aspecto básico la esencia de los controladores es la misma, se enfocará el estudio a microcontroladores digitales, entendiendo como tal a un conjunto de elementos electrónicos digitales interconectados que tienen por función dirigir el comportamiento de un Sistema en todo momento, mediante la adopción de una serie de estados. Esta serie de estados será perfectamente definida y limitada atendiendo a su carácter de microcontrolador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### *III.8.- Tipos de Microcontroladores.*

A un microcontrolador se le puede clasificar de acuerdo al tipo de integración de sus componentes en SSI (Integración en Pequeña Escala), MSI (Integración a Mediana Escala) ó LSI (Integración a Gran Escala). El esquema de la Fig. III.6 proporciona por medio de un Organigrama los tipos de microcontroladores que se pueden encontrar. Los recuadros punteados indican algunos ejemplos para cada tipo.

#### *III.8.1.- Microcontroladores SSI.*

Para la implantación de estos controladores se puede emplear única y exclusivamente elementos SSI ó bien una combinación de SSI ó MSI. Su clasificación bajo esta categoría se fundamenta en que su elemento de memoria está constituido por Flip-Flop's, los cuales son capaces de almacenar una condición ó estado y turnar a otro de manera síncrona a partir del actual.

En la Fig. III.7 los decodificadores de entrada y de estados deben ser implantados mediante el uso exclusivo de compuertas, este será un controlador totalmente SSI (Integración en Pequeña Escala). Una implantación alterna lo constituye la Fig. III.8 donde estos bloques son reemplazados por un conjunto de multiplexores a la entrada y un decodificador MSI (Integración a Mediana Escala) a la salida.

Aquí se requiere un bloque adicional, denominado "Lógica Reducida" que incluye el uso de compuertas para dirigir a los Multiplexores los términos apropiados. La funcionalidad de ambos tipos de microcontroladores es similar, la diferencia radica en su implantación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

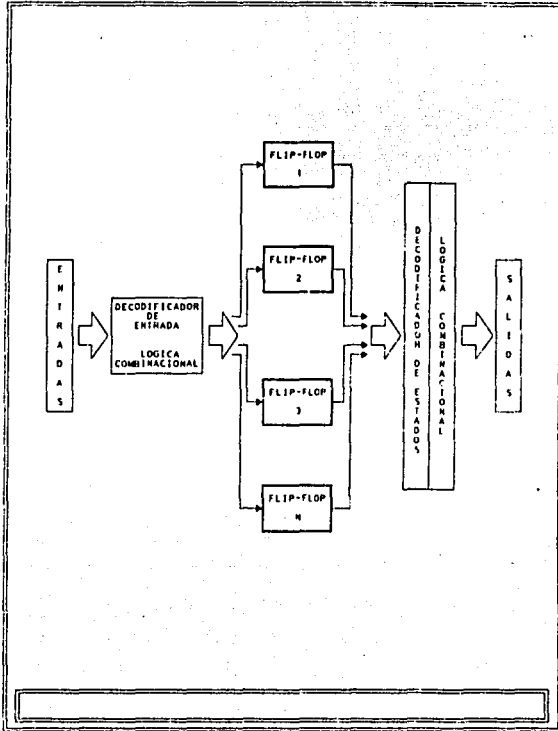


Fig. III.6.- Arquitectura Exclusivamente SSI.

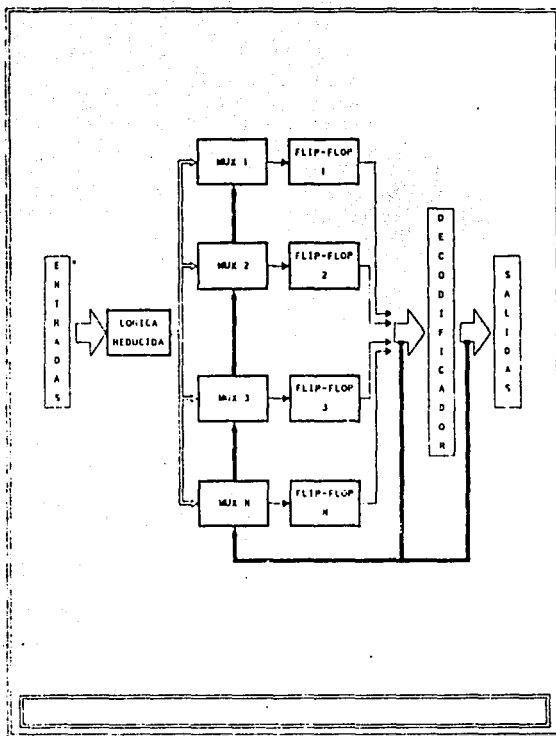


Fig. III.7.- Arquitectura SSI Complementada con MSI.

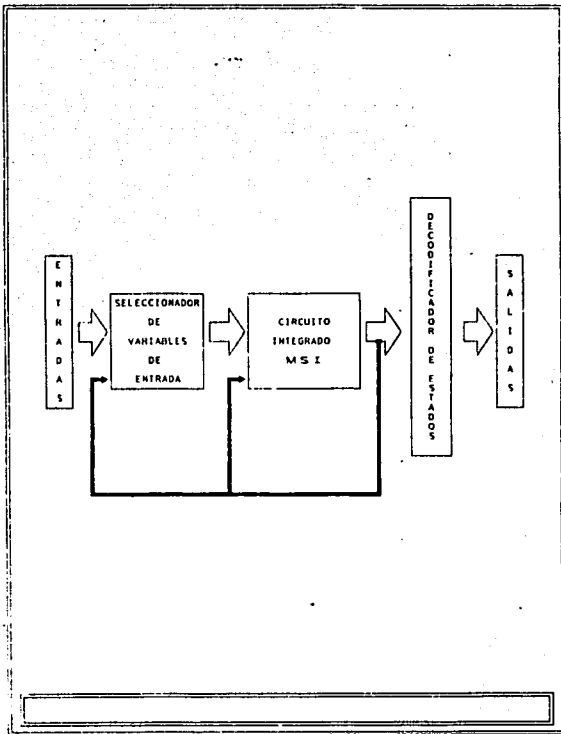


Fig. III.8.- Arquitectura para Microcontroladores MSI.



### III.8.2.- Microcontroladores MSI Normales.

Su elemento principal es una pastilla MSI (un contador, un registro de corrimiento, etcétera). El elemento utilizado le proporciona al controlador una serie de características simulables de instrucciones que controlan el flujo entre su estado y otro.

En torno al elemento principal se colocan circuitos periféricos que sirven de interfase para la recepción y generación de señales. La Fig. III.9 muestra la Arquitectura General para estos controladores, cada circuito MSI da lugar a una Arquitectura Particular.

### II.8.3.- Microcontroladores Programados.

Un Controlador Microprogramado es aquel en que el diseñador puede programar las operaciones de un dispositivo mediante el llenado de una Tabla de Memoria ó mediante un Lenguaje de Máquina a partir de un diagrama MDS.

#### a).- Componentes:

- Una Memoria RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) ó una Memoria ROM (Memoria de Sólo Lectura), que permita el almacenamiento de instrucciones de operación básica y códigos de salida.

- Un Controlador de Programa ó un Registro Direccional de Memoria utilizado para seleccionar ó direccionar las instrucciones almacenadas.

#### b).- Características:

- Habilidad para iniciar el proceso mediante la ejecución de la instrucción almacenada en una localidad arbitraria de memoria.

- Proceso secuencial de manera condicional ó incondicional de las instrucciones almacenadas en localidades contiguas de memoria.

- Capacidad de procesamiento de la instrucción siguiente ó del direccionamiento a otra localidad para la ejecución de la instrucción almacenada en ella.

c).- Operación:

- La operación de estos controladores se basa en la ejecución de instrucciones almacenadas en una memoria. Para el adecuado funcionamiento del controlador se debe especificar la estructura con que serán almacenados los datos de la memoria, a este esquema se le denomina "Formato de Control".

Existen diversos tipos de formatos válidos, su estructura dependerá de sus elementos. De acuerdo a lo anterior, el esquema correspondiente a la Arquitectura General para un controlador microprogramado en la Fig. III.10.

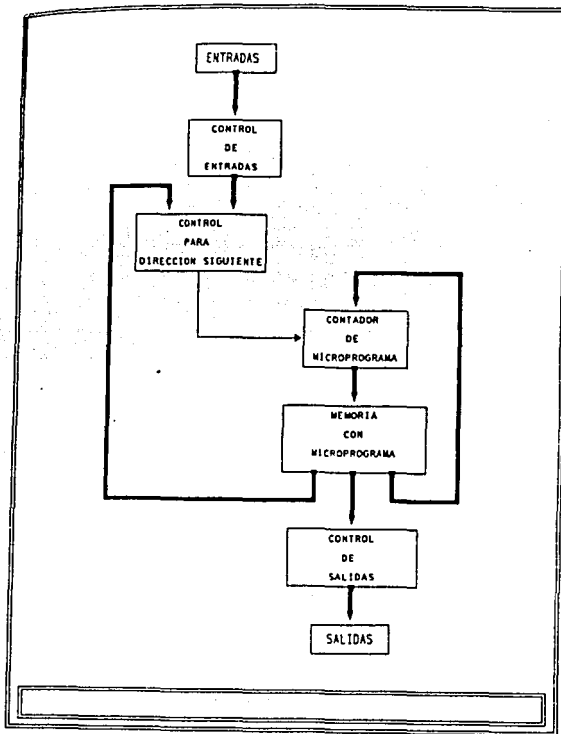


Fig. III.9.- Arquitectura General de un Controlador MSI.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III.8.4.- Controladores Programables con Conjunto Fijo de Instrucciones.

Existen algunas diferencias entre este tipo de controlador programable con el mencionado previamente:

1.- Antes de la realización del controlador se debe crear un módulo decodificador de instrucciones.

Los elementos que contenga el módulo así como sus conexiones dependerán de las instrucciones que quieran ser implantadas, las cuales pueden ser tan simples ó complejas como se quiera.

Una vez hecho este módulo existe una metodología general aplicable a su implantación dentro de un controlador.

2.- Cada instrucción del controlador tiene asociado un código fijo, el cual se conoce comúnmente como código de operación OPCODE.

Como ya se habrá deducido, el uso de estos controladores implica un doble trabajo:

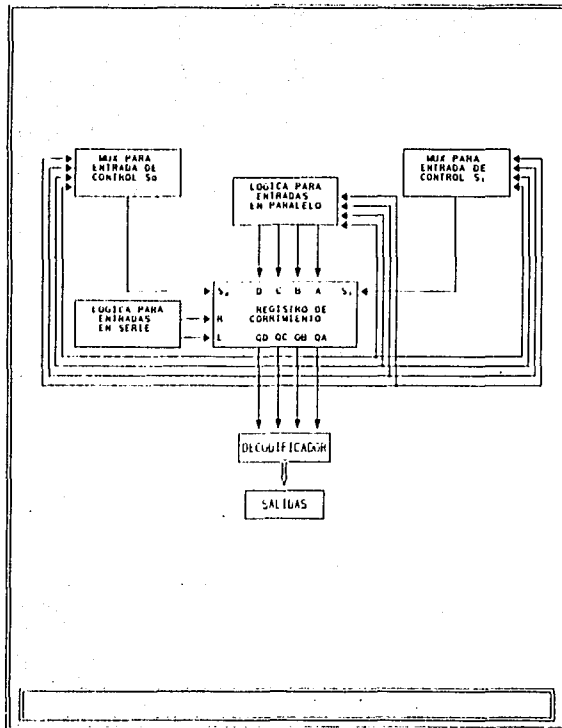
a).- Primeramente, se debe diseñar el módulo decodificador de instrucciones.

b).- Una vez hecho esto, diseñar el controlador deseado.

Este proceso es análogo a la creación de Programas y Paquetes ("Software") para Ordenador. Anteriormente, la creación de un Programa se realizaba directamente en Lenguaje de Máquina ó bien en Lenguaje Ensamblador, posteriormente se han desarrollado Lenguajes de alto nivel que facilitan la escritura de programas poniendo a disposición del diseñador de Programas y Paquetes ("Software"), un conjunto fijo de instrucciones que serán decodificadas por medio de un módulo especial llamado "Compilador".

Lo mismo ocurre en diseño de controladores de este tipo, el módulo decodificador deseado se diseña una sola vez y posteriormente sólo se utiliza, facilitando considerablemente el proceso de diseño.

Ahora bien, al igual que en el desarrollo de Programas y Paquetes ("Software") existe una multitud de Lenguajes de Programación, cada uno de ellos con un conjunto fijo de instrucciones, en el desarrollo de controladores existen también múltiples diseños ya elaborados que proporcionan características diferentes.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. III.10.- Arquitectura General para un Controlador Microprogramado MSI.

### *III.8.5.- Microcontroladores LSI.*

Su elemento principal es un circuito LSI, el cual proporciona a su Arquitectura todos los elementos necesarios para la implantación de una gran variedad de instrucciones. Su uso debiera ser exclusivo para aquellos casos cuya naturaleza no puede ser desarrollada ó no es adecuada para Arquitectura SSI ó MSI.

La razón de no profundizar demasiado con estos elementos, es la intención de presentar formas alternativas al uso de Microprocesadores, ya que no toda aplicación requiere su empleo, el cual elevaría de manera innecesaria los costos del diseño.

## CAPÍTULO IV.

### APLICACIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) DE LA MARCA FESTO PARA EL ARMADO DE CAJAS DE CARTÓN UTILIZADAS, COMO CONTENEDORES PARA ALMACENAR MÁQUINAS DE ESCRIBIR.

#### *IV.1.- Método Estructurado.*

Para este método se hará en dos estructuras; la primera el **Circuito de Potencia** y posteriormente el **circuito de Control**.

##### **Circuito de Potencia.**

1. Dibujar los cilindros.
2. Dibujar válvulas de control. (monoestables, biestables)
3. Indicar los finales de carrera se usen o no se usen. (SA0, SA1)  
S = Sensor de contacto.  
A = Identificación del cilindro de simple efecto o doble efecto.  
0 = Posición del cilindro dentro.  
1 = Posición del cilindro fuera.

##### **Circuito de control.**

1. Este método se basa en el **diagrama Espacio fase** y/o **Diagrama de movimientos**.
2. Analizar diagrama **espacio fase** de tal forma de que cada fase es un movimiento y representa a un relevador CR#
3. Dividir el **circuito de potencia** y el **circuito de control**.
4. En el **circuito de control**, dibujar las bobinas del relevador CR# tantas como fases existan en el **diagrama espacio fase**.
5. Conectar basándose en la secuencia los elementos emisores de señal sensores a cada CR#
6. En el **circuito de potencia** dibujar todos los elementos de salida de electroválvulas, lámparas, etc.
7. Conectar los contactos de relevador CR# basándose en la secuencia tomando en cuenta las siguientes funciones:

**7.1 ACTIVAR MEMORIA**

**7.2 PREPARAR EL PASO SIGUIENTE CR#+1, FUERA DE LA MEMORIA**

**7.3 EJECUTAR MOVIMIENTO DE TRABAJO.**

8. El último grupo solo realiza una función:

**DESACTIVAR LA PRIMERA MEMORIA.**

9. Agregar condiciones adicionales (Ciclo manual, Ciclo único, Ciclo continuo, paro de emergencia, Reset, etcétera.)

## IV.2.- Diseño de un Controlador Lógico Programable (PLC).

### 1. Nombre del proyecto

Project management > Create project (project – description)

### 2. Descripción del proyecto

Utilities > text Editor

(Descripción de movimientos, fuerzas a realizar, longitudes necesarias, cuando, dónde y por qué, etcétera.)

### 3. Croquis de situación.

Una vez fijado el problema de mando con todas sus exigencias, hay que confeccionar el plano de situación. Este plano representa la disposición mecánica del sistema de forma muy simplificada. Todos los elementos de accionamiento (Actuadores) y los elementos emisores de señal que se conozcan previamente (Sensores).

### 4. Diagramas

Espacio - fase, Espacio – Tiempo, Diagrama de movimientos, Diagrama de Potencia. (la sucesión de pasos de los diferentes movimientos secuenciales se representa por medio de un diagrama en el que el eje de las ordenadas se registra el desplazamiento y el otro la fase o tiempo)

### 5. Listado de componentes(Operando Absoluto – Operando Simbólico – Descripción)

Utilities > Allocation list

### 6. I/O Configuración

Utilities > I/O Configuration

### 7. Forzar salidas y verificar entradas.

Utilities > IPC on line mode

### 8. Programa método estructurado.



**9. Cargar proyecto**

Ladder diagram > Load Project

**10. Correr el Programa**

IPC > on line mode > Terminal Mode > R(run) S(stop)

**11. Visualizar Programa**

Ladder diagram > LDR on line display > \* > Start Display.

*IV.3.- Desarrollo del Proyecto Basado en un Controlador Lógico Programable (PLC).*

**1. Nombre del proyecto:**

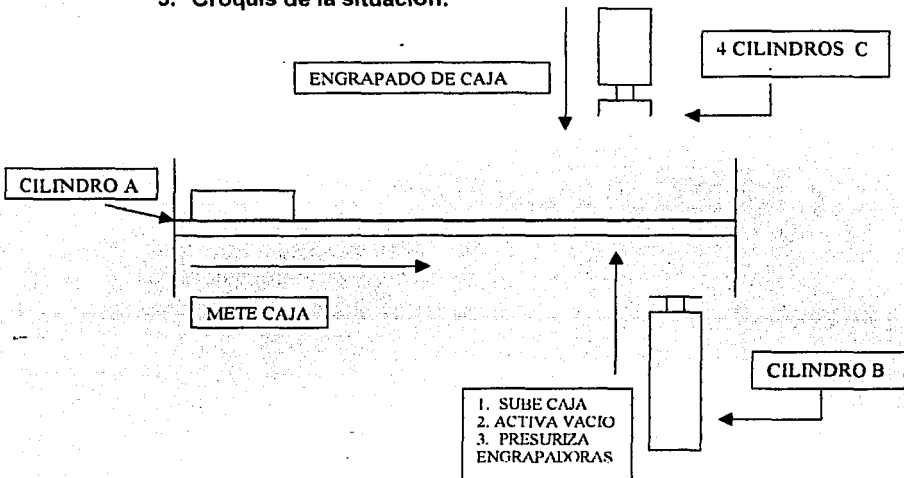
**Armadora de cajas de cartón corrugado utilizadas para el empaque de máquinas de escribir de la línea Electrónica.**

**2. Descripción del Proyecto:**

Programa estructurado de la armadora de cajas de cartón corrugado utilizadas en el empaque de las máquinas de escribir de la línea electrónica. Este programa cambiará la forma de operación de la máquina en forma manual, a una forma automática y paso a paso, en caso de que se quiera hacer la secuencia manual.

Además de contener un botón de emergencia para seguridad del operador y un indicador de falta de grapas, en caso, de que la engrapadora le falte grapas esta condición bloqueará la máquina hasta que sea cargada de grapas nuevamente.

**3. Croquis de la situación:**



#### 4.- Diagramas.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## 5. Lista de componentes

Para realizar este procedimiento se va a realizar de acuerdo a la forma de conectar el PLC, con los elementos de entrada y salida, así como, de las banderas y timers a utilizar, añadiendo sus comentarios para que al verificar entradas y salidas sea más fácil visualizar el listado.

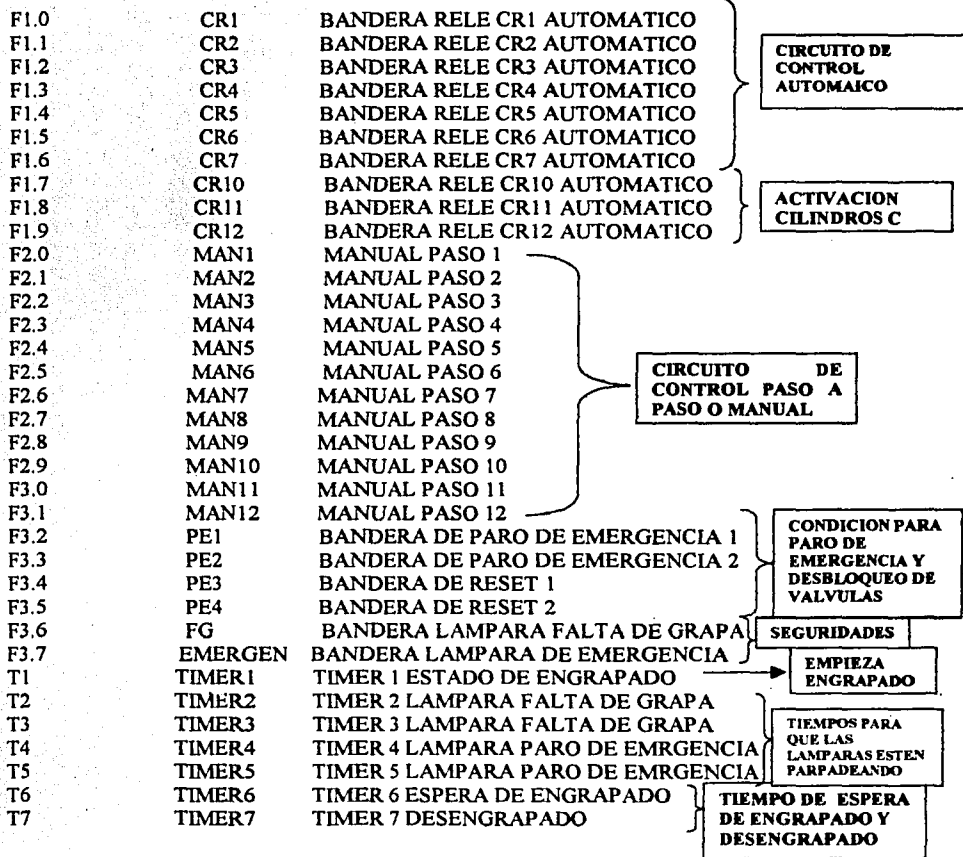
Posteriormente se cargará al PLC tal como se ha hecho en el diseño.

Operands of allocation list.

Absolute	Symbolic	Comment	
O0.0	Y1	BOBINA CAJA DENTRO A1	} SALIDAS
O0.1	Y2	BOBINA CAJA FUERA A0	
O0.2	Y3	BOBINA CAJA ARRIBA B1	
O0.3	Y4	BOBINA CAJA ABAJO B0	
O0.4	Y5	BOBINA GATILLOS DE ENGRAPADO	
O0.5	Y6	BOBINA DE VACIO Y PRESION DE ENGRAPADO	
O0.6	LPE	LAMPARA PARO DE EMERGENCIA	} ENTRADAS
O0.7	LFG	LAMPARA FALTA DE GRAPA	
I0.0	S1	SENSOR DE PRESENCIA DE CAJA	
I0.1	SA0	SENSOR A CAJA FUERA SA0	
I0.2	SA1	SENSOR A CAJA DENTRO SA1	
I0.3	SB0	SENSOR B CAJA ABAJO SB0	
I0.4	SB1	SENSOR B CAJA ARRIBA SB1en	
I0.5	S6	SENSOR FALTA GRAPA	
I0.6	START	BOTON ARRANQUE	
I0.7	RST	BOTON RESET	
I1.0	PE	BOTON PARO DE EMERGENCIA	
I1.1	SAM	SELECTOR AUTOMATICO - MANUAL	

Después de realizar la ubicación de entradas y salidas se podrá empezar a programar y aquí se involucrarán las Banderas y Timers se recomienda hacer el programa a mano e ir sacando poco a poco las banderas a utilizar, así como, los timers para poder agrupar, enumerar y así capturar todo el listado de componentes.

Para el programa de armado de cajas las banderas a utilizar serán las siguientes:



**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

## 6. I/O CONFIGURACION

Esta operación es necesaria para poder programar las salidas y entradas ya que sin esta operación no se activarían. Hay que darle un valor a cada una para activar empezando de cero.

number	Switch	IW number	OW
FEC	0	0	0

FEC : Representa el PLC en particular FEC 20.

IW : Representa la palabra de entrada 0 y con esto estaría en línea con el programador.

OW Representa la palabra de salida 0 y con esto estaría en línea con el programador.

## 7. Forzar Salidas y Verificar Entradas

**IMPORTANTE :** Para este procedimiento se debe de tener desconectada las líneas de fuerza y la presión de aire para evitar accidentes, tanto para el operador, como para la máquina ya que se va a poner en línea el PLC con la computadora, la cual, va a desarrollar el programa.

Para cualquier PLC esta forma sirve para verificar las conexiones con las entradas y se esté verificando las señales de entrada y visualizar que se active la entrada seleccionada y para las salidas como todavía no se ha desarrollado ningún programa se forzará para verificar que todas las salidas estén conectadas con las conexiones (Es por esto que se pide cortar el suministro de aire y de energía eléctrica).

Esta función sirve para cualquier PLC a programar y con ello se evitará revisar cableado después de haber programado.

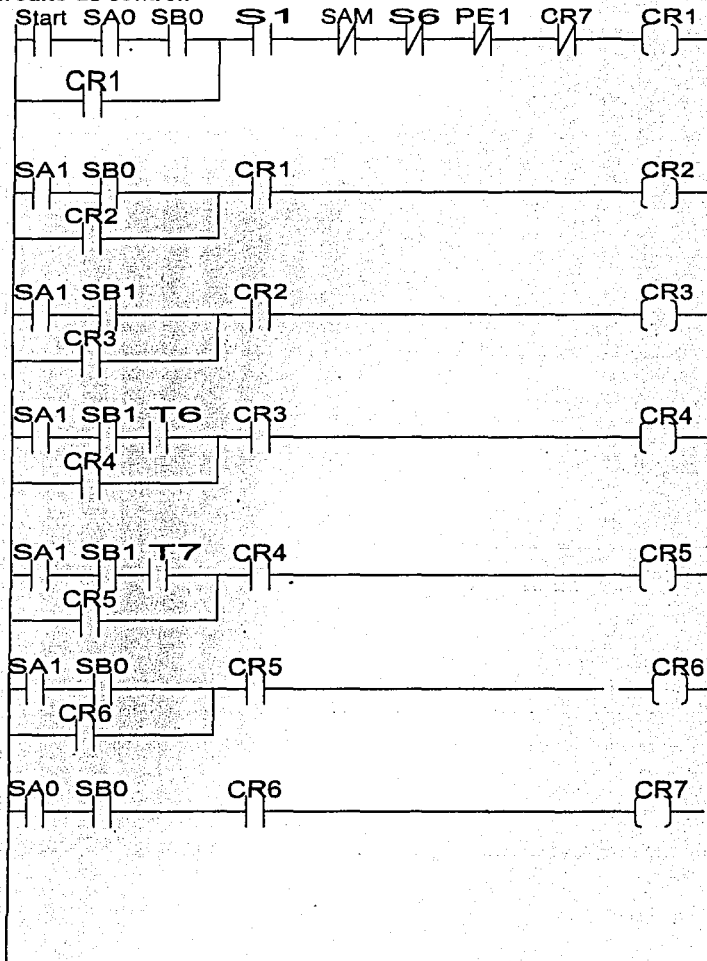
En caso de que no funcionará el programa y para evitar revisar el cableado, ya que esto ya se hizo antes de programar y así tener menos tiempo muerto en la máquina que para la industria cuesta dinero.

Utilities > IPC on line.

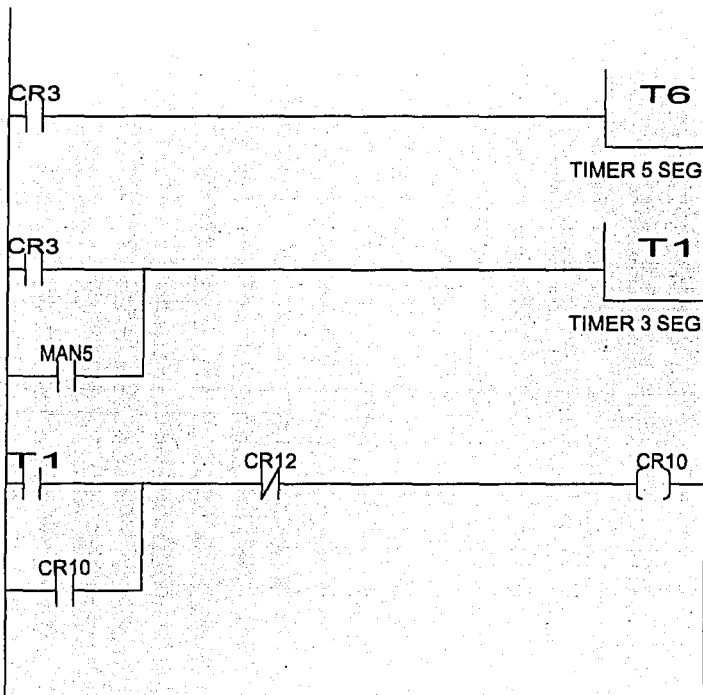
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 8. Programa (Método Estructurado)

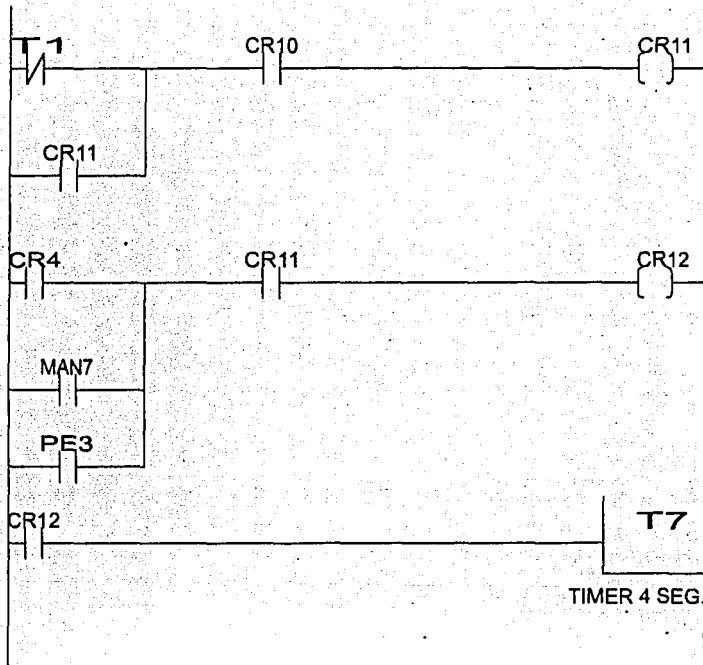
Circuito de control.



Siguiendo la secuencia del **Diagrama Espacio – Fase**. Se observa que son siete fases igual número de relevadores para el ciclo único. El ultimo paso CR7 sirve para borrar las memorias y reiniciar el ciclo nuevamente. Como se va desarrollando cada paso se va involucrando las condiciones de los elementos emisores de señal. Y así terminar con el último paso de este ciclo único. Ahora se desarrollará la activación de los cilindros C con tiempos ya que carece de elementos emisores de señal y se involucra dentro del ciclo de control.





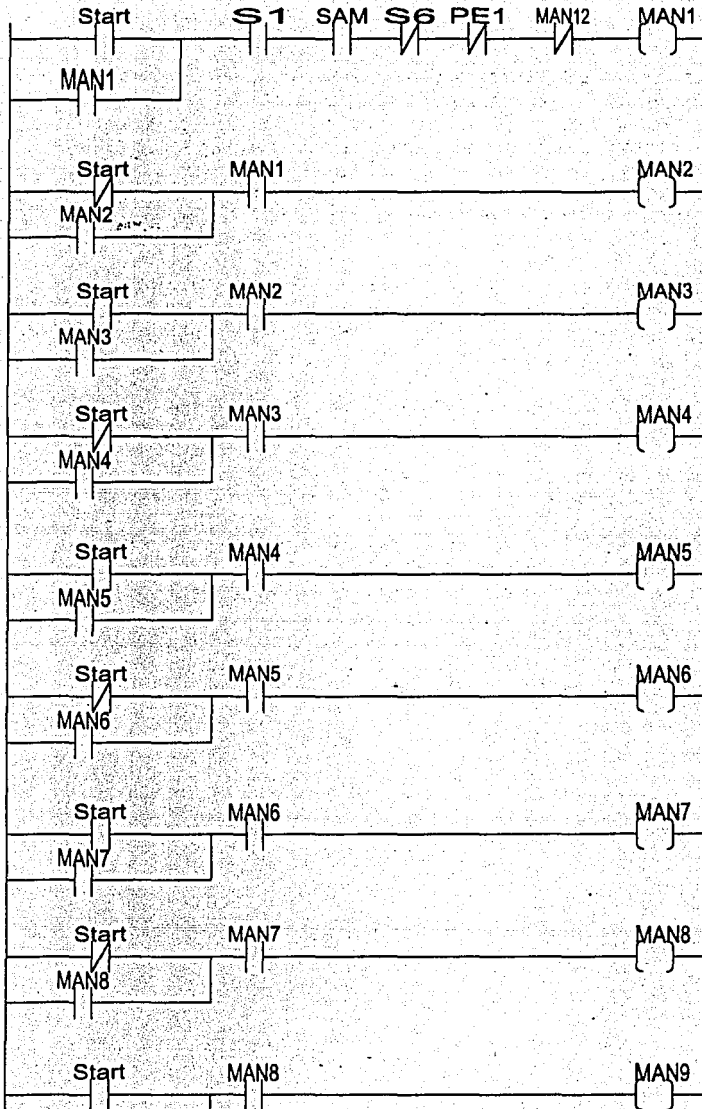


Como se observa se manejan tres tiempos T1, T6 y T7.

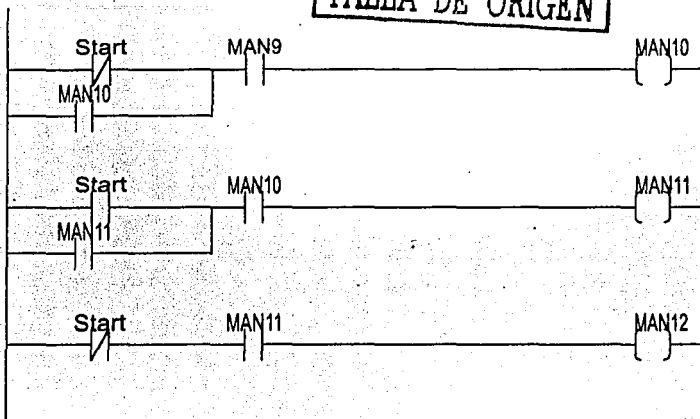
T1 comienza a operar después de que activa CR3 o en forma manual con MAN5 con un tiempo de tres segundos y siguiendo la misma estructura se activa CR10 y queda memorizado hasta que CR12 se activa. CR11 se activa hasta que T1 deja de contar. Por último CR12 se activa hasta que este listo CR4 (CR4 se activa de forma inmediata) y CR11.

Por esta razón se involucra T6 para que le dé tiempo de engrapar y no entre rápidamente CR4. y T7, es un tiempo de espera para que regrese las uñas de la engrapadora y no atore la caja al regresar la caja engrapada.

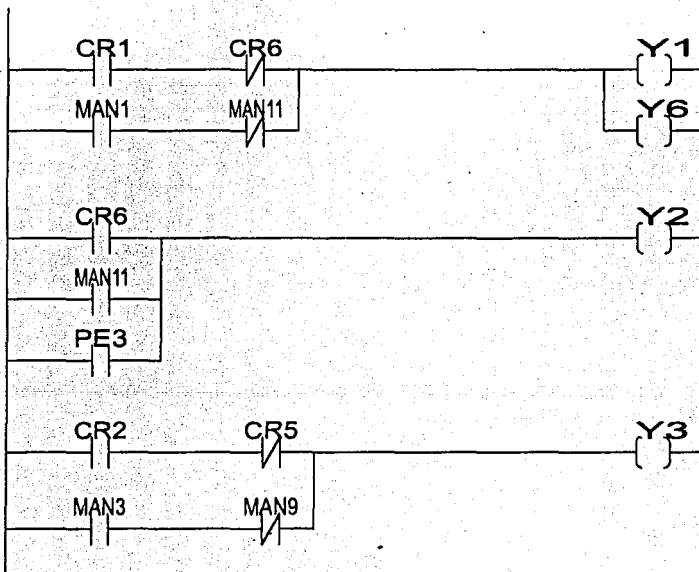
Ahora se procede a realizar el ciclo paso a paso o manual; para esto hay que ir al **Diagrama de Movimientos** y se observan doce fases y que serán las mismas que los relevadores MAN1 al MAN12.

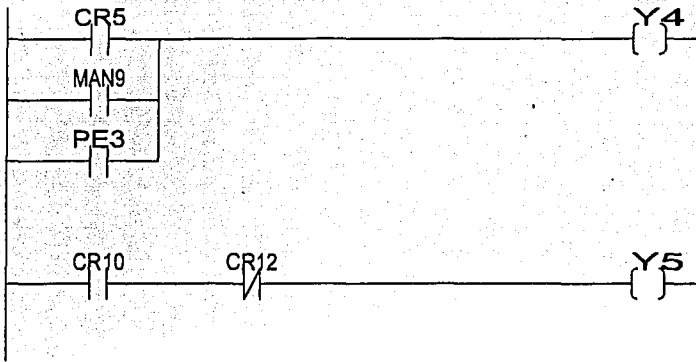


# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



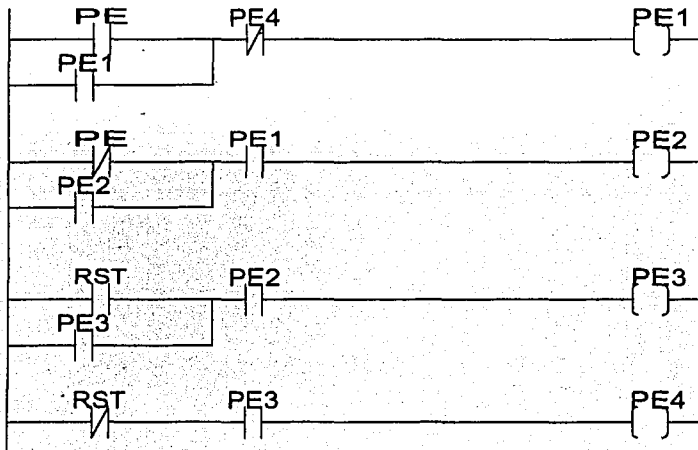
Ahora el se involucrarán los relevadores del control en el **Circuito de Potencia**, se verá que relevador activa a las válvulas, seguridades e iluminación.





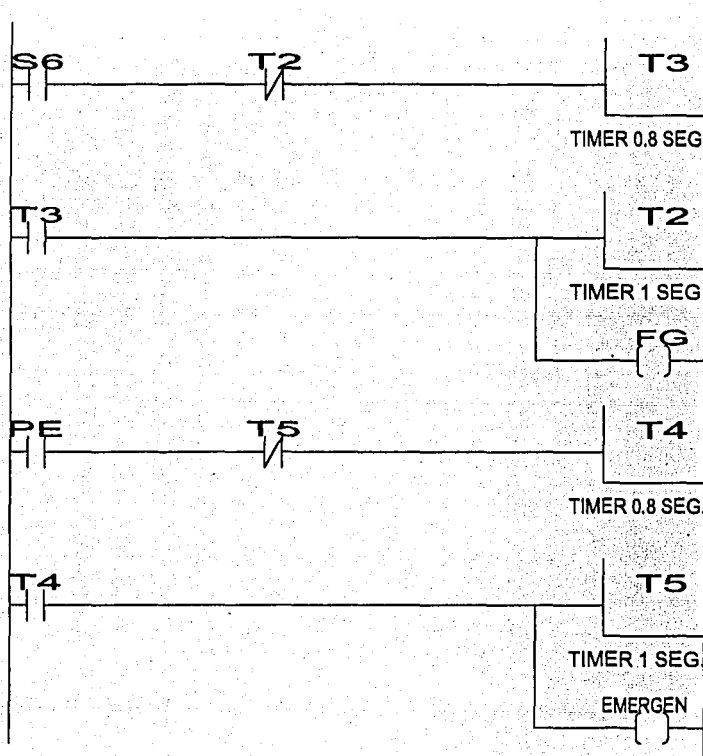
Como se observa las salidas Y1 a Y6 serán las activaciones de las salidas para las válvulas de los cilindros utilizando las partes correspondientes al movimiento automático o manual del procedimiento, así también, se puede tomar de los diagramas de movimiento o espacio fase, las condiciones para que Y1 a Y6 sean activadas.

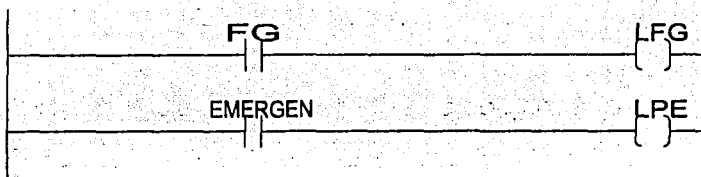
Ahora se vera la condición de seguridad que debe de llevar la máquina y para el operador aquí ya se involucra en las salidas, ahora se desarrolla las seguridades.



Aquí se utilizan la seguridad de la máquina parando todo además y desenergizar las válvulas, posteriormente se resetea para reiniciar nuevamente el proceso con un botón de reset.

Ahora se analizaran las lámparas de paro de emergencia y falta de grapa además se iluminaran de forma intermitente para que el operador tenga más visión de su tablero.





Aquí la estructura es de la siguiente forma; cuando entra T3 empieza a contar T2 a su vez energiza a bandera de FG, la cual, estará activando a la salida para encender la lámpara LFG (Esta a su vez bloqueará a la función de la máquina tanto en manual como en automático) y la lámpara estará apagando y encendiendo dependiendo del tiempo de T2 y T3. Esta operación desaparecerá hasta que sea cargada la máquina de grapas.

Para la operación de la lámpara de paro de emergencia LPE, resulta lo mismo cuando se activa el botón hongo PE empieza a contar T4 y enclava a T5, que a su vez cierra a la bandera EMERGEN cuando se energiza la bandera manda a activar a la salida de la lámpara LPE, la cual encenderá y apagará intermitentemente dependiendo del tiempo de T4 y T5. Esta operación bloquea a la máquina y se desbloqueará hasta que sea resuelto el problema y después de sacar el botón de seguridad y pulsar el botón de Reset.(RST)

Cuando ya se elaboró el procedimiento estructurado de este método, queda por último realizar la capturar del programa en el PLC.

### 9. Cargar el proyecto

Ladder diagram > load project

Para cualquier PLC, hay que revisar los comandos para la visualizar donde se activan los contactos, timer, counters, etc.

Al ir cargando el programa hay que revisarlo detenidamente para que al momento de correr el programa no haya errores o corregirlos lo más rápido posible y así reducir el tiempo muerto en la máquina por paro programado.

### 10. Corre el programa

IPC on line > Terminal mode > R(run) S(stop)

Se puede observar desde la PC la operación del programa e ir corrigiendo algunos detalles de tiempos para detallar la operación del equipo y comprobar que funcionen las seguridades de la máquina.

## **11. Visualizar programa.**

Ladder Diagram > LDR on line display > \* > Start display

Con la operación del equipo se puede conectar la PC e ir visualizando cada paso del método estructurado. Es posible tener errores de ajuste de algún sensor o regular el caudal de algún cilindro, o ajustar los límites de alguna seguridad, o calibrar alguna válvula hay que revisarlos antes de mover el programa; es por ello que cuando empiece a correr la máquina se debe estar dando los últimos detalles del equipo. Antes de ajustar el programa se sugiere revisar lo antes dicho y es posible que se resuelvan algunos problemas de arranque de máquina sin necesidad de mover el programa.

Por último se imprime el proyecto y en esta impresión aparecerá la secuencia lógica del método y una revisión de programa en caso de que exista algún error aparecerán los errores impresos, y por último aparece la distribución de los contactos de las banderas y la ubicación de las entradas y salidas.

Con esto se da por terminada la operación de programación de la máquina por medio de un PLC.

Conociendo las entradas y salidas de una máquina a automatizar y sabiendo de que tipo serán esas entradas y salidas se podrá hacer la elección de un PLC.

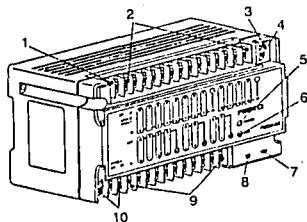
En el mercado existente varios fabricantes de PLC aquí se recomienda comprar el que mejor se adapte a sus necesidades y sobre todo que no sea costoso. Actualmente existe una gran mejoría en cuanto a costos y tamaños de PLC.

Como FESTO fue el mejor precio se compro el FEC - 20. Modelo muy compacto y fácil de colocar en un riel Zincado para colocación de contactores, es por eso que se compro este PLC y así reutilizar material que ya se tenía con anterioridad.

#### IV. 4.- Descripción del Controlador Lógico Programables (PLC), FEC-20 de FESTO.<sup>13</sup>

El FEC está diseñado como un sistema de control industrial versátil y de bajo costo, que puede instalarse fácil y rápidamente, y que puede ser manejado por personas con poca experiencia en controles programables.

Todas las funciones de un sistema de control a pequeña escala se hallan integradas en una sola caja. El FEC puede utilizarse en lugar de los cuadros de relés convencionales, y está perfectamente adecuado para el control económico de automatizaciones que precisen controlar una cantidad relativamente pequeñas de puntos de entrada y salida.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.1.- La Distribución del FEC.

Al instalar el FEC, se debe tener en cuenta las condiciones ambientales bajo las cuales deberá funcionar normalmente la unidad. No instalar el PLC:

- 1.- En zonas extremadamente sucias, con niebla o vibraciones.
- 2.- En zonas directamente sometidas a choques o vibraciones.
- 3.- En zonas con temperaturas extremas, luz directa del sol, humedad o lluvia.
- 4.- Cerca de equipos o cables de alta tensión.

<sup>13</sup> Manual del FEC-20 de FESTO.



La unidad puede montarse en un rail DIN o directamente con tornillos M4.

**Durante el montaje:**

- 1.- Asegurarse de montar la unidad lo más lejos posible de equipos de alta tensión y equipos de gran potencia.
- 2.- No dejar que caigan trozos de cable, limaduras, limaduras o virutas dentro de la unidad, al taladrar agujeros o cortar cables.
- 3.- Evitar montar el PLC directamente sobre cualquier fuente generadora de calor, tal como un radiador, transformador o una resistencia de elevado consumo.
- 4.- Si la temperatura ambiente está por encima de 55° C, deberá instalarse dentro del armario de mando un ventilador para la circulación forzada del aire.

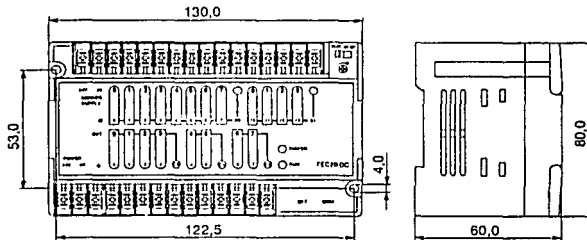


Fig. IV.2.- Dimensiones Externas.

**Durante el cableado:**

- 1.- Separar el cableado de las señales de entrada y de salida en canaletas diferentes y evitar hacer mazos de cables con ambas señales.
- 2.- No utilizar el mismo cables de varios hilos para el cableado de las entradas y las salidas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

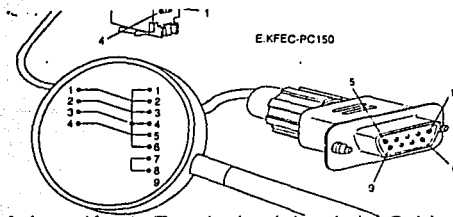


Fig. IV.3.- Asignación de Terminales (pines) del Cable de Conexión (FEC a Ordenador Digital).

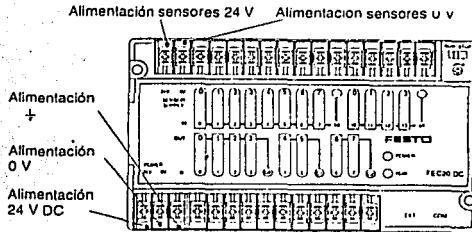


Fig. IV. 4.- Circuito de Conexión de Alimentación/Sensores E.FEC-20-DC.

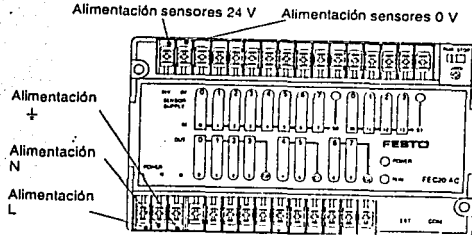


Fig. IV.5.- Circuito de Conexión de Alimentación/Sensores E.FEC-20-AC.

### Entradas (Inputs):

- 1.- 12 entradas PNP o NPN (detección automática) primer grupo, 8 entradas, segundo grupo a 4 entradas.
- 2.- Las dos últimas entradas del segundo grupo pueden utilizarse como contadores con una frecuencia de conteo máxima de 4 kHz (a través de módulo SW).
- 3.- Aislamiento galvánico (optoacoplador electrónico).
- 4.- Tiempo de retraso, 5 milisegundos.
- 5.- Señalización por medio de LED's, después del aislamiento galvánico.
- 6.- Conexión a través de una terminal de 14 conectores (pines) tipo atornillado (cada terminal incorpora 2 hilos X 0.75 mm<sup>2</sup>).

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

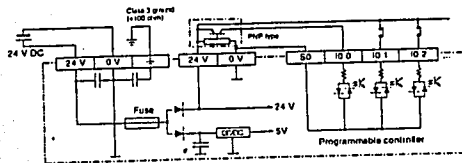


Fig. IV. 6.- Fuente de Alimentación Tipo DC, Conexión [+] (Alimentación) Común.

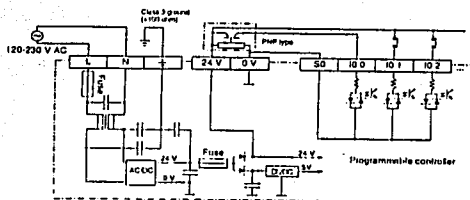


Fig. IV. 7.- Fuente de Alimentación Tipo AC, Conexión [+] (Alimentación) Común.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

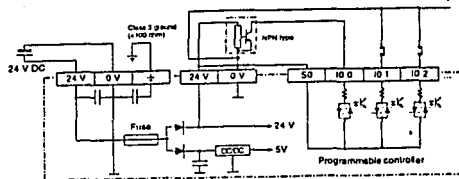


Fig. IV.8.- Fuente de Alimentación Tipo DC, Conexión [-] (Drenaje) Común.

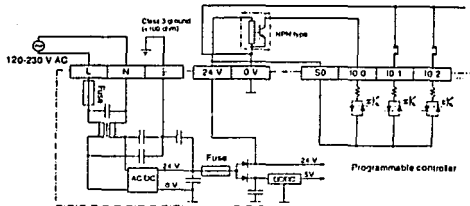


Fig. IV. 9.- Fuente de Alimentación Tipo AC, Conexión [-] (Drenaje) Común.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### Potenciómetro Analógico:

El FEC incluye un potenciómetro analógico que puede ajustarse fácilmente con un destornillador dentro de un margen de valores de 1 hasta 63. Este valor puede ser evaluado por el programa de aplicación del usuario, ya que el valor actual establecido en el potenciómetro es almacenado en una "Palabra de Entrada" (Input Word, IW) lógica.

Esta prestación incorporada, proporciona una manera económica para realizar tareas tales como "ajuste fino" de parámetros (por ejemplo; valores de temporización) o una gran variedad de tareas similares. Esta prestación puede ser habilitada/deshabilitada por medio del programa FST.

### Las Salidas (Outputs) del FEC son:

8 Salidas por Relé	1 Contacto Normalmente Abierto por Salida, en grupos de 4/2/2.
Tensión de Conmutación.	Máximo 30 VDC ó 250 VCA.
Corriente de Conmutación.	2 Amp. Máximo.
Tiempo de Respuesta.	10 milisegundos.
Indicación del Estado.	LED para cada salida.
Conexión.	Conexión por Termina de 14 pines Atornillado (cada terminal incorpora 2 hilos X 0.75 mm <sup>2</sup> ).

### Importante:

- 1.- No conectar ninguno de los terminales sin utilizar.
- 2.- Ya que no hay fusible en el circuito de salida del Controlador Lógico Programable (PLC), debería utilizarse un fusible de 5 a 10 Amp, por cada grupo de 4 puntos de salida para evitar dañar la circuitería de salida del Controlador Lógico Programable (PLC) en caso de un cortocircuito externo.
- 3.- Si se conecta un diodo para absorber picos, en paralelo con las cargas inductivas de DC, se prolongará en mucho la vida útil de los contactos de los relés.
- 4.- Para cargas tales como contactores de inversión de marcha de motores, que podrían resultar desastrosas si se activarán simultáneamente, deberán hacerse enclavamientos externos al Controlador Lógico Programable (PLC), además de los enclavamientos programados, para asegurar que esta activación simultánea no pueda producirse.
- 5.- Para funciones de paro de emergencia, las cargas de salida deben desactivarse utilizando un contacto externo al Controlador Lógico Programable (PLC), que aisle la tensión de alimentación de las terminales de salida.
- 6.- Cuando se conecte un circuito de paro de emergencia, ajustarse a las Normas y regulaciones de seguridad locales, relacionadas con el cableado.
- 7.- Para suprimir interferencias eléctricas cuando se trabaja con cargas inductivas, deben utilizarse los circuitos de protección eléctricos recomendados por el correspondiente fabricante para la supresión de los picos de tensión.
- 8.- La conexión de un supresor de picos en paralelo con la carga inductiva en AC, reducirá la generación de ruido eléctrico.

### **Especificaciones de las Salidas:**

Corriente Nominal.	2 Amp. por cada Punto de Salida.
Tensión de Carga	250 VAC. 30 VDC o menos.
Carga Máxima.	80 VA (Inductiva). 100 W. (Lámpara).
Tiempo de Respuesta.	Aproximadamente 10 milisegundos.

### **Vida de los Contactos del Relé de Salida:**

<b>Corriente / Carga.</b>	<b>Carga Resistiva.</b>	<b>Carga Inductiva.</b>
Sin Corriente.	20 000 000 Ciclos.	20 000 000 Ciclos.
0.2 Amp.	1 000 000 Ciclos.	800 000 Ciclos.
1 Amp.	500 000 Ciclos.	300 000 Ciclos.
2 Amp.	300 000 Ciclos.	100 000 Ciclos.

### **Pruebas Preliminares y Mantenimiento:**

#### **Alimentación: OFF (Desconectada).**

Una conexión incorrecta de las terminales de alimentación de potencia, un cortocircuito entre las líneas de DC y el cable de alimentación, o un cortocircuito en las líneas de salida, pueden dañar seriamente al Controlador Lógico Programable (PLC). Antes de aplicar tensión, comprobar la fuente de alimentación y las conexiones a tierra, así como las conexiones de las líneas de entrada/salida.

Si es necesario medir la tensión máxima que puede soportar el Controlador Lógico Programable (PLC) y la resistencia de aislamiento, desconectar las líneas de entrada y salida y el cable de alimentación del Controlador Lógico Programable (PLC), y realizar las mediciones de prueba entre un punto común de todas las terminales y la terminal de tierra.

### **Escritura y Comprobación de Programas:**

#### **Alimentación: ON (Conectada), PLC: STOP (en paro).**

Escribir un programa utilizando un dispositivo periférico tal como un Ordenador Digital, con el paquete (programa) FSTIPC / FEC o la Unidad de Servicio FESTO.

Comprobar el programa para asegurarse de que es correcto. La verificación sintáctica se hace automáticamente al cargar los programas desde el programador al FEC.

Para verificar el cableado de salida, cada salida puede activarse o desactivarse con el dispositivo programador cuando el Controlador Lógico Programable (PLC), se halla en situación de Paro (STOP).

Si se conmuta el interruptor RUN/STOP a RUN, debería acabar de procesarse el programa anteriormente cargado. La LED-RUN, cambiará su color de amarillo (o rojo) a verde.

### **Funcionamiento y Verificación:**

#### **Alimentación: ON (Conectada), PLC: STOP (en paro).**

El FEC está equipado con un interruptor interno RUN/STOP. Como otra posible opción puede aplicarse un así llamado interruptor RUN/STOP externo. Este interruptor RUN/STOP externo es un interruptor conectado a una de las entradas del FEC. En caso de que se deseara utilizar esta posibilidad, debe definirse esta entrada como interruptor RUN/STOP adicional en la configuración.

Cuando el interruptor RUN/STOP se halla en STOP (también cuando se utiliza el interruptor remoto RUN/STOP) el LED RUN, luce en "amarillo" (o en caso de error el LED RUN, luce en "rojo").

#### **Alimentación: ON (Conectada), PLC: RUN (en marcha).**

Cuando el interruptor RUN/STOP se halla en RUN (cuando no se utiliza el interruptor remoto RUN/STOP) el LED RUN luce "verde" y el Controlador Lógico Programable (PLC) empieza a funcionar. Es posible cambiar los ajustes para temporizadores, contadores, registros de datos, banderas o forzar dispositivo ON u OFF, mientras el Controlador Lógico Programable (PLC) se halla en funcionamiento.

### **Inspecciones Periódicas:**

Es esencial realizar inspecciones regulares y un mantenimiento adecuado al Controlador Lógico Programable (PLC), y un funcionamiento sin dificultades del sistema de control.

El Controlador Lógico Programable (PLC), no posee ningún elemento consumible o partes que requieran mantenimiento y que podrían reducir la vida del Controlador Lógico Programable (PLC). Sin embargo, antes de la puesta en marcha, verificar la vida útil de los relés de salida si estos funcionan con frecuencia o se utilizan para interrumpir cargas de elevada capacidad.

**Condiciones Ambientales:**

- 1.- Temperatura ambiente en el panes de control: 0 a 55° C.
- 2.- Humedad: 0 a 95%; humedad relativa sin condensación.
- 3.- El ambiente debe estar relativamente libre de polvo.

**Montaje:**

- 1.- Asegurarse de que la tensión está cortada antes de reemplazar cables o de hacer otras actividades.
- 2.- Asegurarse de que las terminales del cableado externo no estén flojos.
- 3.- El cableado externo no debe estar dañado.

**Localización de Averías y Verificación de Errores.**

Si se produce algún problema mientras el Controlador Lógico Programable (PLC) está funcionando; primero debe verificarse la tensión de alimentación, las terminales del Controlador Lógico Programable (PLC) y los dispositivos de Entrada/Salida, por si hay terminales flojas u otras anomalías. En segundo lugar, comprobar los LED's en el Controlador Lógico Programable (PLC).. Los LED's ayudarán a determinar si el Controlador Lógico Programable (PLC) está defectuoso, o si el problema procede de una causa externa.

**Indicación de Alimentación (POWER):**

El LED con el rótulo POWER en el panel de control del Controlador Lógico Programable (PLC), se alimenta de los 5 Volts internos del PLC. Si el LED no enciende cuando se aplica la tensión, se debe desconectar la terminal de alimentación de Sensores a 24 Volts. Si entonces enciende el LED POWER, ello indica que la carga de la alimentación a los sensores es demasiado elevada. En este caso, los sensores deben ser alimentados desde una fuente externa de 24 Volts.

El fusible interno del FEC puede fundirse si han penetrado sustancias extrañas conductoras dentro del PLC o hay otras condiciones de falla. Si es este el caso, y la sustitución del fusible no resuelve el problema, se debe contactar al Servicio de Asistencia Técnica de FESTO.

**Indicación de Marcha (RUN):**

Si el LED RUN no está "en verde" cuando el interruptor RUN/STOP se conmuta a RUN, realizar las verificaciones de la sección "Indicación de Error".

Si el LED RUN está "en verde", cuando el interruptor RUN/STOP se conmuta a RUN, pero el programa no se ejecuta, realizar las siguientes comprobaciones: Comprobar la opción establecida para el interruptor remoto RUN/STOP (Configuración en el Programa). Puede ser que esta entrada esté establecida en paro "STOP".



### **Indicación de Entrada:**

Independientemente de si el estado ON/OFF del dispositivo de entrada coincide o no con el estado del LED en esta entrada, comprobar que el dispositivo de entrada funciona correctamente, que no haya un falso contacto u otras anomalías.

Una entrada que haya sido activada durante un período de tiempo inferior al ciclo de prueba del PLC, puede ser que no sea reconocida.

### **Indicación de Salida:**

Si el estado del indicador LED de una salida, no corresponde con el estado real de la salida, comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo de salida.

Asegurarse que está aplicada la tensión requerida a la terminal común de las salidas.

### **Indicación de Error:**

El LED RUN luce en "rojo", indica un error interno o de programa. El número del error puede leerse por medio del CI (Sistema de Verificación o Intérprete de Órdenes del FEC); con el paquete (programa) FSTIPC / FEC o con el Dispositivo de Servicio (opcional).

### **Palabra de Error (Error Word):**

Normalmente, no hay un reconocimiento automático de la presencia y la disponibilidad de las entradas y las salidas conectadas. En aplicaciones en las que esto puede producir dificultades, deben tomarse en cuenta las medidas adecuadas (programas adicionales con sistemas de supervisión, detección externa de señales, realimentación de señales, etcétera). A partir de éstos, pueden crearse números de error adicionales en el programa de usuario.

### **Relación de Números de Error Integrados en el Sistema:**

Los siguientes números de error son generados normalmente por el Sistema Operativo del PLC.

6	No se Encuentra el Programa "0" al Arrancar.
7	No se Encuentra el Programa.
9	No puede Arrancarse el Proyecto.
11	Submódulo E/S Defectuoso.
34	Error Aritmético (División por "0").
36	Llamada ilegal al Módulo.
57	No se Encuentra el Proyecto.
99	Acceso Remoto Improcedente.

El usuario puede escribir un programa de errores y configurarlo para que se ejecute cuando se produzca un error. Este programa no debería estar activo durante el funcionamiento normal. La configuración muestra también cómo activar una salida en caso de error del sistema.

#### **Programación en Lista de Instrucciones (STL / AWL) y el Diagrama de Contactos (LDR / KOP):**

La programación en STL y LDR sigue el estándar de las convenciones del programa FST de FESTO. Se dispone de otros manuales para la programación en Lista de Instrucciones y en Diagrama de Contactos. Para mayor información, contactar con la Oficina FESTO más cercana.

#### **Operandos:**

El FEC tiene los siguientes operandos, accesibles vía el programa FST o con el CI.

Input Words.	IW0 a IW1 con I0.0 a I0.7, I1.0 a I1.3.
Output Words.	OW0 con O0.0 a O0.7.
Error Word.	EW, también como E.
Initial Flag.	FI, por Programa.
Flag Words.	FW0 a FW9999 con Fx.0 a Fx.15.
Registers.	R0 a R255.
Function Units.	FU0 a FU255, FU32 a FU38 por Programa.
Timers.	T0 a T255 (también TP y TW por Temporizador), TON, TOFF.
Counters.	C0 a C255 (también CP y CW para cada Counter).
Programs.	P0 a P63.
Program Status.	PS0 a PS63.
Function Modules.	CFM0 a CFM99 (Predefinidos por FESTO).

Program Modules.

CMP0 a CMP99 (Definidos por el Usuario).

### Operando Remanentes:

<b>Operando.</b>	<b>No. De Operando.</b>	<b>Comentario.</b>
Output Word (OW).	0 ... 1	
Register (Rx).	0 ... 127	
Timer Preselect (TP).	0 ... 127	
Counter (Cx).	0 ... 127	
Counter Preselect (CP).	0 ... 127	
Counter Word (CW).	0 ... 127	
Flag Word (FW).	0 ... 255	

#### IV.5.- Relación Costo-Beneficio.

El costo de una modificación a un equipo debe incluir todos los aspectos de mecánicos y eléctricos. Se tiene que hacer una cotización de las partes a cambiar y de ahí elegir el que más se apegue a las necesidades, y sobre todo costo de cada una de las cosas que se van a utilizar.

Elegir los más económicos, sin olvidar su aspecto de seguridad de los equipos, ya que lo, barato puede originar accidentes, es importante leer las hojas de datos técnicos de cada cosa a elegir.

Posteriormente se debe de hacer un calculo de tiempo de paro, para hacer la modificación; aquí se involucra un tiempo para hacer ajustes.

Justificar, los beneficios del cambio en dinero, tiempo y la eficiencia de la productividad con la modificación a realizar para que sea autorizada esa modificación.

Con está modificación se estima tener 3000 cajas diarias en un turno de 10-Horas. El tiempo de armado de una caja, desde que entra a la máquina y sale la caja armada será de 12 Seg. Siempre y cuando este constantemente alimentando de cajas a la máquina. Este dato es teórico y sirve para que el operador realice otras actividades del empaque, y se puede eliminar quizá a una persona de ese punto ya que la persona que esta alimentando a la máquina puede terminar el empaque el mismo, de hecho esta propuesta fue aceptada y ahora así esta la fase.

Entonces el armado de caja será más fácil ya que solo necesita oprimir un botón para que la máquina trabaje en el armado. Claro que en lugar de ser 3000 cajas, ahora serán 800 máquinas armadas con una sola persona en el empaque.

El beneficio se incrementa ya que es más rápido el armado de caja y además se facilita el empaque y se reduce la mano de obra. Esto implicar ahorro de sueldos ya que se reduce la mano de obra.

El costo es de \$ 7337.00 pesos en equipo más materiales varios, como cable, cinchos plásticos para fijar cables, botoneras para automatizar y un sensor de presencia de objeto esto se pago con caja chica.

El costo total del cambio fue de \$ 13000.00 pesos con un tiempo de cambio y ajuste de dos días de paro.

Otro beneficio será que la máquina ya no será manual y cuenta con seguridades para que no salga mal engrapada por falta de grapa y tenga paro de emergencia para el operador y la máquina.

**ANEXO 1.- DIAGRAMAS DEL PROYECTO.**

A continuación se muestran los Diagramas del Proyecto:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

FESTO Software Tool FST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO UTILIZADAS EN EL EMPAQUE DE LAS MAQUINAS ESCRIBIR DE LA LINEA ELECTRONICA.

ESTE PROGRAMA CAMBIARA LA FORMA DE OPERACION DE LA MAQUINA EN FORMA MANUAL A UNA FORMA DE MANERA AUTOMATICA Y PASO A PASO EN CASO DE QUE SE QUIERA HACER LA SECUENCIA MANUAL.  
ADEMAS DE CONTENER UN BOTON DE EMERGENCIA PARA SEGURIDAD DEL OPERADOR Y UN INDICADOR DE FALTA DE GRAPAS EN CASO DE QUE LA ENGRAPADORA LE FALTE GRAPAS ESTA CONDICION BLOQUERA LA MAQUINA HASTA QUE SEA CARGADA DE GRAPAS NUEVAMENTE.

ATTE.

ING. HECTOR ARMANDO FERNANDEZ FERNANDEZ.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO UTILIZADAS EN EL EMPAQUE DE LAS MAQUINAS ESCRIBIR DE LA LINEA ELECTRONICA.

ESTE PROGRAMA CAMBIARA LA FORMA DE OPERACION DE LA MAQUINA EN FORMA MANUAL A UNA FORMA DE MANERA AUTOMATICA Y PASO A PASO EN CASO DE QUE SE QUIERA HACER LA SECUENCIA MANUAL.  
ADEMAS DE CONTENER UN BOTON DE EMERGENCIA PARA SEGURIDAD DEL OPERADOR Y UN INDICADOR DE FALTA DE GRAPAS EN CASO DE QUE LA ENGRAPADORA LE FALTE GRAPAS ESTA CONDICION BLOQUERA LA MAQUINA HASTA QUE SEA CARGADA DE GRAPAS NUEVAMENTE.

ATTE.

ING. HECTOR ARMANDO FERNANDEZ FERNANDEZ.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PESTO Software Tool FST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

No documentation available.



FESTO Software Tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

Operands of allocation list

Absolute	Symbolic	Comment
00.0	Y1	BOBINA CAJA DENTRO A1
00.1	Y2	BOBINA CAJA FUERA A0
00.2	Y3	BOBINA CAJA ARRERA B1
00.3	Y4	BOBINA CAJA ABAJO B0
00.4	Y5	BOBINA GATILLOS DE ENGRAPADO
00.5	Y6	BOBINAS VACIO Y PRESION A ENGRAP.
00.6	LPE	LAMPARA PARO DE EMERGENCIA
00.7	LFG	LAMPARA FALTA DE GRAPA
10.0	S1	SENSOR DE PRESENCIA DE CAJA
10.1	SA0	SENSOR A CAJA FUERA SA0
10.2	SA1	SENSOR A CAJA DENTRO SA1
10.3	SBO	SENSOR B CAJA ABAJO SBO
10.4	SBI	SENSOR B CAJA ARRIBA SBI
10.5	S6	SENSOR FALTA GRAPA
10.6	START	BOTON ARRANQUE
10.7	RST	BOTON RESET
11.0	PE	BOTON PARO DE EMERGENCIA
11.1	SAM	SELECTOR AUTOMATICO - MANUAL
F1.0	CR1	BANDERA RELE CR1 AUTOMATICO
F1.1	CR2	BANDERA RELE CR2 AUTOMATICO
F1.2	CR3	BANDERA RELE CR3 AUTOMATICO
F1.3	CR4	BANDERA RELE CR4 AUTOMATICO
F1.4	CR5	BANDERA RELE CR5 AUTOMATICO
F1.5	CR6	BANDERA RELE CR6 AUTOMATICO
F1.6	CR7	BANDERA RELE CR7 AUTOMATICO
F1.7	CR10	BANDERA RELE CR10 AUTOMATICO
F1.8	CR11	BANDERA RELE CR11 AUTOMATICO
F1.9	CR12	BANDERA RELE CR12 AUTOMATICO
F2.0	MAN1	MANUAL PASO 1
F2.1	MAN2	MANUAL PASO 2
F2.2	MAN3	MANUAL PASO 3
F2.3	MAN4	MANUAL PASO 4
F2.4	MAN5	MANUAL PASO 5
F2.5	MAN6	MANUAL PASO 6
F2.6	MAN7	MANUAL PASO 7
F2.7	MAN8	MANUAL PASO 8
F2.8	MAN9	MANUAL PASO 9
F2.9	MAN10	MANUAL PASO 10
F3.0	MAN11	MANUAL PASO 11
F3.1	MAN12	MANUAL PASO 12
F3.2	PE1	BANDERA PARO DE EMERGENCIA 1
F3.3	PE2	BANDERA PARO DE EMERGENCIA 2
F3.4	PE3	BANDERA RESET 1
F3.5	PE4	BANDERA RESET 2
F3.6	FG	BANDERA LAMPARA FALTA DE GRAPA

FESTO Software Tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

Operands of allocation list

Absolute	Symbolic	Comment
F3.7	EMERGEN	BANDERA LAMPARA DE EMERGENCIA
T1	TIMER1	TIMER 1 RETADO DE ENGRAPADO
T2	TIMER2	TIMER 2 LAMPARA FALTA DE GRAPA
T3	TIMER3	TIMER 3 LAMPARA FALTA DE GRAPA
T4	TIMER4	TIEMR 4 LAMPARA PARQ DE EMERGENCIA
T5	TIMER5	TIMER 5 LAMPARA PARO DE EMERGENCIA
T6	TIMER6	TIMER DE ESPERA PARA ENGRAPADO
T7	TIMER7	TIMER DE DESENGRAPADO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FESTO Software Tool PST

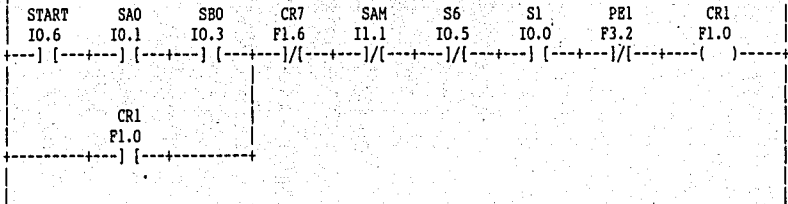
PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

Rung No. 1  
Rung No. 2  
Rung No. 3  
Rung No. 4  
Rung No. 5  
Rung No. 6  
Rung No. 7  
Rung No. 8  
Rung No. 9  
Rung No. 10  
Rung No. 11  
Rung No. 12  
Rung No. 13  
Rung No. 14  
Rung No. 15  
Rung No. 16  
Rung No. 17  
Rung No. 18  
Rung No. 19  
Rung No. 20  
Rung No. 21  
Rung No. 22  
Rung No. 23  
Rung No. 24  
Rung No. 25  
Rung No. 26  
Rung No. 27  
Rung No. 28  
Rung No. 29  
Rung No. 30  
Rung No. 31  
Rung No. 32  
Rung No. 33  
Rung No. 34  
Rung No. 35  
Rung No. 36  
Rung No. 37  
Rung No. 38  
Rung No. 39  
Rung No. 40

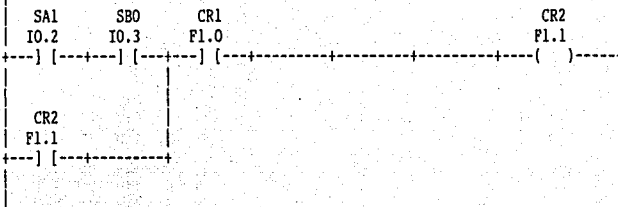
FESTO Software Tool FST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
 UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

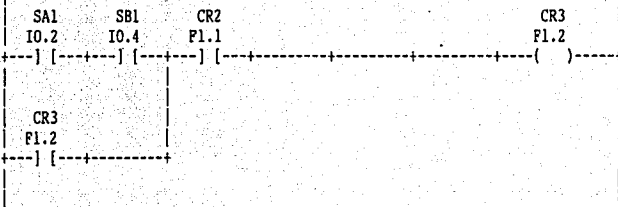
Rung no. 1



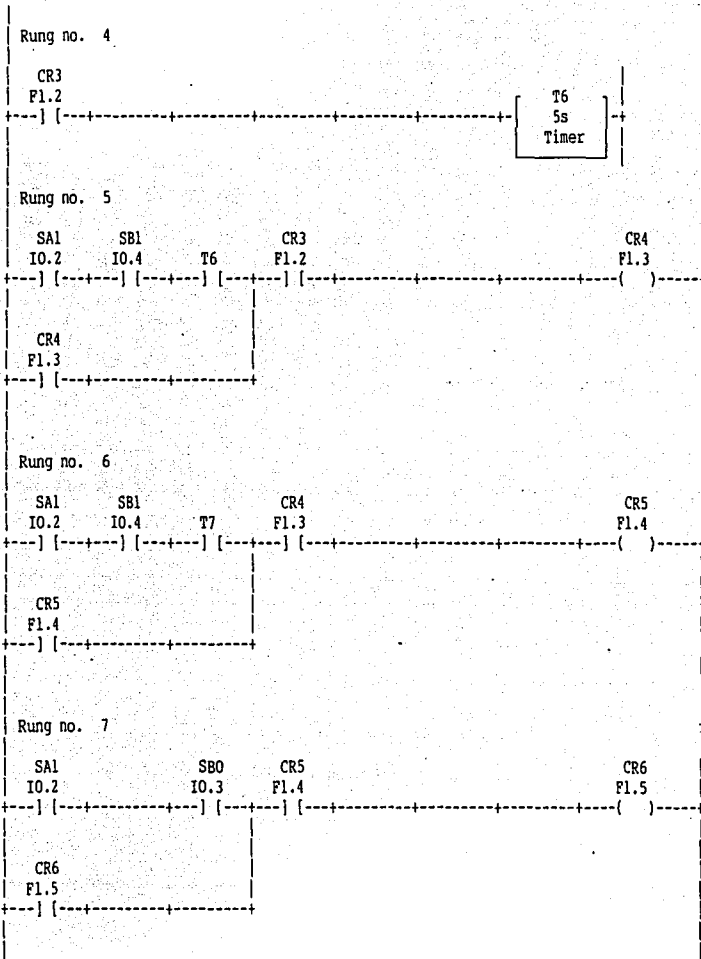
Rung no. 2



Rung no. 3

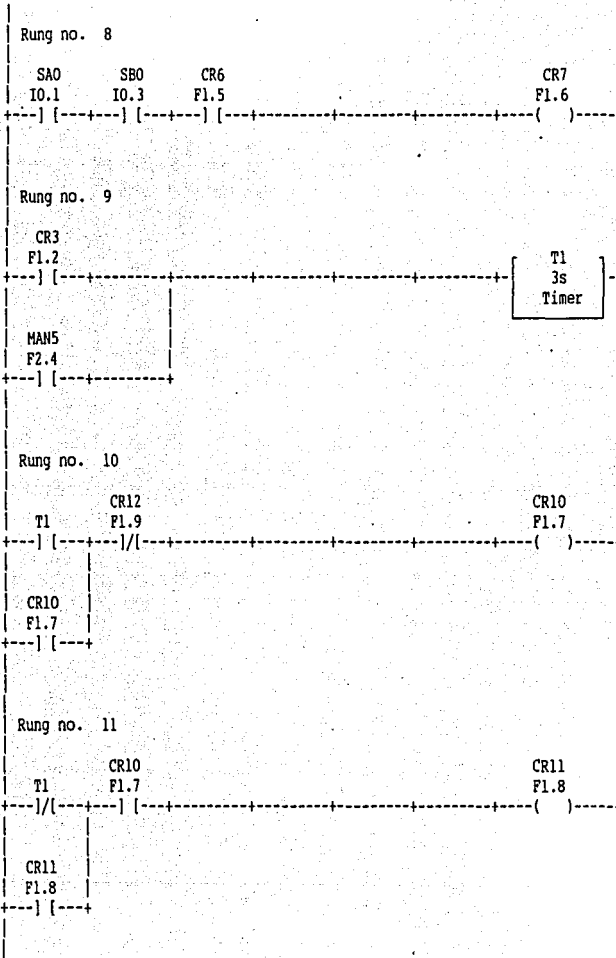


PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
 UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



FESTO Software Tool FST

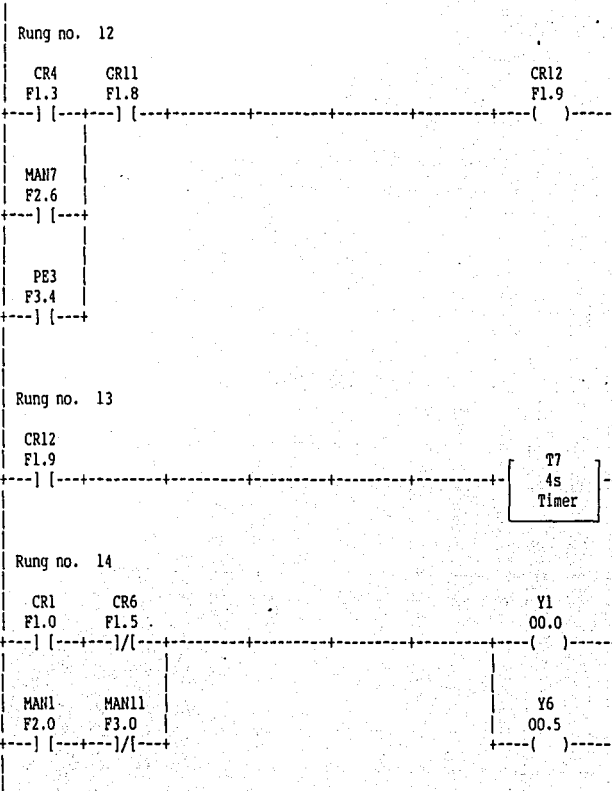
PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
 UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

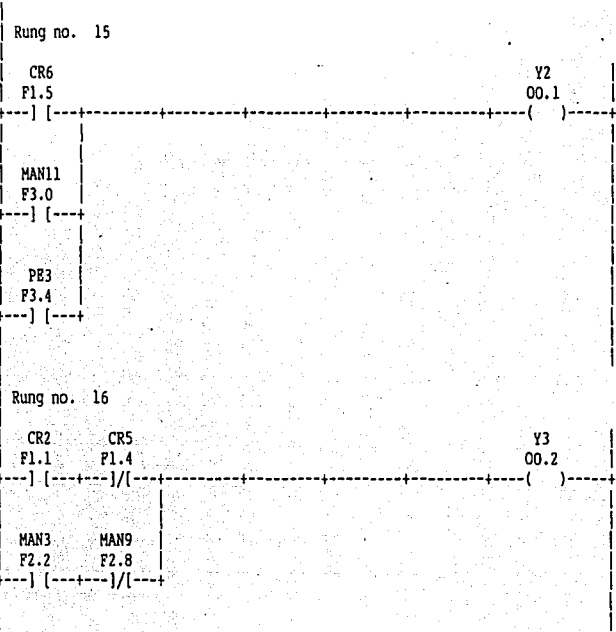
FESTO Software Tool FST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
 UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



PESTO Software tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
 UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



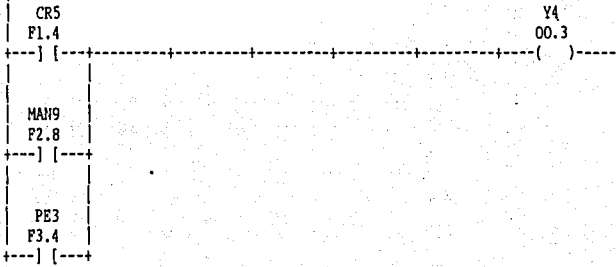
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



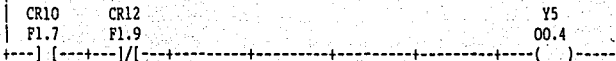
FESTO Software tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

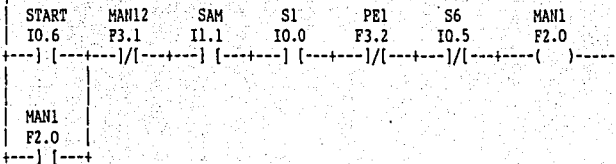
Rung no. 17



Rung no. 18

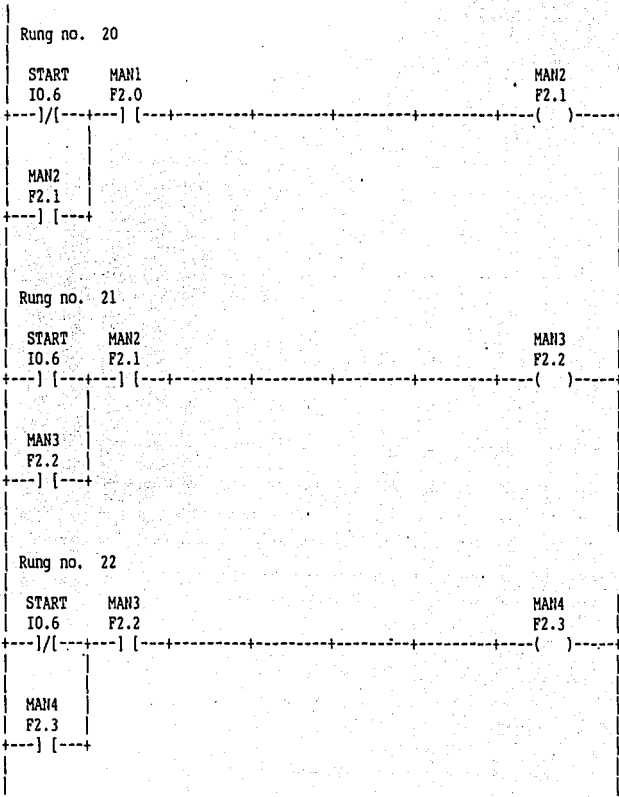


Rung no. 19



FESTO Software Tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
 UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



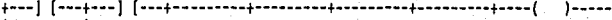
PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

Rung no. 23

START  
IO.6

MAN4  
F2.3

MAN5  
F2.4



MAN5  
F2.4

Rung no. 24

START  
IO.6

MAN5  
F2.4

MAN6  
F2.5



MAN6  
F2.5

Rung no. 25

START  
IO.6

MAN6  
F2.5

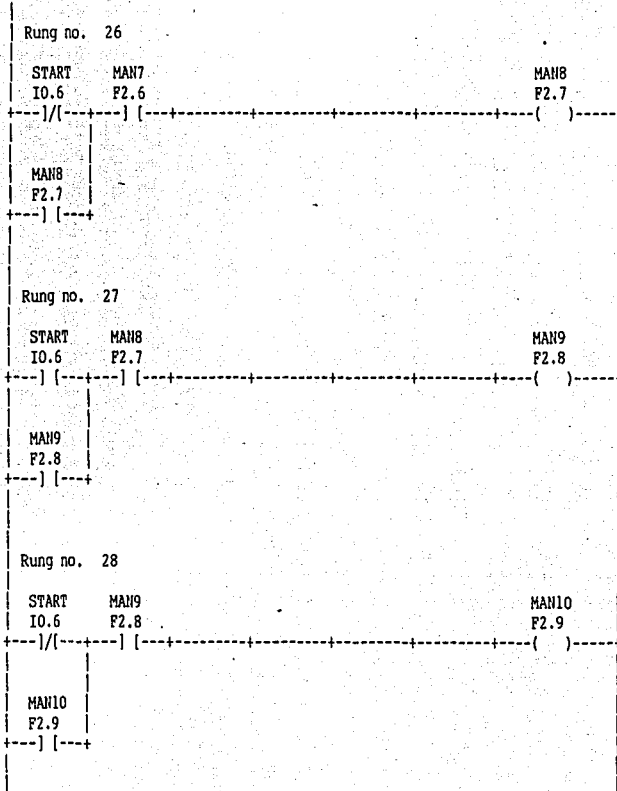
MAN7  
F2.6



MAN7  
F2.6

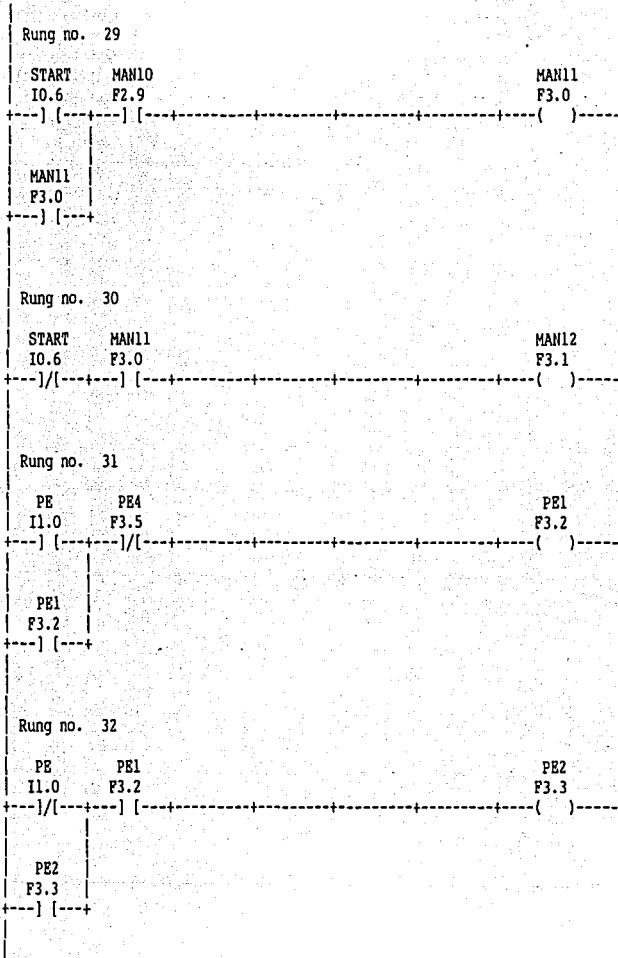
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
 UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



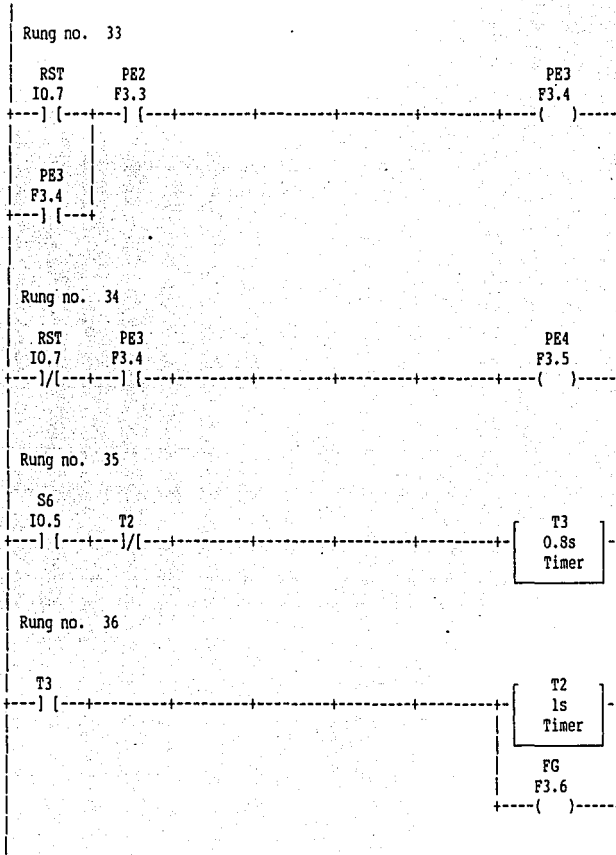
PESTO Software tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



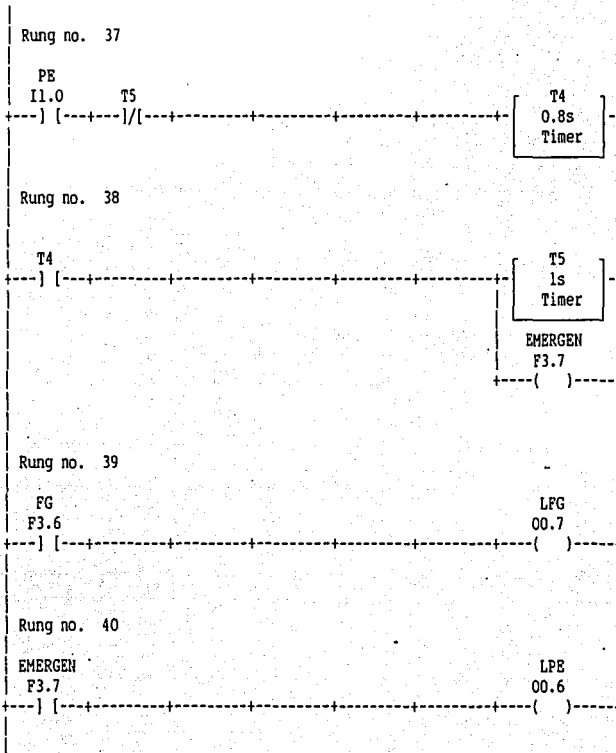
FESTO Software Tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
 UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



FESTO Software Tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.



End of the ladder diagram

FESTO Software tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

PST Cross Reference List

FPC	P/B	VER	TYP	Absolute Operand	Symbolic Operand	Comment Line/Network/Path
IPC	POO	1	KOP	F1.0	CR1 BANDERA RELE	CR1 AUTOMATICO 1 1 2 14
IPC	POO	1	KOP	F1.1	CR2 BANDERA RELE	CR2 AUTOMATICO 2 2 3 16
IPC	POO	1	KOP	F1.2	CR3 BANDERA RELE	CR3 AUTOMATICO 3 3 4 5 9
IPC	POO	1	KOP	F1.3	CR4 BANDERA RELE	CR4 AUTOMATICO 5 5 6 12
IPC	POO	1	KOP	F1.4	CR5 BANDERA RELE	CR5 AUTOMATICO 6 6 7 16 17
IPC	POO	1	KOP	F1.5	CR6 BANDERA RELE	CR6 AUTOMATICO 7 7 8 14 15
IPC	POO	1	KOP	F1.6	CR7 BANDERA RELE	CR7 AUTOMATICO 1 8
IPC	POO	1	KOP	F1.7	CR10 BANDERA RELE	CR10 AUTOMATICO 10 10 11 18
IPC	POO	1	KOP	F1.8	CR11 BANDERA RELE	CR11 AUTOMATICO 11 11 12
IPC	POO	1	KOP	F1.9	CR12 BANDERA RELE	CR12 AUTOMATICO 10 12 13 18
IPC	POO	1	KOP	F2.0	MAN1 MANUAL PASO	1 19 20
IPC	POO	1	KOP	F2.1	MAN2 MANUAL PASO	2 20 21
IPC	POO	1	KOP	F2.2	MAN3 MANUAL PASO	3 16 21 21 22
IPC	POO	1	KOP	F2.3	MAN4 MANUAL PASO	4 22 22 23
IPC	POO	1	KOP	F2.4	MAN5 MANUAL PASO	5 9 23 23 24
IPC	POO	1	KOP	F2.5	MAN6 MANUAL PASO	6 24 24 25
IPC	POO	1	KOP	F2.6	MAN7 MANUAL PASO	7 12 25 25 26
IPC	POO	1	KOP	F2.7	MAN8 MANUAL PASO	8 26 26 27
IPC	POO	1	KOP	F2.8	MAN9 MANUAL PASO	9 16 17 27 27 28
IPC	POO	1	KOP	F2.9	MAN10 MANUAL PASO	10 28 28 29
IPC	POO	1	KOP	F3.0	MAN11 MANUAL PASO	11 14 15 29 29 30

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

FST Cross Reference List

FPC	P/B	VER	TYP	Absolute Operand	Symbolic Operand	Comment Line/Network/Path
IPC	POO	1	KOP	F3.1	MAN12	MANUAL PASO 12 19 30
IPC	POO	1	KOP	F3.2	PE1	BANDERA PARO DE EMERGENCIA 1 1 19 31 31 32
IPC	POO	1	KOP	F3.3	PE2	BANDERA PARO DE EMERGENCIA 2 32 32 33
IPC	POO	1	KOP	F3.4	PE3	BANDERA RESET 1 12 15 17 33 33 34
IPC	POO	1	KOP	F3.5	PE4	BANDERA RESET 2 31 34
IPC	POO	1	KOP	F3.6	FG	BANDERA LAMPARA FALTA DE GRAPA 36 39
IPC	POO	1	KOP	F3.7	EMERGEN	BANDERA LAMPARA DE EMERGENCIA 38 40
IPC	POO	1	KOP	I0.0	S1	1 19
IPC	POO	1	KOP	I0.1	SA0	1 8
IPC	POO	1	KOP	I0.2	SA1	2 3 5 6 7
IPC	POO	1	KOP	I0.3	SBO	1 2 7 8
IPC	POO	1	KOP	I0.4	SB1	3 5 6
IPC	POO	1	KOP	I0.5	S6	1 19 35
IPC	POO	1	KOP	I0.6	START	1 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
IPC	POO	1	KOP	I0.7	RST	33 34
IPC	POO	1	KOP	I1.0	PE	31 32 37
IPC	POO	1	KOP	I1.1	SAM	1 19
IPC	POO	1	KOP	00.0	Y1	14
IPC	POO	1	KOP	00.1	Y2	15
IPC	POO	1	KOP	00.2	Y3	16
IPC	POO	1	KOP	00.3	Y4	17
IPC	POO	1	KOP	00.4	Y5	18
IPC	POO	1	KOP	00.5	Y6	14
IPC	POO	1	KOP	00.6	LPE	40
IPC	POO	1	KOP	00.7	LPG	39
IPC	POO	1	KOP	T1	TIMER1	TIMER 1 RETADO DE ENGRAPADO 9 10 11
IPC	POO	1	KOP	T2	TIMER2	TIMER 2 LAMPARA FALTA DE GRAPA 35 36
IPC	POO	1	KOP	T3	TIMER3	TIMER 3 LAMPARA FALTA DE GRAPA 35 36
IPC	POO	1	KOP	T4	TIMER4	TIMER 4 LAMPARA PARO DE EMERGENCIA 37 38

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FSTO Software tool FST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

FST Cross Reference List

FPC	P/B	VER	TYP	Absolute Operand	Symbolic Comment
				Operand	Line/Network/Path
IPC	POO	1	KOP	T5	TIMER5 TIMER 5 LAMPARA PARO DE EMERGENCIA 37 38
IPC	POO	1	KOP	T6	TIMER6 TIMER DE ESPERA PARA ENGRAPADO 4 5
IPC	POO	1	KOP	T7	TIMER7 TIMER DE DESENGRAPADO 6 13

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FBSTO Software Tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

Translation of PO V1

Error(s): 0

2260 bytes machine code

Warning: This error list is older than the program !

FESTO Software tool PST

PROGRAMA ESTRUCTURADO DE LA ARMADORA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO  
UTILIZANDO DIAGRAMA DE ESCALERA O CONTACTOS.

I/O configuration (FEC)

Card type

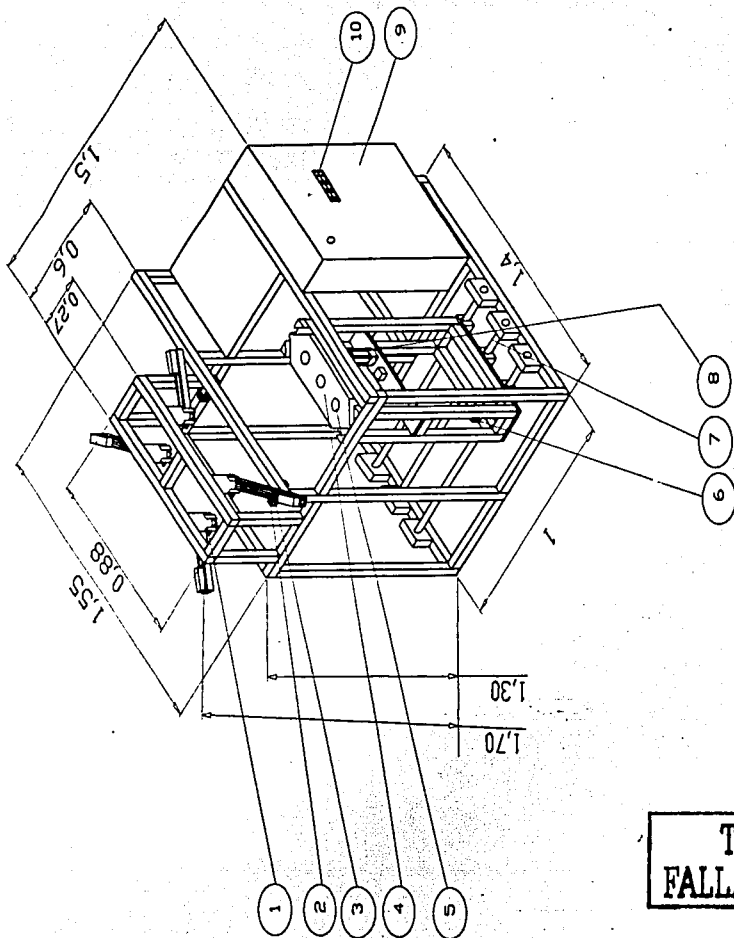
Switch IW number OW number

FEC

0

0

0



ARMADORA DE CAJAS  
 MAT. INDICADO EN EL DESPIECE  
 ESC. SIN  
 ACOT. m

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

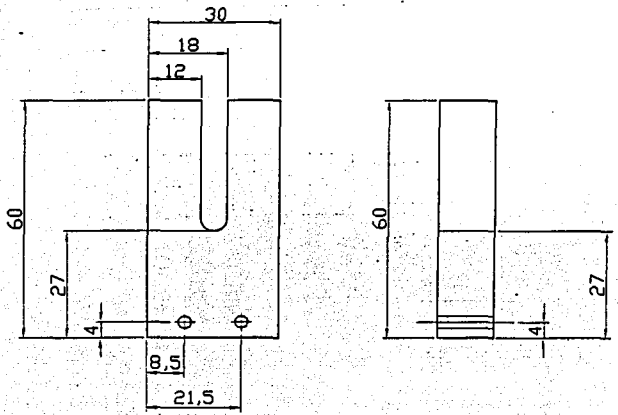
# ARMADORA DE CAJAS

## LISTA DE COMPONENTES

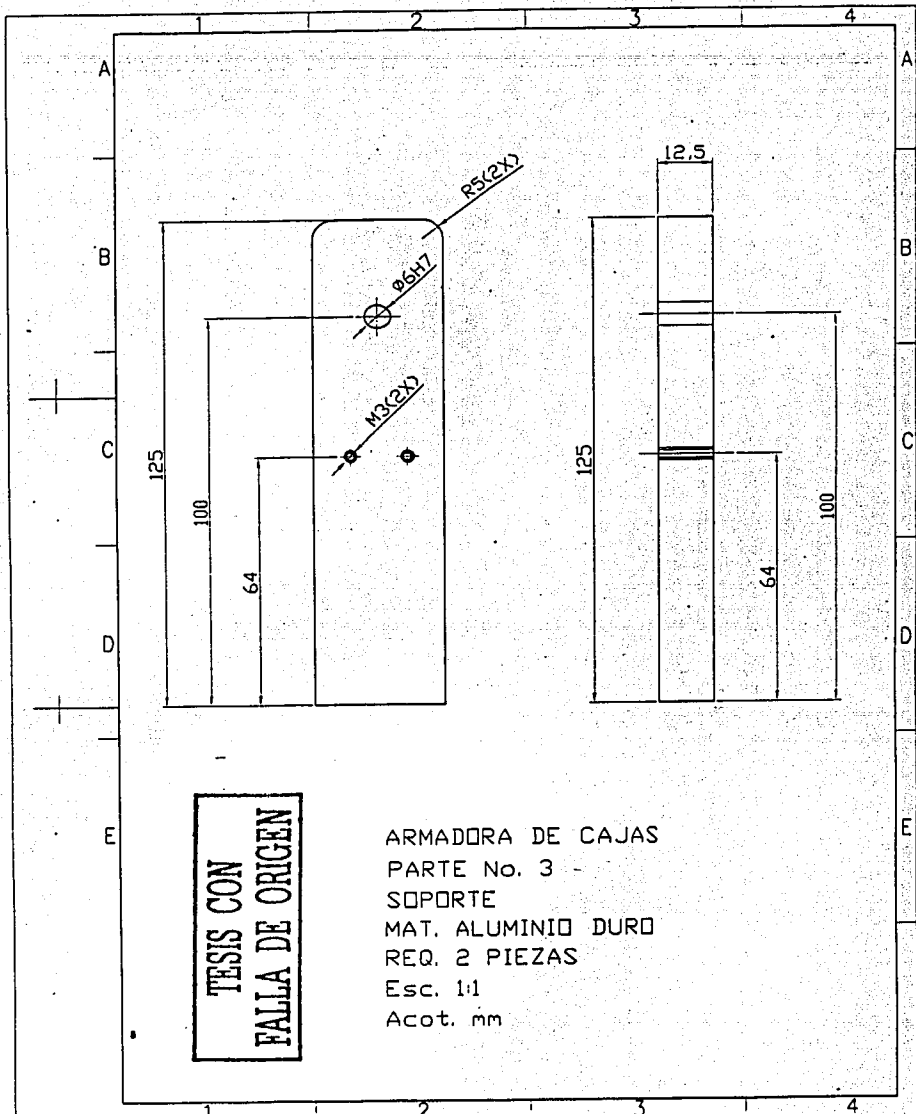
- 1.- ENGRAPADORA (BOSTITCH MODELO: D16-2AD)
- 2.- CALZA (ALUMINIO)
- 3.- SOPORTE (ALUMINIO)
- 4.- PLANCHA (ALUMINIO Y MADERA)
- 5.- VENTOSA (FESTO PNEUMATIC)
- 6.- SENSOR DE REFLEXION (OMRON E3F2-DS)
- 7.- CILINDRO DE DESPLAZAMIENTO LINEAL (FESTO PNEUMATIC)
- 8.- CILINDRO (FESTO PNEUMATIC)
- 9.- GABINETE DE CONEXIONES (LEGRAN)
- 10.- TABLERO DE CONTROL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



ARMADORA DE CAJAS  
PARTE No. 2  
CALZA  
MAT. ALUMINIO DURO  
REQ. 2 PIEZAS  
Esc. 1:1  
Acot. mm

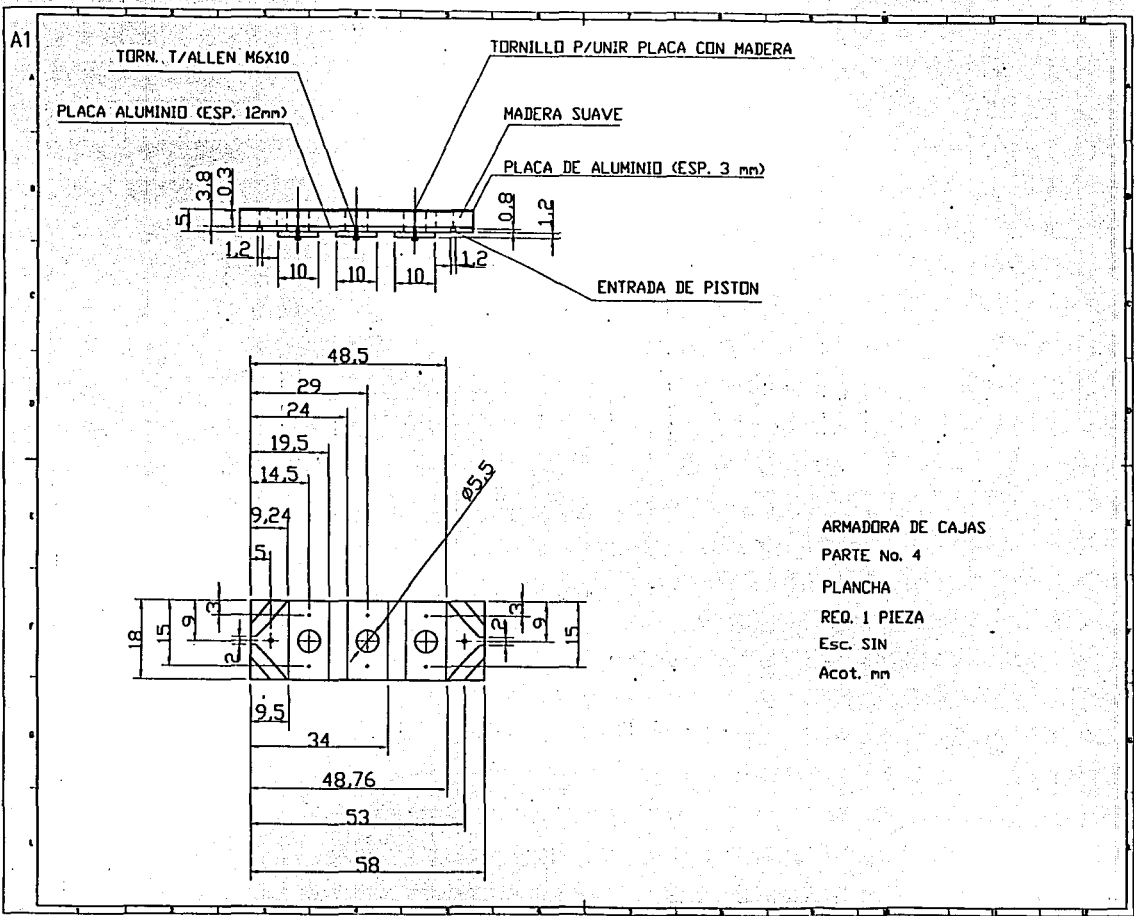


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

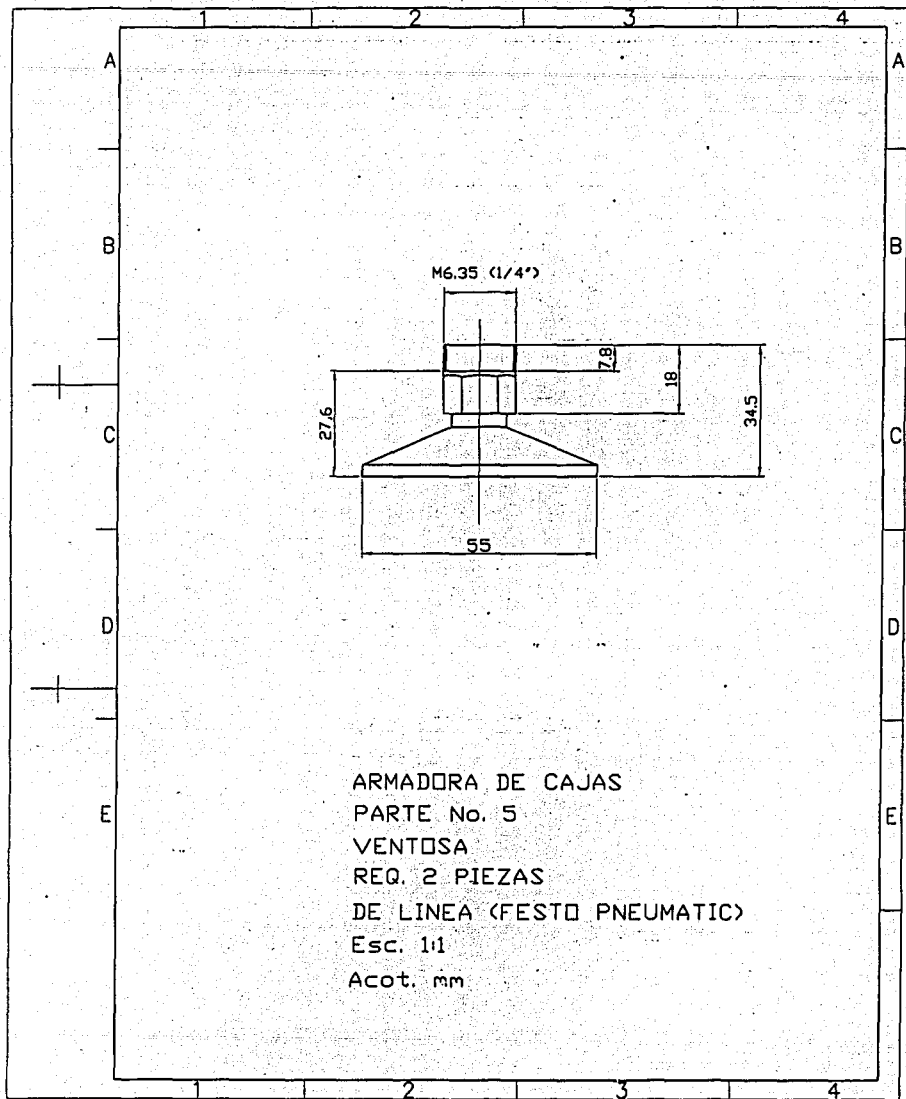
ARMADORA DE CAJAS  
PARTE No. 3  
SOPORTE  
MAT. ALUMINIO DURO  
REQ. 2 PIEZAS  
Esc. 1:1  
Acot. mm

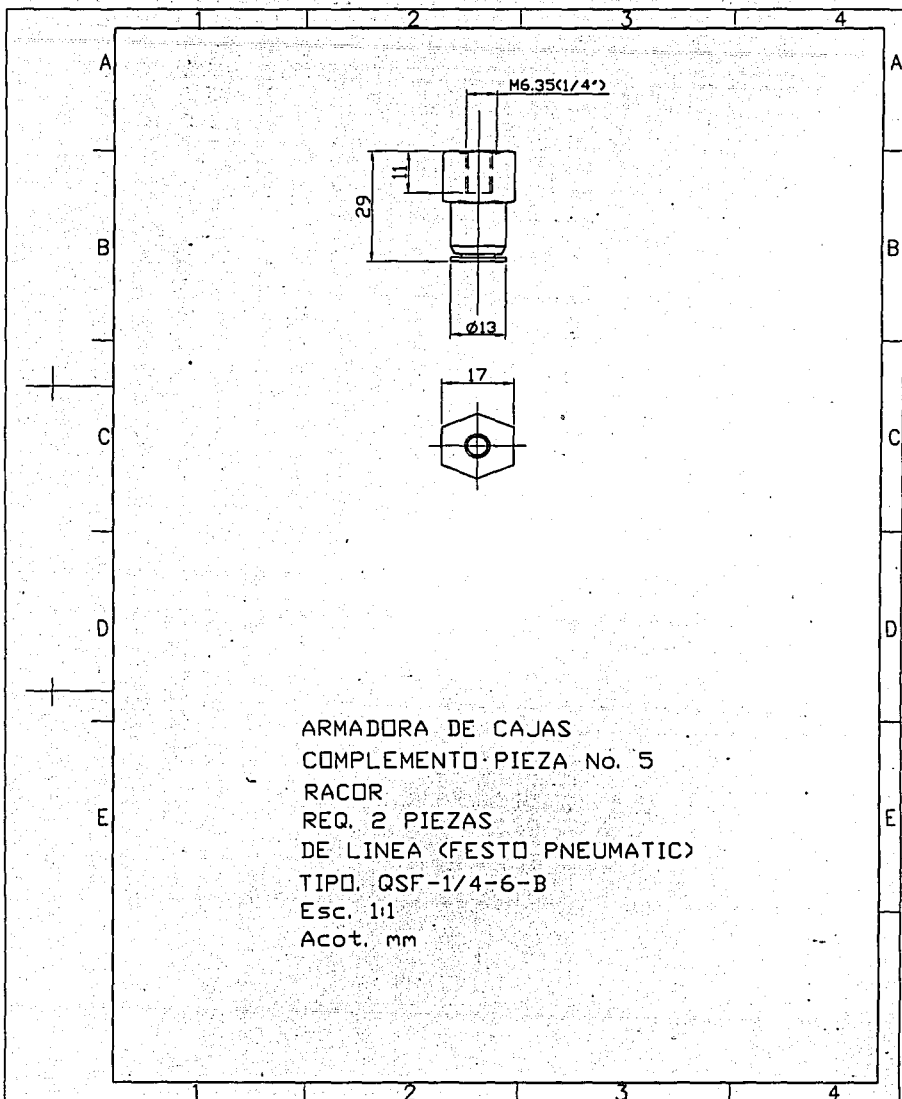


8e

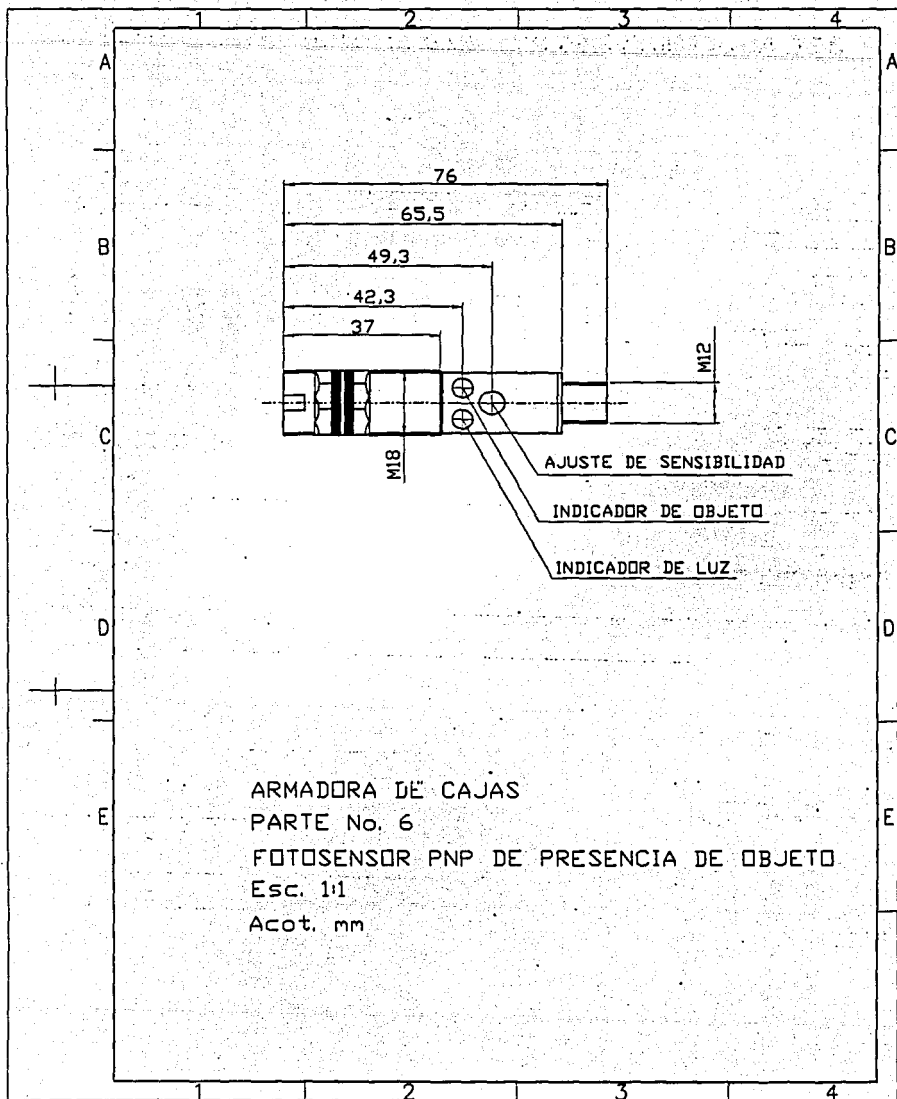


ARMADORA DE CAJAS  
PARTE No. 4  
PLANCHA  
REQ. 1 PIEZA  
Esc. SIN  
Acot. mm

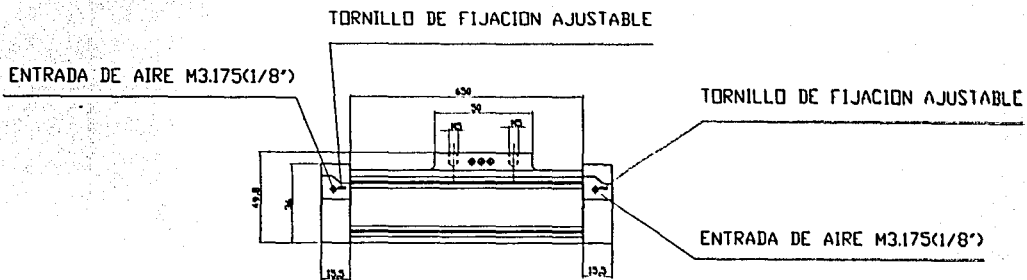




ARMADORA DE CAJAS  
 COMPLEMENTO PIEZA No. 5  
 RACOR  
 REQ. 2 PIEZAS  
 DE LINEA (FESTO PNEUMATIC)  
 TIPO. QSF-1/4-6-B  
 Esc. 1:1  
 Acot. mm



A2

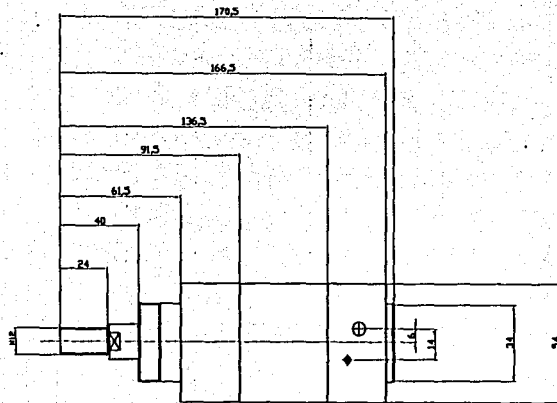
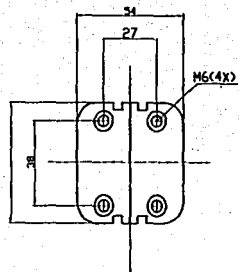


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ARMADORA DE CAJAS  
 PARTE No. 7  
 CILINDRO DE DESPLAZAMIENTO LINEAL  
 REQ. 1 PIEZA  
 DIAM. DE EMBOLO 25 mm  
 CARRERA 650 mm  
 Esc. SIN  
 Acot. mm

33

A2



ARMADORA DE CAJAS

PARTE No. 8

CILINDRO NEUMATICO

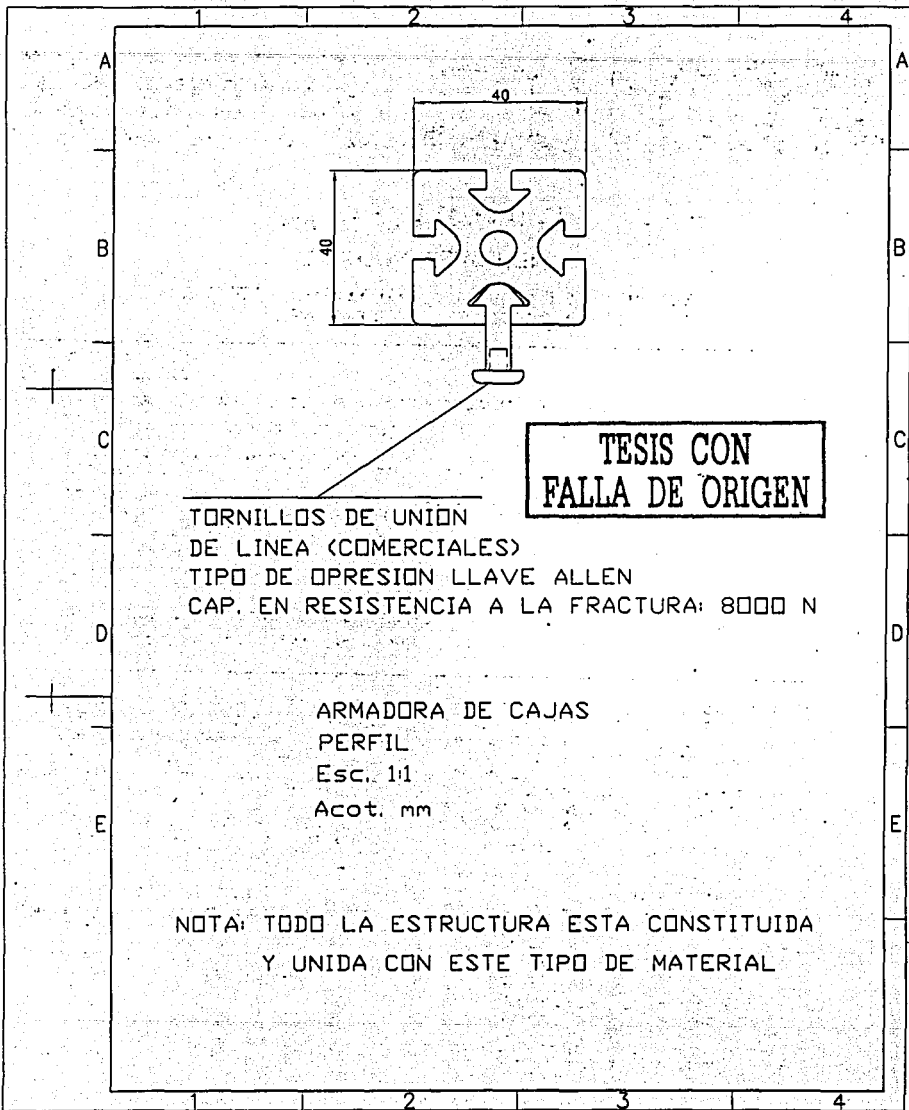
REQ. 2 PIEZAS

DIAM. DE EMBOLO 40 mm

CARRERA 100 mm

Esc. SIN

Acot. mm



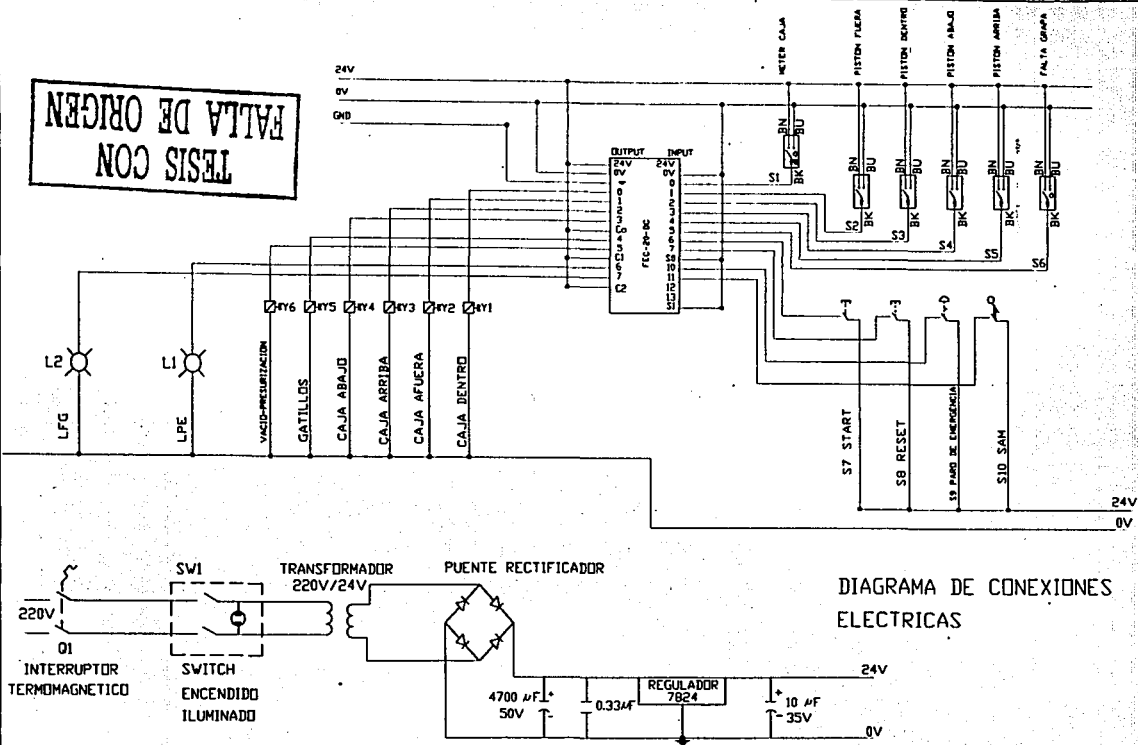
**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

TORNILLOS DE UNIÓN  
DE LINEA (COMERCIALES)  
TIPO DE OPRESION LLAVE ALLEN  
CAP. EN RESISTENCIA A LA FRACTURA: 8000 N

ARMADORA DE CAJAS  
PERFIL  
Esc. 1:1  
Acot. mm

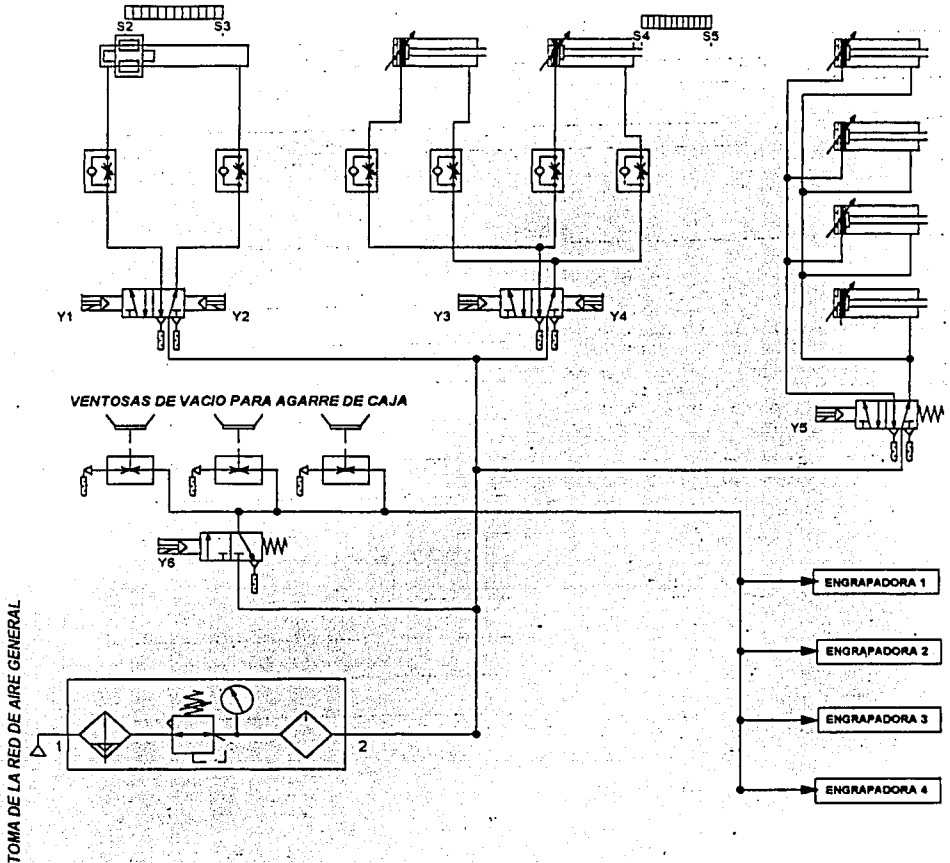
NOTA: TODO LA ESTRUCTURA ESTA CONSTITUIDA  
Y UNIDA CON ESTE TIPO DE MATERIAL

FALTA DE ORIGEN  
NO CON TESIS





# DIAGRAMA NEUMATICO PARA LA MAQUINA ARMADORA DE CAJAS



TOMA DE LA RED DE AIRE GENERAL

ACTIVACION DE GATILLOS DE SALIDA DE GRAPAS

PRESURIZACION DE LAS ENGRAPADORAS BOSTITCH D16-2A

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

SEGURO

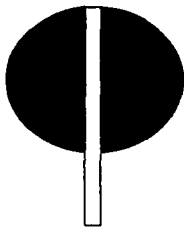
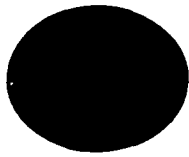


Ubicación de botoneras (Tablero de general)

AUTOMATICO

MANUAL

START



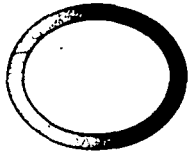
LAMPARA PARO DE EMERGENCIA

PARO DE EMERGENCIA

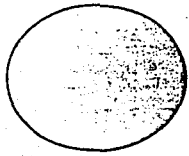
SELECTOR ATOMATICO -  
MANUAL "SAM"



LAMPARA PARO DE EMERGENCIA



RESET



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

SEGURO



TABLERO

**CODIGO DE COLORES DE PULSADORES Y LAMPARAS (SEGÚN NORMA DIN 43605)**

Rojo  Rojo en contraste con amarillo y retención tipo hongo	Stop, Paro  Paro de emergencia	Parada de uno o varios motores Parada de unidades de máquina Poner fuera de servicio el dispositivo Magnético de sujeción Parada de ciclo (Si el operario acciona el pulsador durante un ciclo, la máquina se para, una vez concluido el ciclo) ¡Parada existiendo peligro! (p. ej. Desconexión por atoramiento en la máquina)
Amarillo	Arranque para el primer Ciclo  Reset	Retroceso de unidades de la máquina al punto de partida del ciclo, si este no estaba concluido aún. Puede anular otras funciones, seleccionadas con anterioridad
Blanco	Encendido	Confirmación de que el circuito lleva Tensión o de que una función ha quedado preseleccionada
Verde	Start, Arranque, On	Arranque de uno o varios motores para Funciones auxiliares. Arranque de unidades de máquina.
Azul	Comodín	Se puede utilizar en caso de que falte Un color anterior. Comunicación con otros dispositivos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# STANLEY BOSTITCH

## Model D16-2AD BOXLOK STAPLER

STAPLE SIZES: SW7437 7/16 SW7437 5/8 SW7437 3/4  
SW9040 5/8 SW9040 3/4 SW9040 7/8

### **▲ WARNING:**

OPERATORS MUST WEAR SAFETY GLASSES OR GOGGLES WHEN OPERATING THE TOOL. OPERATING PRESSURE MUST NOT EXCEED 80 PSIG (5.7 kg/cm<sup>2</sup>).

WHEN AIR SUPPLY IS CONNECTED KEEP HANDS AND BODY AWAY FROM STAPLE DISCHARGE AREA AT ALL TIMES. DO NOT FIRE THE TOOL WITHOUT STAPLING INTO MATERIAL.

DO NOT CONNECT FEMALE QUICK COUPLER DIRECTLY TO TOOL. ATTACH MALE FREE FLOW NIPPLE TO TOOL AND FEMALE QUICK COUPLER TO AIR HOSE. IF CONNECTED IMPROPERLY AND DISCONNECTED FROM AIR SUPPLY TOOL WILL REMAIN CHARGED WITH AIR, WILL NOT FREELY EXHAUST AND WILL FIRE A STAPLE IF TRIGGER MECHANISM IS ACTUATED.

ALWAYS DISCONNECT THE AIR SUPPLY BEFORE MAKING ADJUSTMENTS OR SERVICING THE TOOL.

DO NOT USE OXYGEN OR COMBUSTIBLE GASES AS A POWER SOURCE FOR THIS TOOL. FAILURE TO OBSERVE ANY OF THESE WARNINGS MAY RESULT IN INJURY.

THESE INSTRUCTIONS ARE INTENDED TO PROVIDE SAFE, TROUBLE-FREE SERVICE FROM YOUR STAPLER. READ THEM CAREFULLY.

WHEN THE AIR SUPPLY IS CONNECTED KEEP YOUR HANDS AND BODY AWAY FROM THE STAPLE DISCHARGE AREA. ALWAYS DISCONNECT THE AIR SUPPLY BEFORE MAKING ADJUSTMENTS OR SERVICING THE TOOL. Reasonable care will prevent damage to vital working parts and increase the life of the tool. Do not abuse this tool.

### AIR SUPPLY AND CONNECTION

Clean, dry air as provided by the proper filter-regulator-lubricator is mandatory for satisfactory operation of the tool. For proper functioning and lubrication, install this trio unit within 15 feet (4.8 meters) of the tool. Check periodically for cleanliness and oil usage. Use only Mobil Vaseline #10 or equivalent oil. DO NOT use a detergent oil.

The air supply must be adequate and at a pressure of 40 to 60 pounds per square inch (2.8 to 4.2 kg/cm<sup>2</sup>). Check supply lines for cleanliness when making connections.

All hoses, pipes and pipe fittings must have a 3/8" (9.5 mm) minimum inside diameter. Hose fittings must have a 9/32" (7.1 mm) minimum inside diameter.

DO NOT CONNECT FEMALE QUICK COUPLER DIRECTLY TO TOOL. ATTACH MALE FREE FLOW NIPPLE TO TOOL AND FEMALE QUICK COUPLER TO AIR HOSE. IF CONNECTED IMPROPERLY AND DISCONNECTED FROM AIR SUPPLY, TOOL WILL REMAIN CHARGED WITH AIR, WILL NOT FREELY EXHAUST AND WILL FIRE A STAPLE IF TRIGGER MECHANISM IS ACTUATED.

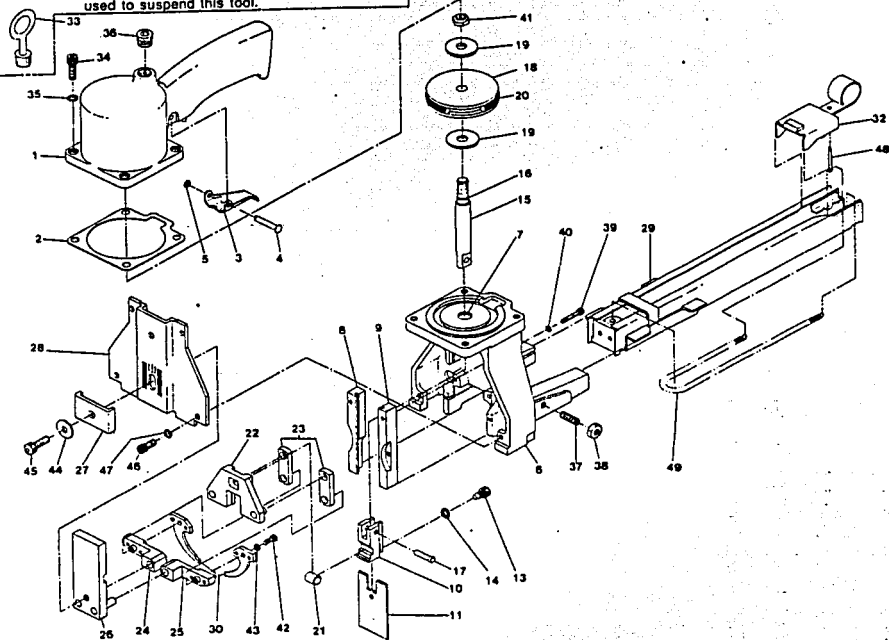
Air requirements will vary with operating speed and the type of material to be fastened. Do not use more air pressure than required for the job. Air pressure in excess of the amount required to provide adequate fastening wastes compressed air and may result in damage to equipment.

After all air connections are made, check for leaks.

### CHOICE OF STAPLE SIZE

When letter "A" on D16112 clamp is in upper left hand corner refer to below listed chart as a guide for establishing proper staple leg length and approximate clincher depth setting. NOTE: When D16112 clamp is rotated 180° and letter "B" appears in the upper left hand corner the range of clincher depth settings is lowered 1/32" (.79 mm).

1. Apply LOCTITE 242 to screw thread before assembling hanger to tool.
2. Use a swivel type hook on the counterbalance used to suspend this tool.



ITEM NO.	PART NO.	DESCRIPTION
1.	D16101A	Cylinder Ass'y
2.	D16243	Cylinder Gasket
3.	T20111	Trigger
4.	T20018	Trigger Pivot Pin
5.	T20049	Trigger Pin Retaining Ring
6.	D16163A	Frame
7.	85014	"O" Ring
8.	D16168	Driver Guide L.H.
9.	D16167	Driver Guide R.H.
10.	D16179	Driver Block
13.	UA4006.2	1/4-20 x 3/8" Special Soc. Hd. Cap Screw
14.	D16327	Retaining Screw Spacer
15.	D16180	Piston Rod
16.	85012	"O" Ring
17.	D16185	Driver Block Pin
18.	D14227B	Piston
19.	D16148	Piston Washer

ITEM NO.	PART NO.	DESCRIPTION
20.	85016	"O" Ring
21.	D16183	Escapement Roller
22.	D16184A	Clincher Link Plate
23.	D14130	Clincher Link
24.	D14132A	Clincher Lever L.H.
25.	D14133A	Clincher Lever R.H.
26.	D16111A	Clincher Adj. Plate
27.	D16112	Clincher Adj. Clamp
28.	D16114	Front Plate
32.	D16149A	Pusher Assembly
34.	UA4814.1	1/4-20 x 7/8 Soc. Hd. Cap Screw
35.	LW14.2	1/4 Lock Washer
36.	UA9607	1/4 Pipe Plug
37.	UA4816.12	1/4-20 x 1" Cone Pt. Set Screw
38.	HN1420.2	1/4-20 Hex Jam Nut
39.	UA2810	#8-32 x 5/8" Soc. Hd. Cap. Screw

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

NO.	PART NO.	DESCRIPTION	NO.	PART NO.	DESCRIPTION
40.	LW8	#8 Lock Washer	45.	UA5812.3	5/16-18 x 3/4" Soc. Hd. Cap. Screw
41.	HN3824.4	3/8-24 Elastic Stop Nut	46.	UA3808.8	#10-24 x 1/2" Soc. Hd. Cap. Screw
42.	UA2808.1	#8-32 x 1/2" Soc. Hd. Cap. Screw	47.	LW10	#10 Lock Washer
43.	LW8	#8 Lock Washer	48.	UB2912.3	3/32 x 3/4" Cotter Pin
44.	PW516.4	Washer	49.	D14164	Pusher Spring

#### VARIABLE PARTS

ITEM NO.	DESCRIPTION	STANDARD PARTS	OPTIONAL PARTS
11.	Driver	D16170 (long)	D16178 (short)
30.	Clincher	D16124 (deep)	D16124B (deep pointed) D14135 (shallow)
33.	C' Balance Hanger		D16106A
29.	Magazine Assembly	D16169A [5/8" (15.9mm) 3/4" (19.1mm) and 7/8" (22.2mm) staples]	D16164A [7/16" (11.1mm) 5/8" (15.9mm) and 3/4" (19.1mm) staples]

#### D14135 CLINCHERS

Approx. Clincher Adjusting  
Clamp Setting.

	6	5	4	3	2	1
(2) A Board-Blind					5/8 (15.9mm) Leg	
(2) A Board-Through					3/4 (19.1mm) Leg	
(2) B Board-Blind			7/8 (11.1mm) Leg			
(2) B Board-Through			5/8 (15.9mm) Leg			
(2) C Board-Blind			7/8 (11.1mm) Leg			
(2) C Board-Through			5/8 (15.9mm) Leg			

#### D16124 DEEP CLINCHERS

Approx. Clincher Adjusting  
Clamp Setting

	6	5	4	3	2	1
(2) A Board-Through					3/4 (19.1mm) Leg	
(2) AB Board-Blind					3/4 (19.1mm) Leg	
(2) AB Board-Through						7/8 (22.2mm) Leg

D14135 clinchers are for shallow penetration as in single wall board and will clinch inside board without damage to contents. D16124 clinchers are for deep penetration as in double wall board.

**CAUTION: WHEN USING DEEP PENETRATION CLINCHERS, IT MAY BE NECESSARY TO USE A FILLER TO PREVENT DAMAGE TO MERCHANDISE. D16124 CLINCHERS MAY ALSO BE USED FOR STAPLING THROUGH SINGLE WALL BOARD PROVIDED A FILLER IS USED TO PREVENT DAMAGE TO CONTENTS OR CLINCHERS.**

To obtain maximum efficiency from the staple closure, it is important that the staple be clinched properly. Proper clinching for any thickness board may be obtained by adjusting the clincher setting with staples of proper leg length.

Use the proper length staples for the thickness of work to be stapled, otherwise unnecessary pressure is exerted and staple crowns and legs will be distorted, or the clinch will be too loose.



Staple driven completely through two thicknesses of corrugated board and clinched on underside.



Staple clinched "blind," when desired, in two thicknesses of corrugated board.

#### CLINCHER ADJUSTMENT:

Clincher adjustment for depth of penetration is obtained by loosening the clincher adjusting clamp screw on front of machine and moving it up or down. When in its highest position, the clinchers are set for the shallowest staple penetration. Lowering the clinchers increases the penetration. After establishing the setting, tighten adjustment screw.

#### NOTE:

The D16-2AD is equipped with a driver to counter-sink the crown of the staple below the surface of the box. The shorter driver, available on order, will allow the crown of the staple to rest on the top of the box.

4)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

#### TO LOAD:

Pull Pusher to back of magazine and turn over rear as far as it will go.

Place 2 sticks of SW7437 or SW9040 staples in channel.

Swing pusher into place against staples. Do not let it slip and strike staples. This may deform some staples, and cause poor feeding.

**▲ WARNING:** SHUT OFF AIR SUPPLY BEFORE MAKING ADJUSTMENT, REMOVING CLOGGED STAPLES, OR SERVICING.

#### TO OPERATE:

To operate machine, grasp handle. Position machine on box placing directly over the seam between flaps and in line with desired staple location. Squeeze trigger and release completely before moving machine. Move machine to each staple position and repeat. Strongest closure requires end staples close to end of box, approximately 1" (25.4mm). Be sure staples penetrate inner flaps. Check staple clinching in sample of box board, such as that being used. Adjustment for depth of penetration is easy and full advantage should be taken. Clincher adjusting clamp settings as listed in chart are offered only as a guide and may have to be slightly modified.

#### MAINTENANCE:

Specify the part number when ordering replacement parts. Do not order by description. Do not wrench, twist or force parts during servicing, as damage may result.

Check screws periodically for tightness. Observe caution against stripping threads when tightening. When the tool is disassembled, clean thoroughly. Lubricate all moving parts after cleaning. Apply "Cal-lub" to O-rings. Examine all parts for wear during servicing so that replacement parts can be ordered in advance of trouble.

#### LUBRICATION:

Use Mobil Oil Velocite #10 or equivalent. Do not use detergent oil. Tools which are in constant operation should be lubricated daily with a reasonable amount of oil. Lubricate regularly instead of excessively.

#### FILTER-REGULATOR-LUBRICATOR:

See manufacturer's instructions for maintenance of this unit. It should be thoroughly cleaned periodically for best results. Dirt in air lines will damage precision cylinders and clog valves in any pneumatic equipment.

**▲ WARNING:** DISCONNECT THE AIR SUPPLY BEFORE SERVICING TOOL.

#### CLINCHER REPLACEMENT:

1. Loosen the clincher adjusting clamp screw.
2. Slide the clincher adjusting clamp to the highest position. Retighten clamp screw. The clincher screws will be aligned with and visible through the 2 round holes in the back of the machine frame. Insert a socket screw wrench to loosen and remove screw holding clincher.
3. Grasp the clinchers by hand or with pliers and lift off the anchor dowels.
4. To assemble new clincher and screw, clean parts thoroughly. Degrease threads with Loctite Safety Solvent #75559; apply Loctite Grade 222 to screw threads and assemble. Refer to Loctite's instructions. Tighten screw firmly.
5. Readjust the clincher adjusting clamp to the desired setting and tighten.

#### DRIVER REPLACEMENT:

1. Remove the magazine.
2. Remove the driver retaining screw UA4006.2. Driver may now be removed from the housing.

#### MAGAZINE REPLACEMENT:

1. Remove staples from magazine.
2. Loosen the two magazine binding screws and nuts.
3. Pull magazine out of engagement with the frame.
4. Insert new magazine making sure the front edge contacts the rear of driver guides. Centralize magazine in driver guides with binding screws. Tighten the magazine binding screw and nut so that magazine is securely held.

**CAUTION:** DO NOT TIGHTEN THE MAGAZINE BINDING SCREW EXCESSIVELY AS TOO MUCH PRESSURE WILL DAMAGE THE MAGAZINE.

#### DRIVER BLOCK PIN REPLACEMENT

1. Remove piston rod and driver block assembly from machine.
2. Remove as much flare on end of driver block pin as possible.
3. Use a rod smaller than pin diameter as a punch and drive pin free.
4. To reassemble, insert new driver block pin thru driver block and piston rod. Support driver block pin on head and flare opposite end. Only a slight flare of approx. .020 greater than pin diameter is required to retain pin and provide proper linear movement of pin in assembly.

**STANLEY BOSTITCH**  
A Subsidiary of The Stanley Works





OLIVETTI TECNOST DE MEXICO,  
S.A. DE C.V.  
4ta. SECC. 3era. ETAPA S/N  
COL.CD. IND. XICOHITENCATL  
90434 TETLA, TLAXCALA  
R.F.C. OTM960610U79  
TEL. 0124127099

**FESTO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cliente 23199420	Orden de Compra 3701427	234050 Asesor 231323 ING. IOEL CHAVEZ	Atención
---------------------	----------------------------	------------------------------------------	----------

Factura  
2349 140452

Recibo OLIVETTI TECNOST DE MEXICO, 4ta. SECC. 3era. ETAPA S/N COL. CD. IND. XICOHITENCATL 90434 TETLA, TLAXCALA TLX TEL. 0124127099	Conducto ESTAFETA E MA 03 07 3001 R MA 03 07 3001 P MA 03.07.3001	E R P
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	-------------



Fecha  
02.07.2001

Condiciones de Pago *** C.O.D. ***	Entrega 30879790/2300
------------------------------------	-----------------------

Página  
1 de 1

POS	Descripción	Material	Cantidad	Precio Unitario	Total
01	CONTROL LOGICO F.E.C. FEC FC30-FST	177428	1	3,461.00	3,461.00
02	CABLE FEC/EXPANSION E.KFEC-EXT-30	183635	1	160.00	160.00
03	CABLE FEC-PC FEC KSD2	177431	1	448.00	448.00
04	SENSOR INDUCTIVO SIEN-M12NB-PS-K-L	130410	1	483.00	483.00
05	TUBO FLEXIBLE PUN- 6X1	152588	30	17.00	510.00
06	SENSOR MAGNETICO SMEO-4-K-LED-24 B	164595	2	220.00	440.00
07	SENSOR MAGNETICO SMEO-1-LED-24 B	304599	2	349.00	698.00
08	FIJACION PARA EMISOR SMB-2B	36162	2	90.00	180.00
				SUBTOTAL:	6,380.00
				IVA: 15 %	957.00
				TOTAL:	7,337.00

FACTURA ORIGINAL  
CONTABILIZADA

( SIETE MIL TRESCIENTOS TREINTA Y SIETE PESOS 00/100 M.N. )

RESEÑA DE VERIFICAR CANTIDAD  
Y CALIDAD CORRECTAS

JUL 4 2001

SECRETARÍA DE HACIENDA  
Y SERVICIO PÚBLICO  
SUBSECRETARÍA DE HONORARIOS  
ESTADO DE MEXICO  
FRENTE 710301 003  
ESTADO DE MEXICO  
ESTADO DE MEXICO S.C. S.A.  
1990

FAVOR DE EMITIR CHEQUE NO NEGOCIABLE A NOMBRE DE FESTO PNEUMATIC, S.A.  
DEBO Y PAGARE EL IMPORTE DE ESTE DOCUMENTO A SU VENCIMIENTO, EN CASO DE MOROSIDAD, CAUSARA EL 3% DE INTERES MENSUAL.  
El embargo será por cuenta del comprador.  
Nota: devolucion causa el 50% de cargo.  
No aoptamos devoluciones despues de 30 dias fecha factura.  
En ningún caso se aceptan devoluciones de fabricacion Española.  
Nótese que este cubre el local de la factura.  
La mercancía es propiedad de FESTO PNEUMATIC, S.A.  
\* Exceso de I.V.A. de acuerdo al Art. 9 de la ley correspondiente

CED. DE EMP. 110868

REG. FED. CONT. FPN-710201-GQ3

REG. CANACINTRA 25489

CFMA

La reproducción no autorizada de este comprobante constituye un delito en los términos de las disposiciones fiscales. Constituye sancionada para imprimir sus propios comprobantes.

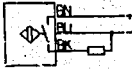
44

**FESTO**

Página catálogo

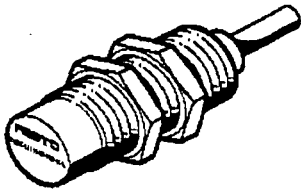
Núm. pieza: 150410

Página:1



## Detector de proximidad inductivo SIEN-M12NB-PS-K-L

para distancia de detección  
normalizada.



- El sensor tiene una señal de salida eléctrica.
- El sensor puede detectar objetos metálicos. La distancia de detección varía según el tipo de metal y el tratamiento de la superficie. Son posibles frecuencias de maniobra elevadas.
- La salida del sensor proporciona una señal binaria. Por lo tanto puede adoptar sólo dos estados.
- El sensor posee elementos de conexión electrónicos, sin contacto mecánico.
- Conexión a través de un cable montado en el sensor.
- Para la salida del sensor se conecta potencial positivo.
- Sobre la superficie cilíndrica del cuerpo se encuentra una rosca M12x1.
- Para tensión continua.
- Contacto de trabajo.
- El sensor no debe montarse enrasado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## SIEN-M12NB-PS-K-L

Detector de proximidad inductivo

Núm. piez150410

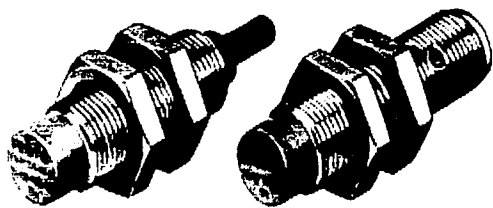
Hoja de datos

SIEN-M12NB-PS-K-L

Página:1

Caract.	Valor
Conformidad con la UE (CE)	CE
Aclaración de la conformidad - UE	Tolerancia electromagnética
Tratamiento de señales/Tipo de contacto	Inductivo
Medio sensitométrico	Metal
Función al accionar	Contacto de trabajo
Potencial de salida (salida eléct.)	PNP
Tamaño del sensor	M12x1, montable no enrasado
Distancia de conmutación calculada (sn)	4 mm
Distancia de detección real mín. (sr)	3.6 mm
Distancia de detección real máx. (sr)	4.4 mm
Distancia de detección útil mín. (su)	3.24 mm
Distancia de detección útil máx. (su)	4.84 mm
Distancia de conmutación asegurada	3.24 mm
Reproductibilidad	0.2 mm
Temperatura ambiente mínima, estándar	-25 °C
Temperatura ambiente máxima, estándar	85 °C
Asignación de temperatura ambiente está	Tendido de cable fijo
Temperatura ambiente mínima, certificad	-25 °C
Temperatura ambiente máx., certif.	50 °C
Asignación temperatura ambiente registr.	Tendido de cable flexible
Tipo de conexión eléct.	Cable
Número de hilos	3
Longitud cable de conexión	2500 mm
Indicación de estado de conmutación	LED amarillo
Resistencia a cortocircuitos	sincronizado
Protección contra polarización inversa	integrado

46



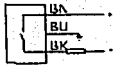
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**FESTO**

Página catálogo

Núm. pieza: 30459

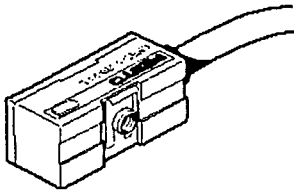
Página:1



## Detector de proximidad, eléctrico SMEO-1-LED-24B

con contacto reed y diodo  
luminoso, sin kit de fijación.

- El sensor tiene una señal de salida eléctrica.
- El sensor reacciona a un campo magnético.
- La salida del sensor proporciona una señal binaria. Por lo tanto puede adoptar sólo dos estados.
- El sensor posee un contacto.
- Conexión a través de un cable montado en el sensor.
- El sensor es de forma cuadrada
- Para tensión continua
- Contacto de trabajo



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**SMEO-1-LED-24B**

Detector de proximidad, eléctrico

Núm. piez30459

Hoja de datos

SMEO-1-LED-24B

Página:1

Caract.	Valor
Conformidad con la UE (CE)	CE
Aclaración de la conformidad - UE	Tolerancia electromagnética
Tratamiento de señales/Tipo de contacto	Contacto Reed
Medio sensitométrico	Campo magnético
Función al accionar	Contacto de trabajo
Tamaño del sensor	1
Precisión de conmutación (+/-)	0.1 mm
Temperatura ambiente mínima, estándar	-20 °C
Temperatura ambiente máxima, estándar	70 °C
Asignación de temperatura ambiente estándar	Tendido de cable fijo
Temperatura ambiente mínima, certificada	-5 °C
Asignación temperatura ambiente registr.	Tendido de cable flexible
Tipo de conexión eléct.	Cable
Número de hilos	3
Longitud cable de conexión	2500 mm
Indicación de estado de conmutación	LED amarillo
Tipo de fijación	kit de fijación
Criterio CT	conforme
Peso de producto	0.13 kg
Clase de tensión	AC/DC
Tensión mín. (DC)	12 V
Tensión máx. (DC)	27 V
Tensión de servicio mín. (AC)	12 V
Tensión de servicio mín. (AC)	27 V
Corriente de conmutación máx.	1000 mA
Potencia máx. de ruptura (CC)	27 W

**FESTO**

**SMEO-1-LED-24B**

Detector de proximidad, eléctrico

Núm. pieza 30459

Hoja de datos

SMEO-1-LED-24B

Página.2

Caract.	Valor
Potencia máx. de ruptura (CA)	27 VA
Frecuencia de maniobra máx.	500 Hz
Grado de protección según IEC 529 IP..	67

**FESTO**

Página catálogo

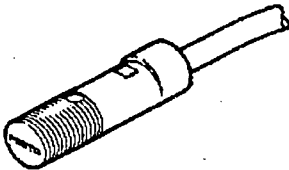
Núm. pieza: 164595

Página:1

**SMEO-4-K-LED-24B**

Programa adicional neumática

- El sensor tiene una señal de salida eléctrica.
- El sensor reacciona a un campo magnético.
- La salida del sensor proporciona una señal binaria. Por lo tanto puede adoptar sólo dos estados.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



**FESTO**

**SMEO-4-K-LED-24B**

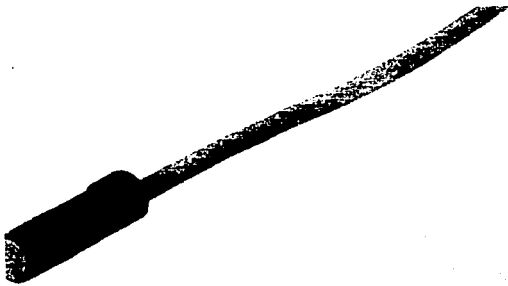
Hoja de datos

SMEO-4-K-LED-24B

Página: 1

Núm. pieza: 164595

Caract.	Valor
Conformidad con la UE (CE)	CE



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CONDICIONES DE USO DE LA MAQUINA 96 - 100093

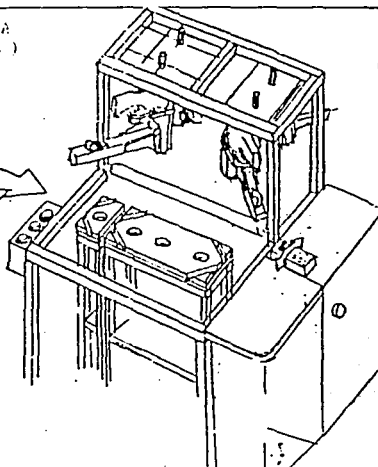
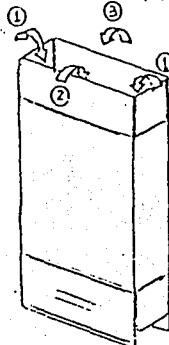
Mod. 198

Olivetti Tecnost de México		Ciclo de Trabajo					Fecha Emisión 08/01/96
	Producción ET	Producto B1/B2	Línea	Fase EMNC-30	Centro 1725	Anexo 7	Fecha Revisión 29/12/01
Descripción FORMA MANUAL		PREPARAR CAJA		Visto	Analista A Rodríguez	Vo.Bo. Producción	Vo.Bo. Calidad
Elem.		CICLO DE ANALISIS				Dispositivo	
n°.	Operación	Código	Npz.	Descripción		Código	
1	Tomar			Máquina proveniente de la fase anterior y verificar en la tarjeta de importación el modelo de la máquina y el código de la caja			
2	Tomar	Variable		1 CAJA DE EMPAQUE correspondiente a la máquina en proceso.			
3	Colocar			La caja sobre la base de la maquina para formación de caja, orientandola con las tapas hacia abajo y la solapa posterior no impresa al frente de la máquina.		96 - 100093	
4	Activar			Verificar que haya aire de entrada y que este encendida la máquina. Verificar que el selector automático - manual (SAM) este en automático Verificar que haya grapas en las cuatro engrapadoras y que no este pulsado el botón de seguridad (Esto lo marcara las luces indicadoras de la máquina). Hasta que no sea corregido esto la máquina no trabajara. Pulsar el botón de arranque (Start), el ciclo de engrapado lo hará de forma automática. En caso de la forma manual cambiar el selector (SAM) a manual Pulsar el botón de arranque (Start), el ciclo de engrapado lo hará de forma manual, para terminar este ciclo se debe de pulsar tantas veces el botón manual hasta que termine el ciclo, ya que solo hará un paso			
5	Retirar			La caja formada de la base y verificar que las cuatro grapas del fondo de la caja sean correctamente engrapadas, sino retirar la grapa que fue mal engrapada y con un engrapadora manual engrapar la faltante.			
6	Tomar	177193M		1 ASA P/CAJA DE EMPAQUE			
7	Tomar	177511K		1 CONTRASTE PARA ASA e insertar un extremo de el asa en una de las ranuras del contraste orientando el asa con la parte lisa hacia abajo.			
8	Insertar			El conjunto a la tapa debajo hacia arriba y por último en la ranura restante del contraste.			
9	Colocar			La caja a un costado de la mesa de trabajo del empaque Nota: Verificar código de caja en tarjeta de ensamble.			

54

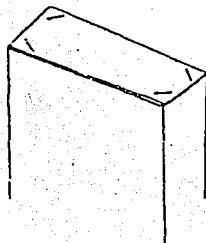
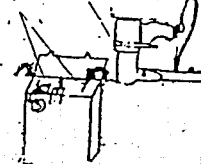
Olivetti Tecnost de México	Ciclo de Trabajo						Fecha Emisión 08/01/96
	Producción ET	Producto B1/B2	Línea	Fase EMNC-30	Centro 1725	Anexo 7	Fecha Revisión 29/12/01
Descripción FORMA MANUAL		PREPARAR CAJA	Visto	Analista A.Rodríguez	Vo Bo. Producción	Vo.Bo. Calidad	Página 2/2

MAQUINA P/FORMACION DE CAJA  
( 96-100093 )

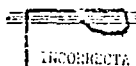


FORMA DE ENGRAPAR

ENGRAPADORA MANUAL  
GRAPAS (2) BOSTICH ( D18-240 )



CORRECTA



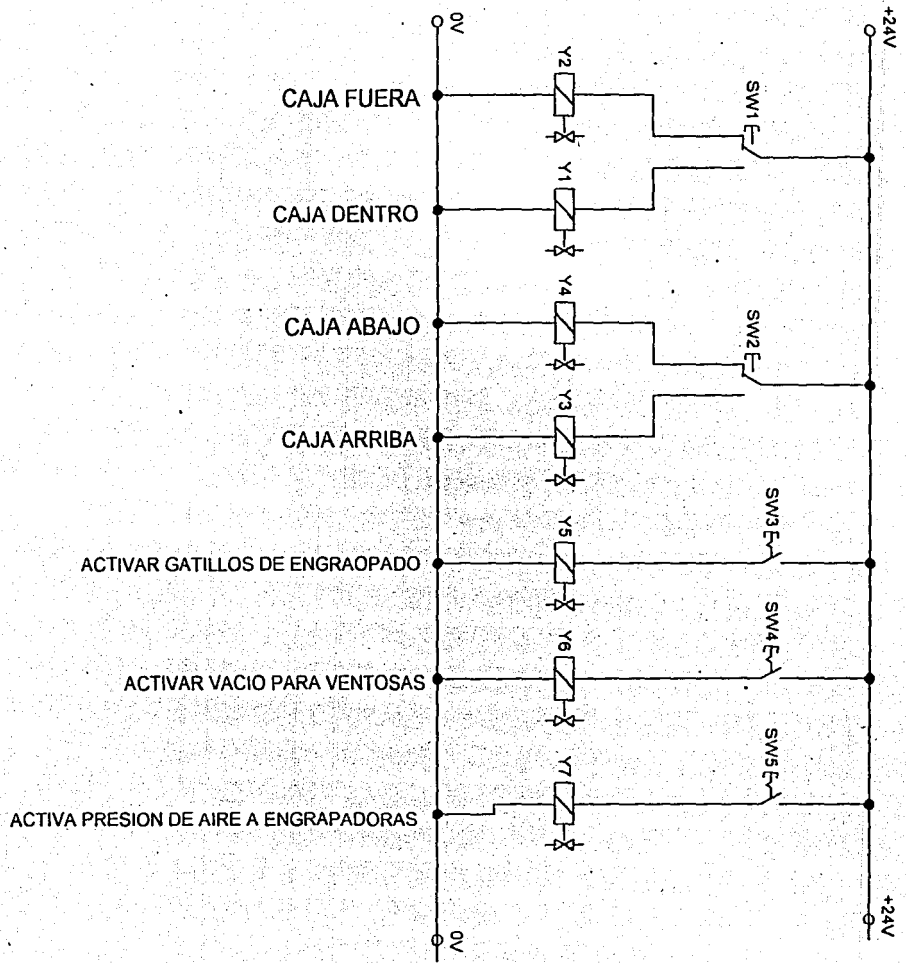
INCORRECTA



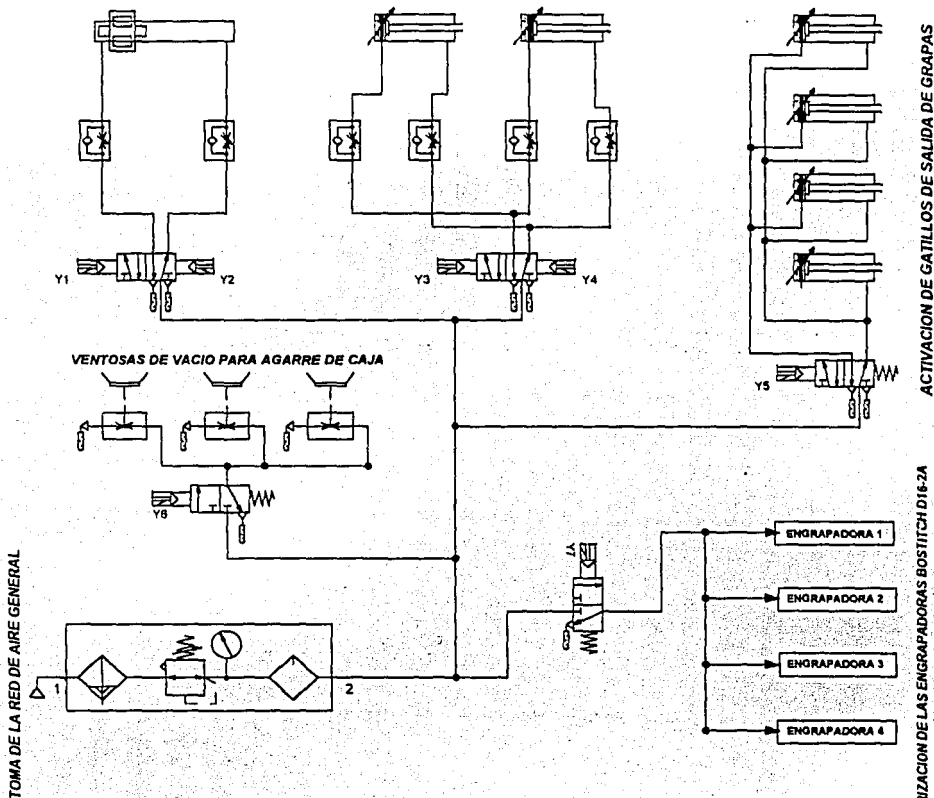
55

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

56



**DIAGRAMA NEUMATICO PARA LA MAQUINA ARMADORA DE CAJAS ANTERIOR**



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

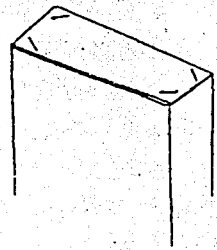
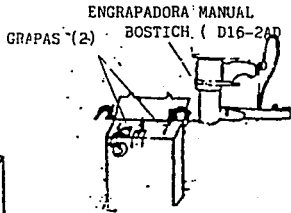
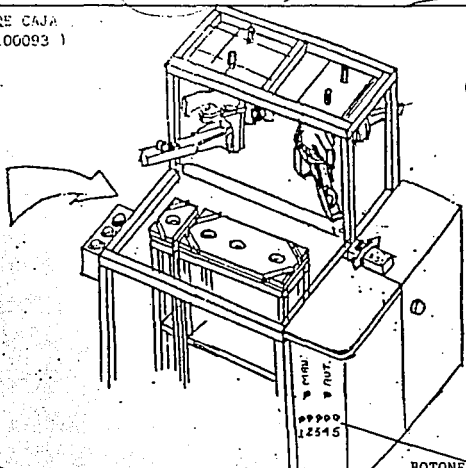
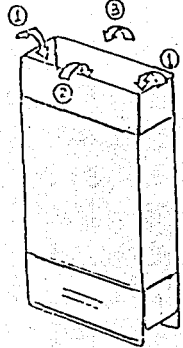
Olivetti Lexikon Mexicana.		CICLO DE TRABAJO					Fecha Emisión 08/01/96
Producción ET	Producto B1/B2	Linea	Fase: EMNC-30	Centro 1725	Anexo 17	Fecha Revisión 04/08/99	
Descripción FORMA MAN JAL		Visto	Analista A. RODRIGUEZ	V. B. Producción [Signature]	V. B. Calidad	Página 1/2	
Elem.		CICLO DE ANALISIS			Dispositivo		
n°	Operación	Codigo	Npz	Descripción			
1	TOMAR		1	Maquina proveniente de la fase anterior y verificar en la tarjeta de impostacion el modelo de la maquina y el codigo de la caja			
2	TOMAR	VARIABLE	1	CAJA DE EMPAQUE correspondiente a la maquina en proceso.			
3	COLOCAR			La caja sobre la base dela maquina p/formacion de caja, orientandola con las tapa hacia abajo y la solapa posterior no impresa al frente de la maq.		96-100093	
4	ACTIVAR			El interruptor 1 a la posicion de "CAJA A DENTRO"			
5	ACTIVAR			El interruptor 2 a la posicion de "CAJA ARRIBA"			
6	ACTIVAR			El interruptor 5 a la posicion de "ENGRAPAR"			
7	ACTIVAR			El interruptor 5 a la posicion de "NO ENGRAPAR"			
8	ACTIVAR			El interruptor 2 a la posicion de "CAJA ABAJO"			
9	ACTIVAR			El interruptor 1 a la posicion de "CAJA FUERA"			
10	RETIRAR			La caja formada de la base y verificar que las cuatro grapas del fondo de la caja sean correctamente insertadas y dobladas, si no colocar nuevamente la caja en la base, retirar la grapa incorrecta y con la engrapadora manual sustituir la grapa.			
11	TOMAR	177193 M	1	ASA P/CAJA DE EMPAQUE y:			
12	TOMAR	177511 K	1	CONTRASTE PARA ASA e insertar un extremo de la asa en una de las ranuras del contraste orientando el asa con la parte lisa hacia abajo			
13	INSERTAR			El conjunto a la tapa de la caja haciendo pasar el extremo libre de la asa alraves de las ranuras de la tapa de abajo hacia arriba y por ultimo en la ranura restante del contraste.			
14	COLOCAR			La caja a un costado de la mesa de trabajo del empaque. NOTA: Verificar codigo de caja en tarjeta de ensamble			

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

58

Olivetti Lexikon Mexicana.		CICLO DE TRABAJO						Fecha Emisión 08/01/96
Producción ET	Producto B1/B2	Línea	Fase: EMNC-30	Centro 1725	Anexo 7	Fecha Revisión 04/08/99		
Descripción PREPARAR CAJA		Visto <i>[Handwritten Signature]</i>	Análisis A. RODRIGUEZ	Vo.Bo. <i>[Handwritten Signature]</i>	Producción <i>[Handwritten Signature]</i>	Vo.Bo. <i>[Handwritten Signature]</i>	Página 2/2	

MAQUINA P/FORMACION DE CAJA  
( 96-100093 )



FORMA DE ENGRAPAR

BOTONES PARA ACTIVAR LA MAQUINA



CORRECTA



INCORRECTA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

59



## CONCLUSIONES.

Conforme se va actualizando la automatización a un nivel industrial, también van evolucionando los procesos industriales. La exigencia del mercado, hacia los industriales los fuerza a mejorar las condiciones de ensamble de sus productos de una forma automática, rápida y con la reducción de la mano de obra en los procesos. Esto tendrá mejoría en un ensamble sin errores, con mayor calidad, automatizado y rápido.

Esto incrementará los volúmenes de productividad, la cual, podrá abaratar los costos de los productos elaborados, teniendo una excelente eficiencia en su producción.

La exigencia de por qué las industrias deben ser competitivas, requerirá de que sus procesos sean automatizados; esto implicará capacitar a su personal técnico para que pueda desarrollar nuevos dispositivos de ensamble o mejorar los ya existentes. También deberán contratar nuevos ingenieros que estén involucrados en la automatización. Desgraciadamente, se requerirá de cierta experiencia laboral, y al menos conozca un poco de los factores que involucran en la automatización como por ejemplo Electrónica, Electricidad, Mecánica, Control, hidráulica, Neumático, entre otras cosas, para poder satisfacer las necesidades reales del mercado.

Además de desembolsar una cierta cantidad de dinero para las modificaciones a desarrollar y tiempo para hacerlo. En un principio habrá una negativa al cambio, ya que éste forzosamente implicará descontrol en el proceso, y en cierto modo, miedo a la reducción de la mano de obra.

Cuando ya se tiene trabajando en los cambios, los mismos industriales al ver las modificaciones generadas, pedirán más cambios, que para la Ingeniería será de gran beneficio, ya que estará aún más ligada con el proceso, teniendo más campo laboral, siendo esto una gran área de oportunidad para el ingeniero.

El proceso de automatización de una armadora de cajas llena de gran satisfacción al concluir el trabajo porque, uno ve, que el ingeniero no tiene límites para desarrollar lo que uno quiere, además de evolucionar los equipos a las formas actuales de automatización con las normas internacionales de control.

Ahora, se podrá controlar el equipo industrial desde una computadora en la casa sin necesidad de estar presente en la fabrica por medio del Internet, para llegar a esto se requerirá tener todo el proceso automatizado e interligado en una red, con los nuevos protocolos de comunicación normalizados.

Con este ejemplo de automatización justifico esa gran oportunidad de desarrollo industrial para el ingeniero novel, y sobre todo en Provincia, donde la escasez de mano de obra calificada es notoria, y se hace una invitación para el nuevo ingeniero a que se desarrolle fuera de la Ciudad de México, y vaya a probar mejor suerte en otros lugares de la República Mexicana.

El método que se utilizó para modernizar esta armadora de cajas con un PLC, es un método normalizado internacionalmente conocido como "**El Método Estructurado**". Es un método desarrollado para programar cualquier PLC, y será una de las tantas herramientas que utilizará el ingeniero para desarrollar trabajos para automatizar.

Además justifica la evolución del proceso, a una estructura menos artesanal, y eliminar en casi su totalidad, los trabajos donde intervenga la mano de obra, y de esta forma, reducir el error, incrementar la calidad y la eficiencia del proceso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ÍNDICE

<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....	1
<b><u>JUSTIFICACIÓN</u></b> .....	4
<b><u>ANTECEDENTES AL TRABAJO</u></b> .....	7
<b><u>PLAN PROPUESTO</u></b> .....	10
<b><u>OBJETIVO GENERAL</u></b> .....	11
<b><u>OBJETIVOS PARTICULARES</u></b> .....	11
<b><u>CAPÍTULO I.- GENERALIDADES DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</u></b> .....	12
I.1.- Una Valoración Tecnológica .....	12
I.2.- El Origen .....	12
I.3.- Los Fierros .....	13
I.4.- Los Lenguajes de Programación .....	14
I.5.- Las Comunicaciones y las Redes .....	17
I.6.- Los Productos .....	18
I.7.- PES. La Solución para la Seguridad .....	19
<b><u>CAPÍTULO II.- SISTEMAS EXPERTOS</u></b> .....	21
II.1.- Introducción .....	21
II.2.- Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos .....	24
II.3.- ¿Pueden los Ordenadores Pensar? .....	29
II.4.- La Vida y el Pensamiento, Formas Particulares de Existencia de la Materia .....	34
II.5.- Los Modelos de los Procesos Vitales y la Fisiología del Cerebro .....	43
II.6.- ¿Es Posible Crear Artificialmente la Vida? .....	51

**CAPÍTULO III.- GENERALIDADES DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)..... 62**

III.1.- Introducción a el Control Automático y su Aplicación a el Control Distribuido .....	62
III.2.- Estructura Externa .....	66
III.3.- Estructura ó Arquitectura Interna .....	68
III.4.- Robótica .....	73
III.4.1. Cuatro Tipos de Controles de Robot .....	76
III.4.2. Control Coordinado de Fuerza y Posición .....	79
III.5.- Clasificación de Sistemas .....	80
III.6.- Características de un Sistema Automático .....	81
III.7.- Definición y Características de un Controlador .....	82
III.8.- Tipos de Microcontroladores .....	84
III.8.1.- Microcontroladores SSI .....	84
III.8.2.- Microcontroladores MSI Normales .....	88
III.8.3.- Microcontroladores Programados .....	88
III.8.4.- Controladores Programables con Conjunto Fijo de Instrucciones .....	90
III.8.5.- Microcontroladores LSI .....	92

**CAPÍTULO IV.- APLICACIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) DE LA MARCA FESTO PARA EL ARMADO DE CAJAS DE CARTÓN UTILIZADAS COMO CONTENEDORES PARA ALMACENAR MÁQUINAS DE ESCRIBIR..... 93**

IV.1.- Método Estructurado .....	93
IV.2.- Diseño de un Controlador Lógico Programable (PLC) 95	
IV.3.- Desarrollo del Proyecto Basado en un Controlador Lógico Programable (PLC) .....	97
IV.4.- Descripción del Controlador Lógico Programable (PLC), FEC-20 de FESTO .....	111
IV.5.- Relación Costo-Beneficio .....	122

<b><u>ANEXO 1.- DIAGRAMAS DEL PROYECTO .....</u></b>	<b>124</b>
<b><u>CONCLUSIONES .....</u></b>	<b>125</b>
<b><u>ÍNDICE .....</u></b>	<b>127</b>
<b><u>BIBLIOGRAFÍA .....</u></b>	<b>129</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFÍA

*"SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL".*

Richard C. Dorf.

Edit. Adisson-Wesley Iberoamericana. 2° Edic.

*"DIGITAL CONTROL OF DYNAMIC SYSTEMS".*

Gene F. Franklin.

Edit. Adisson-Wesley. 2° Edit.

*"ROBÓTICA INDUSTRIAL. TECNOLOGÍA, PROGRAMACIÓN Y APLICACIONES".*

Mikell P. Groover.

Edit. Mc Graw-Hill. 1° Edic.

*"ROBÓTICA. CONTROL, DETECCIÓN, VISIÓN E INTELIGENCIA".*

R.C. González.

Edit. Mc Graw-Hill. 1° Edic.

*"MANUAL DEL MICROPROCESADOR MP80386".*

INTEL México, 1985.

*"MANUAL DEL MICROPROCESADOR MP80486".*

INTEL México, 1992.

*"ROBÓTICA".*

Marvin Minsky.

Edit. Planeta. 1° Edic.

*"INTERCONEXIÓN DE PERIFÉRICOS A MICROPROCESADORES".*

Mompín.

Edit. Marcombó. 2° Edic.

**"AUTÓMATAS PROGRAMABLES".**

Alejandro Porras Criado.

Edit. Mc Graw-Hill.

1° Edic.

**"PRINCIPIOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS  
EXPERTOS".**

David W. Rolston.

Edit. Mc Graw-Hill.

1° Edic.

**"UTILIZACIÓN DE C EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL".**

Herbert Schildt.

Edit. Mc Graw-Hill.

1° Edic.

**"FUNDAMENTOS DE LOS MICROPROCESADORES".**

Roger Tokheim.

Edit. Mc Graw-Hill.

2° Edic.

**"MICROPROCESADORES, PROGRAMACIÓN E INTERCONEXIÓN".**

José María Uruñuela M.

Edit. Mc Graw-Hill.

2° Edic.