



33
2 ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGON"

"ELEMENTOS DE REINGENIERIA, INGENIERIA
INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E
INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACION A EL
CONTROL AUTOMATICO DE LOS PROCESOS
INDUSTRIALES"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
JOSE MARTIN GONZALEZ CHAVEZ
MIGUEL EDUARDO COLIN ESQUIVEL



ASESOR: ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ.

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. MEX.

AGOSTO DE 1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

265350



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

MIGUEL EDUARDO COLÍN ESQUIVEL
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 18 de marzo del año en curso, presentada por José Martín González Chávez y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "ELEMENTOS DE REINGENIERÍA, INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACIÓN A EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES", 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 HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 20 de marzo de 1998
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/lla.

San Juan de Aragón. Estado de México a 20 de Abril de 1998.

Lic. Alberto Ibarra Rosas.
Jefe de la Unidad Académica.
U.N.A.M. Campus Aragón.

Abr 20 7 20 PM '98

PRESENTE

Por medio de la presente, le comunico que el Alumno **COLÍN ESQUIVEL MIGUEL EDUARDO** con Número de Cuenta **9160197-1** de la Carrera de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de tesis titulado:

"ELEMENTOS DE REINGENIERÍA, INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACIÓN A EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES"


Dicho trabajo ha sido revisado y autorizado por el suscrito; por lo que, solicito a Usted de la manera más atenta, se autorice la Orden de impresión del mismo.

Sin otro particular, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

Atentamente



Ing. Raúl Barrón Vera.
Jefe de Carrera de IME.



Ing. David Moisés Terán Pérez.
Asesor de Tesis.

c.c.p. Ing. Raúl Barrón Vera.
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
U.N.A.M. Campus Aragón.

Interesado.

Jefatura de Servicios Escolares.
de la U.N.A.M. Campus Aragón.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON - UNAM

JEFATURA DE AREA DE INGENIERIA
MECANICA ELECTRICA

OFICIO ENAR/JAME/0306/98.

ASUNTO: Sínodo.

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
JEFE DE LA UNIDAD ACADÉMICA.
Presente.

Por este medio me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sínodo del Examen Profesional del alumno: JOSE MARTIN GONZALEZ CHAVEZ, con el tema de tesis: "ELEMENTOS DE REINGENIERIA, INGENIERIA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACION A EL CONTROL AUTOMATICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES".

PRESIDENTE:	ING. JESUS NUÑEZ VALADEZ	ABRIL	77
V O C A L :	ING. SILVIA VEGA MUYTOY	OCTUBRE	86
SECRETARIO:	ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ	MAYO	90
SUPLENTE :	ING. EMILIO LUIS FLORES LOPEZ	OCTUBRE	91
SUPLENTE :	ING. MIGUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ	MARZO	93

Quiero subrayar que el Director de la Tesis es el ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ, el cual es incluido en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., Abril 23 de 1998.

EL JEFE DE AREA

ING. RAUL BARRON VERA



c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Depto. de Servicios Escolares.
- Ing. Miguel Angel Maldonado Muñoz.- Srto. Técnico de IHE.
- Alumno.

RBV/mprp*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON - UNAM

JEFATURA DE AREA DE INGENIERIA
MECANICA ELECTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0801/98.

ASUNTO: Revisión previa de Tesis
antes de autorizar su
impresión.

ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ (ASESOR)
ING. JESUS NUÑEZ VALADEZ
ING. SILVIA VEGA MUÑOZ
ING. EMILIO LUIS FLORES LOPEZ
ING. MIGUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ

En forma anexa le hago entrega de un ejemplar del proyecto de Tesis titulado "ELEMENTOS DE REINGENIERIA, INGENIERIA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACION A EL CONTROL AUTOMATICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES" de los alumnos JOSE MARTIN GONZALEZ CHAVEZ Y MIGUEL EDUARDO COLIN ESQUIVEL.

Esto con el fin de que sea revisada por usted, y que nos de su evaluación y comentarios por escrito, mismo 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 HABLARA EL ESPIRITU"
Bosques de Aragón, Edo. de Méx., junio 25, 1998.

EL SECRETARIO TECNICO

ING. MIGUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ



c.c.p. Alumnos.

MAMM/scd.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

UNIDAD ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe del Área de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 8 de julio del año en curso, por la que se comunica que los alumnos JOSÉ MARTÍN GONZÁLEZ CHÁVEZ y MIGUEL EDUARDO COLÍN ESQUIVEL, de la carrera de INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA, han concluido su trabajo de investigación intitulado "ELEMENTOS DE REINGENIERÍA, INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACIÓN A EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES", 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, a 9 de julio de 1998
EL JEFE DE LA UNIDAD


LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis.
c c p Interesado.

AIR/MCA/vr





UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

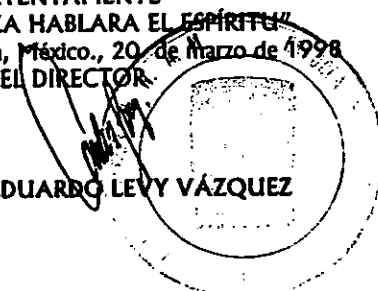
JOSÉ MARTÍN GONZÁLEZ CHÁVEZ
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 18 de marzo del año en curso, presentada por Miguel Eduardo Colín Esquivel y usted, 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, "ELEMENTOS DE REINGENIERÍA, INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACIÓN A EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES", 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 HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 20 de marzo de 1998
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



Cy B
Z

c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/ta.

San Juan de Aragón, Estado de México a 20 de Abril de 1998.

Lic. Alberto Ibarra Rosas.
Jefe de la Unidad Académica.
U.N.A.M. Campus Aragón.

PRESENTE

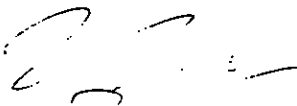
Por medio de la presente, le comunico que el Alumno GONZÁLEZ CHÁVEZ JOSÉ MARTÍN con Número de Cuenta 8509044-8 de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de tesis titulado:

"ELEMENTOS DE REINGENIERÍA, INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACIÓN A EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES"

Dicho trabajo ha sido revisado y autorizado por el suscrito; por lo que, solicito a Usted de la manera más atenta, se autorice la Orden de impresión del mismo.

Sin otro particular, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

Atentamente



Ing. Raúl Barrón Vera.
Jefe de Carrera de IME.



Ing. David Moisés Terán Pérez.
Asesor de Tesis.

c.c.p. Ing. Raúl Barrón Vera.
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
U.N.A.M. Campus Aragón.

Interesado.

Jefatura de Servicios Escolares,
de la U.N.A.M. Campus Aragón.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON - UNAM

JEFATURA DE AREA DE INGENIERIA
MECANICA ELECTRICA

OFICIO ENAR/JIME/305/98.

ASUNTO: Síndico.

~~LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
JEFE DE LA UNIDAD ACADÉMICA,
Presente.~~

Por este medio me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Síndico del Examen Profesional del alumno: MIGUEL EDUARDO COLIN ESQUIVEL, con el tema de tesis "ELEMENTOS DE REINGENIERIA, INGENIERIA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACION A EL CONTROL AUTOMATICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES".

PRESIDENTE:	ING. JESUS NUÑEZ VALADEZ	ABRIL	77
V O C A L:	ING. SILVIA VEGA MUYTOY	OCTUBRE	86
SECRETARIO:	ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ	MAYO	90
SUPLENTE :	ING. EMILIO LUIS FLORES LOPEZ	OCTUBRE	91
SUPLENTE :	ING. MIGUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ	MARZO	93

Quiero subrayar que el Director de la Tesis es el ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ, el cual es incluido en base a lo que reza el - Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Mex., abril 22 de 1998.

EL JEFE DE AREA

ING. RAUL BARRON VERA

c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Depto. de Servicios Escolares.
- Ing. Miguel Angel Maldonado Muñoz.- Secretario Técnico de JIME.
- Alumno.

RBV/aprp*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

UNIDAD ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe del Área de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 8 de julio del año en curso, por la que se comunica que los alumnos MIGUEL EDUARDO COLÍN ESQUIVEL y JOSÉ MARTÍN GONZÁLEZ CHÁVEZ, de la carrera de INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA, han concluido su trabajo de investigación intitulado "ELEMENTOS DE REINGENIERÍA, INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACIÓN A EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES", 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, a 9 de julio de 1998
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis.
c c p Interesado.

AIR/MCA/vr





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE AREA DE INGENIERIA
MECANICA ELECTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0801/98.

ASUNTO: Revisión previa de Tesis
antes de autorizar su
impresión.

ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ (ASESOR)
ING. JESUS NUÑEZ VALADEZ
ING. SILVIA VEGA MUYTOY
ING. EMILIO LUIS FLORES LOPEZ
ING. MIGUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ

En forma anexa le hago entrega de un ejemplar del proyecto de Tesis titulado "ELEMENTOS DE REINGENIERIA, INGENIERIA INDUSTRIAL, SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACION A EL CONTROL AUTOMATICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES" de los alumnos JOSE MARTIN GONZALEZ CHAVEZ Y MIGUEL EDUARDO COLIN ESQUIVEL.

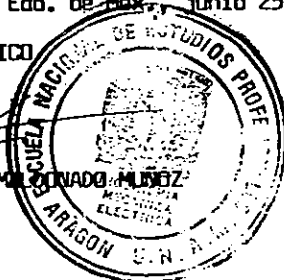
Esto con el fin de que sea revisada por usted, y que nos de su evaluación y comentarios por escrito, mismo que le pido me haga llegar a la brevedad posible.

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Bosques de Aragón, Edo. de Méx., junio 25, 1998.

EL SECRETARIO TECNICO

ING. MIGUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ



c.c.p. Alumnos.

MAMM/scd.

A MI MADRE Y ESPOSA

Por que tú has sido un gran apoyo durante
toda mi vida y has sabido enseñarme las cosas
buenas y malas de este mundo por ser un
amiga, una compañera, un padre y en especial
una madre.

Por tú apoyo económico y moral;
Por tú enseñanza y amor;
Por transmitirme tú deseo de superación;
Por darme la oportunidad de estudiar;
Por esto y mucho más
Mil gracias, **MAMA**

A mi querida y amada esposa
Por que tú eres quien posee mi corazón
Por la confianza y amor que en mi has
depositado
Por ser la madre de mis hijos
Por que esto nos una y supere más
Mil gracias **Sary**.

AMI FAMILIA

A mis hijos

Ivan, Adrian, ?

Por que ustedes son mi impulso y superación, y por que este trabajo sea un ejemplo a seguir.

Les doy así las gracias por ese gran amor, confianza y respeto que en mi han depositado.

A mis hermanos **Ranulfo, Angela, Guadalupe, Elena, Marino**, y en especial a **Rosa, Columba, Josefina, Bertha y Claudia** por la paciencia que han tenido conmigo, por todo su apoyo económico y moral, y por darme la confianza de ser parte de esta gran familia, Gracias.

A mis suegros y en especial a mi segunda madre, doña **Celia** por su confianza y comprensión así como el cuidado que a mis hijos a brindado gracias.

A MI MADRE

Por darme apoyo moral y económico a lo largo de estos años

Por darme cariño, comprensión y por estar a mi lado en los momentos más difíciles.

Por darme la oportunidad de existir.

Gracias **MAMA**

A MIS HERMANOS

Por que durante todo este tiempo, tuve su apoyo
Y especialmente a mis hermanas Amparo y María
por su gran motivación y apoyo incondicional..

Gracias

A MI ESPOSA

Por su comprensión ,confianza y apoyo durante este tiempo.

Gracias **LILI.**

JUSTIFICACIÓN

Es bien importante para nosotros, el poder justificar el título del presente trabajo de tesis, debido a que dada la experiencia que tenemos en esta área y las necesidades de aplicar correctamente los conceptos de Reingeniería y la utilidad de aplicarlos a los Automatas Programables y al Control Automático de los Procesos Industriales; no debe haber ninguna ambigüedad en sus aplicaciones y recomendaciones.

Se sabe que los negocios deben mejorar de manera constante, y para mejorar es necesario cambiar. Sin embargo, ¿cómo alcanzar ese cambio? Existen muchos y diversos puntos de vista con poco terreno en común. Un ejecutivo se enfrenta al reto de hacer cuanto sea necesario para el negocio, sin considerar la disponibilidad de recursos; se podrá e incluso deberá, hacer los cambios que se requieran en ese marco de referencia.

Además, las filosofías del manejo del cambio son diversas. La Ingeniería Industrial considera el negocio como una máquina, y enfoca el cambio mediante el diseño de un nuevo modelo mecánico del negocio. El desarrollo organizacional se interesa "*per se*" en la Psicología del Trabajo y prepara el cambio mediante la motivación de los trabajadores para que ellos mismos se acoplen con las nuevas metas del negocio. Los teóricos de la Calidad ven el negocio como una entidad que hace el trabajo, revisa sus resultados realimenta el proceso con esos mismos resultados para así mejorar continuamente. La administración general, considera el cambio como cualquier proyecto y lo divide en tareas más pequeñas, distribuyéndolas y siguiendo su progreso sobre "*Diagramas de Gantt*" que desarrollan el enfoque de "*Hágalo así*".

Los cambios que debe hacer un negocio, se están tomando más complejos. De ahí, que los métodos estándar de la administración del cambio, comprobados durante largo tiempo; no puedan enfrentarse a las nuevas complejidades de los grandes procesos de negocios apoyados en las tecnologías que evolucionan con rapidez. Por ello, los enfoques más avanzados ya no pueden considerarse más como experimentales ó exóticos, y para ser abordados sólo por los líderes industriales. En la actualidad, estos enfoques son necesarios para garantizar la supervivencia de cada negocio.

ANTECEDENTES AL TRABAJO

Como es sabido, los conceptos de Reingeniería son relativamente muy nuevos, razón por la cual la bibliografía de consulta no es muy variada; más sin embargo, se pueden establecer los siguientes criterios de antecedentes para cada uno de ellos.

Vivimos en una época de continuos cambios, la competencia por los mercados en el mundo es cada día más grande. Desde los años Ochentas, la economía global ha venido cambiando y ese cambio continúa. Nuevas y vigorosas Compañías de Europa y el Oriente, pretenden monopolizar los productos y mercados tradicionales, así como expandir su dominio por todo el Mundo.

La clave elemental para una efectiva competición, es que habilitan y comercializan productos rápidamente. En muchos casos, las Empresas de estos países (principalmente Orientales) tienen presente incrementar avances en los productos y procesos tecnológicos y, transfieren tecnología de punta de todo el mundo e integran ésta dentro de sus propios negocios. Los grandes consorcios buscan alianzas estratégicas, respaldo técnico, proyectos de desarrollo y equipos de diseño, que les permitan redituar cuantiosas ganancias.

Para que la dirección de una Empresa sea efectiva requiere una constante investigación de los directivos acerca de los cambios que se suceden a diario; así como del desarrollo de los productos y procesos tecnológicos. El desarrollo y crecimiento dependen en gran medida de la habilidad de la directiva y de la aplicación del proceso tecnológico adecuado.

La Reingeniería, es un nuevo enfoque de procesos que verdaderamente encamina a una ventaja competitiva, dentro de un intenso mercado global. De acuerdo a lo anterior el empresario se enfrenta a dos opciones: Sobrevivir adecuándose al mercado competitivo y cambiante ó retirarse; ya que solamente el mejor saldrá adelante. La Reingeniería dá la pauta para continuar en la competencia, porque brinda las herramientas para lograr las mejoras que las empresas de hoy en día necesitan.

PLAN PROPUESTO

Se pretende que el presente trabajo, contribuya a la formación de una base sólida en cuanto a los conocimientos que en la actualidad se requieren; para actualizar la visión de una Empresa y de la cultura general de los profesionales de la Ingeniería. Y para lograr este acervo informativo se ha dividido el presente trabajo en la siguiente estructura:

En lo concerniente al Capítulo I; se dará una Introducción que contenga la explicación y complejidad del problema que representa en la actualidad la Reingeniería y la utilización de sus estructuras. Esta introducción tendrá un bosquejo histórico de las necesidades que han originado la necesidad de aplicar la Reingeniería, como una posible solución a los problemas que aquejan a los negocios de la actualidad.

El Capítulo II ofrece, el análisis Cualitativo y Cuantitativo de la Reingeniería, comenzando con los conceptos básicos de la Ingeniería Industrial y el método que como solución ofrece la Reingeniería en la actualidad. Se trata de entender el concepto, los alcances y las restricciones que la Reingeniería pueda ofrecer a los negocios, sin descuidar aspectos de otras áreas, que se ven involucradas en las Empresas.

Para el Capítulo III, se concentra de forma específica y detallada lo referente a la Ingeniería Industrial, analizando sus técnicas y repercusiones dentro de la Empresa que ha adoptado a la Reingeniería como Modelo de ayuda y solución a sus problemas de Mercado.

En lo referente al Capítulo IV, se establecen los conceptos de la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos. El análisis está enfocado en lo referente a que la Inteligencia Artificial (*IA*) 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. También se tratan las áreas de estudio donde se aplica la Inteligencia Artificial (*IA*) como son: La Búsqueda de Soluciones, los Sistemas Expertos (*SE*), el Procesamiento en Lenguaje Natural, el Reconocimiento de Modelos, la Robótica, el "Aprendizaje de las Máquinas", en la Lógica y la Incertidumbre junto con la Lógica Difusa.

En cuanto a los Sistemas Expertos (*SE*), se puede decir que 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.

Para el Capítulo V, se ofrece el análisis muy a detalle de los Automatas Programables. Este análisis está avocado a lo referente a qué es, cómo funciona, qué beneficios se pueden obtener y para qué sirve un Automata Programable dentro de una Industria ó para uso personal. Ya que como es sabido, el compartir recursos e información, es la base de los Sistemas basados en Ordenadores y muy en especial a los Sistemas configurados con Automatismos. Se pretende que al desarrollar este Capítulo, se comprendan los fundamentos reales de los Automatas Programables; y éste deje de ser sólo un tema "oscuro" para cualquier lector.

Lo anterior corresponde a la aplicación de los conceptos de la Reingeniería, lo cual pretende dar un "formato" de cómo y cuándo optimizar un Proceso Industrial que lleve involucrados implícitamente a los Automatas Programables (*AP*) y los conceptos de los Sistemas Expertos (*SE*), la Inteligencia Artificial (*IA*) y el Control en general.

Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo, como un parámetro de concordancia entre la Teoría desarrollada y el análisis cuantitativo presentado por la experiencia en el manejo de los conceptos analizados. Es de suma importancia considerar, que las conclusiones son el reflejo de lo realizado e investigado, pero no son "*Leyes Establecidas*", sino que surgen del desarrollo del mismo trabajo. Por lo tanto, pueden estar sujetas a cuestionamientos; sin embargo, son resultado de la viva experiencia.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Conocer y aplicar los fundamentos de la Reingeniería y de su Aplicación a los Sistemas de Control Industrial basados en Controladores Lógicos Programables (*PLC*), Sistemas Expertos (*SE*) e Inteligencia Artificial (*IA*).

OBJETIVOS PARTICULARES:

1.- Explicar el problema que representa la Reingeniería, para poderlos aplicar a los negocios actuales que dentro de su infraestructura, están "administrados" y "supervisados" por Controladores Lógicos Programables (PLC).

2.- Establecer los conceptos fundamentales de la Reingeniería, para poderlos aplicar de manera óptima a los negocios, Industria, y usuarios interesados; que están administrados por Sistemas basados en Controladores Lógicos Programables (PLC), Sistemas Expertos (SE) e Inteligencia Artificial (IA).

3.- Conocer la estructura, y características de Ingeniería Industrial y aprovechar sus aplicaciones en un Control Industrial gobernado por la Reingeniería y apoyado en los Controladores Lógicos Programables (PLC), los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA).

4.- Establecer el modelo y estructura de los Controladores Lógicos Programables (PLC), Sistemas Expertos (SE) e Inteligencia Artificial (IA), como solución a problemas específicos en el Área de Fabricación, Producción y Control de Calidad en la Industria.

5.- Establecer el Modelo de aplicación de los Autómatas Programables y la Reingeniería a la Industria, sugiriendo un sistema basado y administrado por Controladores Lógicos Programables (PLC), Sistemas Expertos (SE) e Inteligencia Artificial (IA).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

No es ningún secreto que para alcanzar el éxito en el mundo de los negocios, incluso sobrevivir; es necesario realizar cambios fundamentales en la forma como se dirigen las Empresas. En un primer momento se consideró que la automatización por sí sola, era la respuesta; sin embargo, a juzgar por el declive de algunas naciones en el cada vez más competitivo mercado global, es obvio que esa idea fuese reevaluada. ¿Por qué? Porque comenzar por automatizar estructuras y procesos organizacionales ineficientes; equivale a colocar ventanillas eléctricas a un automóvil que necesita la reparación del motor.

Sin lugar a dudas, hoy es el momento de la *Reingeniería*. En la actualidad, es uno de los temas más debatidos en el ambiente de oficinas y Fábricas en muchos Países. La Reingeniería está llegando al punto de ser considerada como la manera de reducir costos, de llegar a tiempo al mercado, de ampliar la satisfacción de los clientes y de incrementar con solidez las ventas..., increíble; todo esto al mismo tiempo. Sin embargo, mientras la mayoría de la gente reconoce la necesidad de aplicar este novísimo enfoque y su vasto potencial, difícilmente alguien tiene la clave sobre cómo hacerlo en su propia Compañía.

La finalidad de la primera parte de este trabajo, es irrumpir con fuerza desde el comienzo y ofrecer a cualquier lector (Gerentes de cualquier nivel, Directores, ó el simple lector ávido de cultura general); de cualquier Empresa, las primeras explicaciones detalladas de los *qué, por qué y cómo* de la Reingeniería aplicada a los Negocios y también ofrece la respuesta real a los siguientes rubros:

1.- Construir un modelo del negocio actual, analizarlo y utilizarlo para diseñar nuevos procesos y estructuras organizacionales.

2.- Tener en cuenta las diferentes necesidades de cada Departamento de una Empresa y delinear sus roles en el proceso de la Reingeniería.

3.- Posicionar un negocio para reaccionar ante las condiciones y retos cambiantes del mercado.

4.- Crear una capacidad propia para el cambio continuo y hacer de éste un amigo, y no un adversario tanto de la Gerencia como de los Trabajadores.

5.- Cultivar un ambiente que fomente y gratifique no sólo la garantía de "*Calidad*", sino la "*Iniciativa de Calidad*".

6.- Implantar la nueva Operación del Negocio y la estructura organizacional para minimizar, a la vez; cualquier aspecto de incertidumbre en el lugar de trabajo.

7.- Modificar los Sistemas Tecnológicos que apoyan la nueva estructura.

Todo lo que se necesita para comenzar es voluntad para realizar cambios fundamentales en las prácticas desactualizadas de costumbre, y la guía paso a paso; con indicaciones precisas, y los puntos de vista del mundo real que aparecen en este trabajo.

Aunque la Industria de los Ordenadores y de los Automatas Programables (AP), es muy joven todavía, al compararse con otras Industrias (por ejemplo, la Automotriz y la del Transporte Aéreo). Los Ordenadores han mostrado un progreso espectacular en muy corto tiempo. Durante los primeros veinte años de su existencia; los Sistemas de Ordenadores estuvieron muy centralizados, usualmente en el interior de un cuarto muy grande. Este lugar con frecuencia tenía paredes de vidrio, a través de los cuales los visitantes se quedaban absortos mirando la maravilla electrónica del interior. Una compañía mediana ó una Universidad, podían contar con uno ó dos Ordenadores; en tanto que las Instituciones más grandes tenían a lo sumo una docena de ellos. La fusión de los Ordenadores y las Comunicaciones han tenido una profunda influencia en la forma en que estos Sistemas están organizados.

El concepto de "*Centro de Cálculo*", como un cuarto con un Ordenador grande, al cual sus usuarios traían trabajos para su Departamento ha llegado a ser obsoleto. Este modelo no tenía uno; sino al menos dos aspectos deficientes: Primero, el concepto de un sólo Ordenador grande haciendo todo el trabajo y, Segundo, la idea de que los usuarios traigan su trabajo a donde se encuentra el Ordenador en lugar de llevar el Ordenador a donde se encuentran los usuarios.

El viejo modelo de tener un sólo Ordenador para satisfacer todas las necesidades de cálculo de una organización se está reemplazando con rapidez por otro que considera un número grande de Ordenadores separados, pero interconectados, que efectúan el mismo trabajo. Estos Sistemas se conocen como Redes de Ordenadores.

La necesidad de mantener comunicados los diversos Departamentos existentes dentro de una misma Empresa ha impulsado a los conocedores del mundo de la Informática a buscar nuevas alternativas que den respuestas concretas.

Los Sistemas de Redes Locales, han dado solución a muchos de los problemas a los que se venían enfrentando quienes tenían a su cargo la responsabilidad del manejo de la información generada dentro de las Empresas, y han venido ganando terreno y adquiriendo una importancia tal, que han llegado a ser considerados como el medio más moderno y eficiente para la captación, administración, control e intercambio de datos; además de que es un Sistema que permite la máxima explotación de los recursos de la Arquitectura de Sistemas ("*Hardware*") y los Programas y Paquetería ("*Software*"), con que cuenta una Empresa ó Industria.

Otro aspecto importante de considerar es que un sistema de Redes Locales, proporciona al usuario mayor seguridad respecto a los datos almacenados, ya que el acceso a ella ó a los Sistemas se lleva a cabo a través de Claves ó Contraseñas ("*Password*") Personales. Entendiendo como clave ó Contraseña ("*Password*"), la llave de acceso para la generación de aplicaciones del Sistema de una Empresa (altas, bajas, consultas, reportes, etcétera).

Otra ventaja más a considerar, es que los Sistemas de Redes Locales de Ordenadores, permiten la Comunicación con Ordenadores de igual ó de diferentes características. Lo anterior significa flexibilidad y rapidez en la transmisión de información que se tenga que realizar en cualquier momento.

Lo antes expuesto, es lo que hace de las Redes Locales una de las alternativas más aceptadas por los usuarios para el manejo de información que se genere dentro de cualquier Empresa ó Industria, además:

- 1.- Las Redes Locales permiten un mejor control e intercambio de información en el Departamento de Sistemas.
- 2.- Las Redes Locales se consideran como una respuesta a las exigencias de los usuarios de el Departamento de Sistemas.
- 3.- Las Redes Locales son una solución que permite captar, controlar e intercambiar información en el Departamento de Sistemas.

Los avances tecnológicos y la gran cantidad de datos que con ellos hay que manejar, han obligado al hombre a buscar nuevas opciones, que le permitan realizar sus actividades con menos tiempo y esfuerzo posible y con los mejores resultados. La informática es una respuesta a estas exigencias y dentro de la misma la utilización de las Redes Locales adquieren una importancia primordial.

Desde el punto de vista de los beneficios que se tienen al tener una Red de Ordenadores, es el acceso a *Internet*. Por definición, Internet es una Red de Ordenadores a nivel mundial que contiene un vasto repertorio de información y recursos a los que se puede tener acceso desde un Ordenador. Con el empleo de los vastos recursos de Internet es posible comunicarse con personas de cualquier parte del mundo y comentar el tema que se desee. Se puede transferir archivos desde prácticamente cualquier Ordenador y estar en contacto con personas con las que se tengan intereses afines.

Al hablar de Internet como una "*Red de Redes*", esto significa que es posible entablar comunicación con cualquiera de las miles de Redes distribuidas por todo el mundo (como mínimo se cuentan más de 25 000 Redes integradas).

La información es el verdadero tesoro de Internet. Hay información disponible sobre prácticamente cualquier asunto imaginable. El problema, muchas veces, es encontrarla; pero lo importante de entender es que esa información ahí está y se puede revisar una vez hecho el contacto con Internet.

Considerando que los Controladores Lógicos Programables (PLC), forman parte de un Sistema de Cómputo que los controla y administra, es menester entender los conceptos fundamentales de Redes de Ordenadores. Ya que mediante las topologías de Redes de Área Local (LAN), es posible que un Proceso Industrial por ejemplo; se controle con una Topología de Bus, posteriormente se integren todas las Naves Industriales en una Topología de Anillo y , finalmente se integre a todos los Corporativos del Grupo Empresarial en una Topología de Estrella, para la compartición de recursos. De ahí, la importancia de conocer las Redes de Ordenadores y los conceptos de el Control Distribuido.

Ahora se analizarán algunos conceptos del desarrollo de la Ingeniería Industrial, los cuales son:

La Ingeniería Industrial, ha sido definida como: *"La aplicación de los procedimientos de dirección técnica a todos los actores (incluyendo el factor humano) que intervienen en la fabricación y distribución de los productos y aplicación de los servicios"*. En 1943 el Comité de Racionalización del Trabajo de la División de Dirección de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (*"SAIM"*), trató de definir los límites del campo de actuación de la Ingeniería Industrial. Puede decirse que el problema de esta definición, no ha sido resuelto todavía y mientras permanezca sin resolver, ser motivo de desconcierto, tanto para los estudiantes de esta área como para los Ingenieros.

Los orígenes de este desconcierto son indudablemente históricos. Un grupo de competentes Ingenieros Estadounidenses, fue el que dió impulso al movimiento hacia el estudio científico de la Dirección de Empresas, considerando como tal *"un conjunto sistematizado de conocimientos del que se pueden deducir ciertos principios generales"*. Este grupo incluye a Federico Winslow Taylor, Lawrence L. Gantt, Frank Bunker, Lilian Moller Gilberth, Harrington Emerson y otros, cuyo trabajos empezó a tomar cuerpo a principios del siglo XX. Estuvieron animados e inspirados por la ayuda generosa de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

La Sociedad recibió con agrado la participación de los Jefes de Empresa en sus discusiones y no confinó sus procedimientos exclusivamente a problemas técnicos. De este modo, la sociedad dió a los iniciadores de la moderna dirección de Empresas, la única plataforma disponible entonces para su fin, rindiendo, al hacerlo así, un inmenso servicio a toda la Industria mundial.

Por otra parte, el actual desconcierto mundial es un inconveniente, tanto para los Ingenieros como para la Dirección de las Empresas. Los responsables de la organización ó planificación de los Negocios ó Empresas son los únicos que comprenden claramente la rapidez con que las ambigüedades semánticas se convierten en acciones solapadas e interrupciones de la cooperación humana. Los encargados de la formación de los Ingenieros hallan igualmente entorpecida su labor por la incertidumbre sobre la extensión de su Asignatura y por la necesidad educativa de concretar, dentro de un saturado Currículum, conceptos de contenido vago y aún sin definición completa, tales como la terminología "*Ingeniería Administrativa*".

Cuando Taylor y sus colegas pensaron por primera vez en un título para designar el complejo de las nuevas ideas que habían desarrollado, le llamaron "*Dirección Científica*". Esta frase se hizo impopular rápidamente. Ni a las grandes Empresas, ni a Wall Street le gustó la utilización de dicha terminología, porque el Juez Luis D. Brandeis la esgrimió como argumento para combatir el caso de los salarios base que los "*Ferrocarriles de la Easter*". A los Representantes de los Trabajadores tampoco les agradó, porque estaban convencidos de que sería utilizado como argumento para combatir a los Obreros una resolución de la "*American Federation of Labor*"; al referirse al Método, Taylor lo presenta como un "Esquema Diabólico" para la reducción del ser humano a máquina.

Como era de esperar los que estaban convencidos de la validez de las ideas de Taylor, buscaron para ellas una frase menos contundente que describiera su contenido. En consecuencia muchos años después de su muerte todavía se hacía referencia a la "*Solución Ingenieril*", y a otra combinación gramatical similar para indicar la revolución mental que representaban los nuevos conceptos sobre la dirección de Empresas.

Después de la muerte de Taylor, incluso anteriormente; numerosas personas adoptaron la profesión (en la que él fue el primer exponente), de Asesores ó Consejeros de Empresas Industriales que deseaban mejorar sus Métodos. Inicialmente, la mayoría de estos profesionales se autodenominaron "*Ingenieros Industriales*". Dado que muchos de ellos ya poseían formación de Ingenieros, fueron situados en general en las funciones de fabricación.

Esto fue bastante razonable en los comienzos. Pero a medida que se fue ampliando el concepto "*Dirección*", tales Consejeros tuvieron que tratar toda clase de problemas económicos, para muchos de los cuales, la formación de Ingenieros, no era obligatoriamente la más apropiada, sino que en ciertos casos era absolutamente necesario conocer otras disciplinas diferentes. Es evidente que constituye una "*mixtificación*" de la terminología el de denominar "*Ingenieros Industriales*" a los profesionales cuya función principal en las Empresas es el desarrollo de los modernos conceptos de selección y manejo de personal, así como la introducción de los perfeccionamientos estadísticos de la evaluación de precios.

En tercer lugar cuando la idea de aplicar los razonamientos científicos a los problemas de Dirección en Empresas, comenzó a tomar incremento; dichas Empresas se enfrentaron con el serio problema de implantar la plana mayor de sus cuadros de Dirección. Ampliamente, el grupo más numeroso de Personal disponible en la Industria con adecuada situación científica, eran los Ingenieros. Por ello, ocurrió que hombres dotados de la formación de Ingeniero, fueron de hecho, utilizados en una gran variedad de tareas que no requerían dicha preparación técnica como base para su ejecución; pero para las cuales el poseer una formación básica en alguna rama de la ciencia y, generalmente, cierta habilidad matemática, les daba ciertas ventajas.

Además la expansión de la investigación y el rápido desarrollo de aparatos e ingenios en campos, tales como la electrónica, aumentó rápidamente el número de los problemas de dirección que requerían un equipo mecanizado para su solución. La utilización de maquinaria no quedó relegada exclusivamente a los talleres. Un Contable moderno, Banquero ó Director de Personal necesita primeramente dominar los principios y técnicas de su propia profesión. Pero sin necesidad de ser efectivo en la aplicación práctica de estos principios y técnicas; necesitar utilizar equipos que requieran habilidad Ingenieril y ciertos conocimientos técnicos para su instalación y entrenamiento.

La Ingeniería tiende a penetrar más y más en todas las funciones de la dirección, pero esto no significa que una completa formación Ingenieril, sea un requisito previo indispensable para el correcto desempeño de todas estas funciones, ni de manera alguna la disciplina fundamental necesaria para ello.

Hacia la mitad del siglo XX había 50 ó más campos especializados dentro del área de la estricta Ingeniería técnica. Todos los matices de actividad de una Empresa pueden agruparse para nuestro estudio en tres grupos claramente definidos:

1.- Las actividades que fueron consideradas dentro del campo profesional del Ingeniero, antes de surgir la idea de la Dirección Científica, por lo que ya requerían una adecuada formación técnica. En ellas se incluyen la investigación y el desarrollo de los recursos naturales; mecanizado de materiales metalúrgicos; desarrollo, instalación y entrenamiento en aparatos mecánicos, fuerza motriz aplicada para su impulsión y conveniencia esencial de su uso; el dotar a las instalaciones de aire, calor, agua, luz y fuerza motriz y, finalmente la mejora de dichas instalaciones.

Estas actividades están englobadas en las terminologías de Ingeniería de Investigación, Ingeniería de Estructuras, Ingeniería de Conservación y Entrenamiento de las Instalaciones.

2.- Actividades pertenecientes a alguna de las restantes funciones de la Empresa (contabilidad, personal, organización y otras semejantes), que requieren principalmente una formación en la disciplina básica directamente aplicable a aquella función; pero con respecto a las que se ha encontrado convenientemente emplear Ingenieros, bién para utilizar y mantener el equipo mecánico; bién por tratarse de las únicas personas disponibles, que poseyendo los conocimientos prácticos para la Administración de la Empresa, disponen además de una sólida formación científica. En este grupo de actividades se incluyen también el control de presupuestos, costos, análisis de organización y administración de jornales.

3.- Aquellas que, sin ocuparse directamente de la instalación y mantenimiento de los equipos mecánicos, están directamente relacionados con el uso efectivo de los mismos; por lo tanto, en el aspecto científico de ellas depende la adaptación de equipos científicos al elemento humano dentro del complejo de la Empresa. Para desempeñar de manera efectiva tales actividades es preciso poseer bastos conocimientos teóricos y prácticos de Ingeniería; lo que requiere, según parece plenamente probado hasta ahora, una completa formación técnica como Ingeniero y su respectiva experiencia en la práctica profesional.

Este grupo abarca desde la distribución de planta de oficinas, métodos y planificación de trabajo, reducción de costos de los materiales y mano de obra, simplificación y normalización, hasta el análisis de los salarios base y control de Calidad. La característica común que distingue estas actividades es la de que se ocupan principalmente en la utilización efectiva del equipo mecánico, precisando, por lo tanto, un conocimiento básico de los principios en que se basa el trabajo de dicho equipo, independientemente de la función a la cual ha sido aplicado. A este tercer grupo de actividades puede aplicarséle con mayor propiedad el Título de Ingeniería Industrial.

Si se acepta la precitada definición de la Ingeniería Industrial, son necesarias dos condiciones más:

En primer lugar si se quieren evitar las discrepancias internas acerca de la autoridad y competencia, ha de entenderse que la creación de un Departamento de Ingeniería Industrial no elimina la diferenciación básica funcional comúnmente aceptada hasta ahora en la organización de Empresas. El que tal Departamento se ocupe por ejemplo, de la simplificación de los procesos de manufactura, no le capacita para pedir la eliminación de ciertos productos, basándose sólo en conveniencias de fabricación, pero sin tener nada en cuenta las consideraciones del mercado.

La inclusión de los métodos de planificación de oficinas y equipos dentro del campo de la Ingeniería Industrial, al que indudablemente pertenecen, no autoriza al Ingeniero Industrial a asumir las responsabilidades del Director de oficina. En relación con las otras funciones especializadas, su trabajo debe desarrollarse con carácter auxiliar de servicio, so pena de exponerse, al fracaso de su misión.

En segundo lugar un gran sector de la industria está ligado a la técnica comercial. En este aspecto, puede ser indispensable una formación básica de Ingeniería para el conocimiento general de la Empresa y; por lo tanto, para el desempeño más efectivo de las funciones de Dirección, de la misma manera que un conocimiento básico de Química ó Ferrocarriles puede ser necesario a la Dirección en estas Industrias. Esto no significa, que la formación Ingenieril propiamente dicha, sea un factor esencial en el desempeño de las funciones de dirección. Las dos condiciones deben ser desglosadas:

Por una parte, la formación básica indispensable para el conocimiento general de una Industria, a la cual se añade, como complemento, la capacidad de Dirección; por la otra, los conocimientos intrínsecos de Dirección. Algunos Ingenieros fracasan al no hacer esta distinción, imaginándose que su formación técnica como Ingenieros, les dota automáticamente de los conocimientos necesarios para desempeñar la Dirección. La carencia de estos conocimientos les produce su fallo profesional.

Si el término Ingeniería Industrial se utiliza en el sentido antes indicado, puede parecer natural suponer que sus orígenes coincidieron con el comienzo de la Revolución Industrial; es decir, que tan pronto como el hombre, compaginando sus aficiones mecánicas con cierta inclinación científica, llegó a ponerse en contacto con los problemas de dirección, comenzó a aplicar métodos analíticos completados con experiencias racionales, a los problemas de la organización humana, que hasta entonces había sido gobernada casi exclusivamente por la costumbre. Existe cierta evidencia de que debió desarrollarse así.

El primer impacto de la Revolución Industrial tuvo lugar en la industria textil algodonera Británica. Al comienzo del siglo XVIII, dispositivos mecánicos utilizando únicamente el agua como fuerza motriz, comenzaron a reemplazar a los antiguos tornos de hilar y telares de mano. Uno de los hombres más sobresalientes de este período fue Sir Richard Arkwright.

Su nombre está íntimamente asociado con la invención de un Sistema de hilar que solucionó las limitaciones de las máquinas de hilar de Hargreaves, de las que el hilo obtenido solamente podía ser utilizado como trama. No obstante poco más de medio siglo después, un especialista muy documentado en la evolución Industrial, sugirió en sus escritos que la reputación de Arkwright como inventor era errónea, sobresaliendo por el contrario como Director.

Es fácil suponer que con la utilización del vapor como fuerza motriz, los procesos técnicos pudieron acelerarse. Afortunadamente, debido a una conservación poco corriente de los primeros archivos industriales, tenemos un completo y documentado informe asociado al nombre de James Watt. El no fue desde luego; el creador de la máquina de vapor; pero su invención del condensador independiente, mejoró tanto el viejo motor de Newcomen (que había mantenido el primer puesto durante la primera mitad del siglo XVIII) que lo convirtió virtualmente en una nueva máquina. James Watt obtuvo una primera patente en 1769.

En 1775 se aseguró una nueva patente por veinticinco años y se asoció durante el mismo período con Matthew Boulton, fabricante de adornos de metal trabajado, establecido en la comarca de Birmingham.

Boulton fué, sin duda alguna, un notable y emprendedor Director de Empresa. Su factoría de Soho, fundada en 1762, estaba llena de inventos macánicos superiores en cantidad, variedad y simplicidad a los de cualquier otro fabricante de fama mundial existente en aquella época.

Su labor más importante fue la creación de un cuerpo de delineantes altamente especializados, cuyo trabajo era mucho más preciso que el de los que normalmente trabajaban por aquella época en la Industria del Hierro existente en el centro de Inglaterra. En 1770 dispuso que semanalmente tendrían lugar reuniones entre los socios y los directores de Soho, para examinar el estado de la organización de la Empresa, precios y cualquier otro asunto relacionado con la fabricación; que los asuntos referentes al comercio exterior deberían ser sometidos a discusión, para establecer una Política Económica, y que las cartas importantes solamente serían contestadas en estas reuniones.

El período crítico fue durante los treinta años transcurridos desde 1882 a 1912. En este período se fueron perfilando gran número de tendencias que gradualmente fueron trazando los hilos de lo que se llamaría Dirección:

1.- Los Ingenieros que habían llegado a ser Propietarios y Directores, aconsejaron a sus discípulos que prestaran más atención a los aspectos financieros de la Empresa.

2.- Los Ingenieros comenzaron a interesarse en los Sistemas de salarios con incentivos, fundamentados en los fracasos experimentados en la partición de los beneficios.

3.- Los Ingenieros y Contadores fueron coincidiendo cada vez más en sus ideas.

4.- Los Ingenieros dedicaron más atención a los formularios necesarios para el Control de la Producción.

5.- La obra de F. W. Taylor, estimuló el interés en el estudio de tiempos de la operaciones.

6.- F. B. Gilberth había iniciado independientemente sus experiencias sobre el estudio de movimientos.

7.- H. L. Gantt hizo resaltar la importancia de la Jefatura, y de prestar mayor atención al factor humano en las distintas actividades de la Industria.

8.- Los primeros Psicólogos de la Industria, comenzaron a mostrar cómo la más joven de las ciencias inductivas podía ser aplicada al trabajo industrial.

La gran contribución de Taylor a ese respecto, por lo que es llamado "*Padre de la Dirección Científica*", estriba en el hecho de que, con la sola excepción del Grupo Ocho, fue el primero en percibir la interconexión entre estas diferentes iniciativas y tratar de integrarlas dentro de un concepto unificado: "*La Filosofía de la Dirección*".

Taylor reconoció la importancia del Método; sin embargo, la publicidad dada a la Organización Científica de la Dirección en el caso de los salarios base de la Easter en 1911, y los espectaculares resultados obtenidos por la combinación del estudio de tiempos con el procedimiento de salarios con incentivo, hizo que muchos de sus seguidores perdieran de vista la importancia de sus Métodos. Desde 1910 a 1930, los grupos interesados en el estudio de los Métodos se consideraron en oposición respecto a los interesados en el Estudio de Tiempos.

El crecimiento de los sindicatos durante los años Treintas, redujo en los trabajadores el temor a la reducción en el salario base. Podían oponerse a los cambios injustificados en los tiempos tipo. Las ganancias se elevaron, esto sirvió de estímulo para que la Dirección se preocupase más en el estudio de los Métodos.

En 1932 el término "*Ingeniería de Métodos*", quedó definido con las siguientes palabras: "*La Ingeniería de Métodos, es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis en orden a eliminar toda operación innecesaria y en orden a encontrar el mejor Método, y más rápido para realizar toda la operación necesaria*".

Dado que la naturaleza humana se opone siempre a los cambios, el trabajo de este tipo, aunque profundamente deseable en el aspecto social; había de crear medidas de resistencia, tanto por parte de los trabajadores como por parte de sus superiores. Esto podía evitarse si los Métodos eran estudiados y mejorados antes de iniciarse el trabajo, y no después.

Al comprender la ciencia, pensó en considerar la sugerencia inicialmente establecida por F. Taylor; el establecimiento de tiempos tipo predeterminados para cada elemento de cualquier operación. Si tales tiempos tipo, podían ser establecidos, el Ingeniero Industrial tendría una herramienta con la cual establecer el tiempo necesario para la ejecución de una serie de movimientos y cronometrar el tiempo empleado en ellos por un cierto operario.

Fue el concepto de los movimientos elementales universales de Gilberth, el que suministró el factor necesario para dar cuerpo a la idea de Taylor. En consecuencia, sería únicamente necesario:

- 1.- Determinar un Método para cualquier operación.
- 2.- Descomponer este Método en sus movimientos elementales.
- 3.- Aplicar los tiempos predeterminados a cada elemento.

4.- Hacer la suma de los tiempos para llegar así a obtener el tiempo de la operación completa.

Todos estos pasos podían ser estudiados en el laboratorio, antes de que ningún operario fuese requerido para realizarlo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE REINGENIERÍA

II.1.- Definición.

REINGENIERÍA es un término que se usa cada vez más entre Empresarios, y tiene ya un lugar común en la Literatura Técnica de la Administración. *Pero, ¿ qué es ? y ¿ para qué sirve ?*

Se debe empezar por definir el concepto de *Reingeniería* que es: "*La revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento tales como: Costos, Calidad, Servicio y Rapidez*".

II.2.- ¿Qué es la Reingeniería?

El término *Reingeniería* fue creado por consultores de Empresas Estadounidenses, que tuvieron que conducir cambios muy profundos en Negocios que empezaban a presentar una crisis económica, ó bién; falta de competitividad ante la feroz acometida de los Japoneses y de las Empresas Europeas. Para lograr el cambio, los consultores tuvieron que hacer un replanteamiento general de todo el funcionamiento de dichas Empresas para poder modernizarlas, sin incrementar la Calidad del producto y de los Servicios ofrecidos. Por lo mismo, la *Reingeniería* es el rediseño de todos los procesos del Negocio; lo que implica reinventar la organización, sin detener la marcha de la Empresa. Se puede decir que es una metamorfosis organizacional.

Una transformación de esta naturaleza, ser insuperable para muchos que se resisten al cambio. Se tiene miedo al cambio y sobre todo al amenazante; es decir, a aquel que se considera peligroso, porque rompe un "*Status Quo*", con el que todos nos hemos acostumbrado a vivir.

Este miedo no es exclusivo del Directivo, ni del Propietario de los Negocios; también lo padece la fuerza de trabajo, y en ocasiones es la que más reciente los cambios, ya que puede sentir miedo a que las nuevas maneras de hacer los negocios y los procesos no funcionen, a perder su empleo, ó bién que no tengan la posibilidad de aprender las nuevas formas de trabajo.

El miedo al cambio opera a nivel subconsciente generando "estres", y éste genera conflictos entre los grupos informales de trabajadores a nivel de "politiquería". Lo primero que se tiene que entender, es que esta metamorfosis no es de mentiras ó utópica; es real y ante los hechos sólo queda hacerle frente; ó bién comenzar la retirada que permita asegurar parte del Patrimonio. Esto último no es el camino correcto a los que verdaderamente tienen tipo Empresarial, ya que los verdaderos emprendedores han hecho su negocio casi de la nada, ó por lo menos han salido de fuertes temporales y tienen suficiente ingenio para adaptarse a las nuevas circunstancias. Aunque el panorama se presenta muy difícil, los Empresarios tienen que cuestionarse y definirse sin dejar que las circunstancias los rebasen; el miedo y la mediocridad pueden mezclarse.

Lo que queda a los negocios que desean el cambio difícil y no la retirada, es evitar ser invadidos por la parálisis paradigmática; que no es otra cosa que aferrarse al pasado con falsos argumentos como: Negarse a aceptar que el Ordenador es útil en el control de operaciones de un pequeño negocio, creer que las técnicas de Calidad Total sólo operan en Japón, sostener que la Teoría Administrativa no aporta nada a la práctica de las pequeñas Empresas, que la mano de obra está muy viciada, que la capacitación no sirve ó que quita el tiempo, que el empleado capacitado por la Empresa lo primero que hace es irse a otro empleo, etcétera.

El cambio no llega sólo en el momento de actuar rápido. La Reingeniería ayuda a desarrollar habilidades para el cambio de procesos de trabajo y para vencer actitudes negativas y cuestionar paradigmas que han funcionado como únicos modos de hacer las cosas. Entre las Empresas que requieren de la Reingeniería, existen tres tipos:

Las primeras son Compañías que se encuentran en graves dificultades. Éstas no tienen más remedio. Si los costos están en un orden de magnitud superior al de los de sus competidores ó a lo que permite su Modelo Económico, si su Servicio a los Clientes es sumamente malo y éstos se quejan abiertamente, si el índice de fracasos con sus productos es dos, tres ó cinco veces superior al de la competencia; en otras palabras, si necesita mejoras inmensas; esa Compañía necesita Reingeniería.

En segundo lugar están las Compañías que todavía no se encuentran en dificultades, pero cuya Administración tiene la previsión de detectar que se avecinan problemas. Por el momento, los resultados financieros pueden parecer satisfactorios, pero hay nubes en el horizonte que amenazan con las bases del éxito de la Empresa: Nuevos competidores, requisitos ó características cambiantes de los clientes, un ambiente reglamentario ó económico distinto. Estas compañías tienen la visión de empezar a rediseñarse antes de caer en la adversidad.

El tercer tipo de Compañías que emprenden la Reingeniería lo constituyen las que están en óptimas condiciones. No tienen dificultades visibles ni ahora, ni en el horizonte, pero su Administración tiene aspiraciones y energía. Las Compañías de este tipo ven la Reingeniería como una oportunidad de ampliar su ventaja sobre los competidores. De esta manera, buscan levantar más aún la barrera competitiva y hacerles la vida más difícil a todos los demás. Indudablemente, rediseñar desde una posición de fortaleza es una cosa difícil de emprender.

Se pueden explicar las diferencias que hay entre estos tres tipos de Empresas de la siguiente manera: Las de la primera categoría están desesperadas; han chocado contra una muralla y están heridas en el suelo. Las de la segunda categoría siguen corriendo a alta velocidad pero la luz de los faros permite ver un obstáculo que se les viene encima. Las Compañías de la tercera categoría salieron a pasear una tarde clara y despejada sin ningún obstáculo a la vista. Qué buena oportunidad para detenerse a levantar una muralla para cerrarles el paso a los demás.

II.3.- *Qué no es la Reingeniería.*

Las personas que sólo conocen de oídas la Reingeniería y las que apenas se han enterado del concepto; suelen saltar irreflexiblemente a la conclusión de que es más ó menos lo mismo que otros Programas de mejoras de Negocios con los que ya están familiarizados. O bien piensan, que es lo mismo que reestructurar ó algún otro remedio comercial del mes. Nada de eso, la Reingeniería tiene poco ó nada en común con tales Programas y se diferencia en forma significativa aún de aquellos con los cuales tiene alguna premisa común.

En primer lugar, a pesar del papel destacado de la informática en la Reingeniería; ya debe estar bien claro que la Reingeniería no es "*Automatización*". Automatizar los procesos existentes con la Informática es como pavimentar los caminos de herradura. La Automatización simplemente ofrece maneras más eficientes de hacer lo que no se debe hacer.

Tampoco se debe confundir la Reingeniería con la llamada Reingeniería de Programas y Paquetería ("*Software*"); a menudo, no produce otra cosa que complejos Sistemas Computarizados que Automatizan procesos obsoletos. La Reingeniería no es reestructurar, ni reducir. Estos no son más que elegantes eufemismos por reducir la capacidad para hacer frente a la demanda actual disminuida. La Reingeniería es hacer más con menos.

Rediseñar una Organización tampoco es lo mismo que reorganizarla, reducir el número de niveles ó hacerla más plana; aunque la Reingeniería sí puede producir una organización más plana. Los principales problemas que enfrentan las Compañías no provienen de su estructura organizacional, sino de la estructura de sus procesos. Superimponer una nueva organización sobre un proceso viejo es vaciar vino avinagrado en botellas nuevas.

Las Compañías que seriamente se empeñan en acabar las burocracias, están tomando el rábano por las hojas. La Burocracia no es el problema. Por el contrario, la burocracia ha sido la solución durante los últimos doscientos años. La burocracia es el pegamento que sostiene unida a la Corporación. El problema subyacente para el cual ella ha sido y seguir siendo la solución, es el de procesos fragmentados. La manera de eliminar la burocracia y aplanar la organización, es rediseñar los procesos de manera que no estén fragmentados. Es entonces cuando la Compañía se las podrá arreglar sin Burocracia.

La Reingeniería tampoco es lo mismo que mejora de Calidad, ni gestión de Calidad Total, ni ninguna otra manifestación del movimiento contemporáneo de Calidad. Desde luego los problemas de Calidad y la Reingeniería comparten temas comunes. Ambos reconocen la importancia de los procesos, y ambos empiezan con las necesidades del Cliente, del proceso y trabajan de ahí hacia atrás. Sin embargo, los dos Programas también difieren fundamentalmente. Los Programas de Calidad trabajan dentro del marco de los procesos existentes de una Compañía y buscan mejorarlos por medio de lo que los Japoneses llaman "*Kaizen*", ó mejora incremental ó continua. El objetivo es hacer lo que ya se está haciendo, pero haciéndolo mejor. La mejora de Calidad busca el mejoramiento incremental del desempeño del proceso.

La Reingeniería como se ha visto, busca avances decisivos, no mejorando los procesos existentes, sino descartándolos por completo y cambiándolos por otros enteramente nuevos. La Reingeniería implica igualmente, un enfoque de Gestión del cambio diferente del que necesitan los Programas de Calidad. Finalmente, se debe volver a la definición original de la Reingeniería: "*Empezar de nuevo*".

La Reingeniería es volver a empezar, con una hoja de papel en blanco. Es rechazar las creencias populares y los supuestos recibidos. Es inventar nuevos enfoques de la estructura del proceso que tienen poca ó ninguna semejanza con los de épocas anteriores. Fundamentalmente, es hacer dar marcha atrás a la Revolución Industrial. La Reingeniería rechaza los puestos inherentes al Paradigma Industrial de Adam Smith: La división del trabajo, las economías de escala, el control jerárquico y todos los demás instrumentos de una economía en sus primeras etapas de desarrollo. La Reingeniería es buscar nuevos "*Modelos de Organización*". La tradición no cuenta para nada. La Reingeniería es un nuevo comienzo.

II.4.- Rediseñando Procesos.

Ya debe estar claro que un Proceso rediseñado es muy distinto de un Proceso tradicional. Pero, ¿cómo es exactamente un proceso rediseñado? No se puede dar una única respuesta a esta pregunta, porque los procesos rediseñados toman muy diferentes formas; sin embargo, sí se puede decir mucho acerca de las características que los tipifican.

Al observar y tomar parte en los proyectos de Reingeniería se aprecian semejanzas notables entre los diversos procesos, semejanzas que van más allá de los tipos de Industria y aún de la identidad de un proceso particular. Mucho de lo que se aplica a una Compañía de automóviles que ha rediseñado sus procesos se aplica igualmente a una Compañía de Seguros ó a un Minorista.

Que unos mismos temas aparezcan en diversas Compañías que han emprendido la Reingeniería no debe sorprender, puesto que la forma de esas Compañías, lo mismo que la forma de Organización Industrial tradicional, se deriva de unas pocas premisas fundamentales. El Modelo Industrial descansa en la premisa básica que los trabajadores tienen pocas destrezas y poco tiempo para capacitarse. Esta premisa inevitablemente exige que los oficios y las tareas que se les asignen sean muy sencillas.

Además, Adam Smith sostenía que la gente trabajaba más eficientemente cuando sólo tiene que realizar una tarea fácil. Sin embargo, las tareas sencillas exigen procesos complejos para integrarlas. Durante doscientos años, las Compañías han aceptado los inconvenientes, las ineficiencias y los costos que traen los procesos complejos, a fin de cosechar los beneficios de las tareas simples.

En la Reingeniería se para de cabeza el Modelo Industrial. Se dice que para hacer frente a las demandas contemporáneas de Calidad, Servicio, flexibilidad y bajo costo, los procesos deben ser sencillos. La necesidad de sencillez produce consecuencias enormes en cuanto a la manera de rediseñar los procesos y de darles forma a las organizaciones. Se anotan a continuación algunos temas recurrentes, que se encuentran con frecuencia en los procesos de negocios rediseñados.

II.4.1.- Varios Oficios se Combinan en Uno.

La característica más común y básica de los procesos rediseñados es que desaparece el trabajo en serie. Es decir, muchos oficios ó tareas que antes eran distintos se integran y comprimen en uno sólo. No siempre es posible comprimir todos los pasos de un proceso largo en un sólo oficio ejecutado por una sola persona. En algunas situaciones (por ejemplo, entrega del producto), los diversos pasos deben ejecutarse en localidades distintas. En tales casos, la Compañía necesita diversas personas cada una de las cuales maneja una parte del proceso. En otros casos, no puede resultar práctico enseñarle a una sola persona todas las destrezas que necesitaría para ejecutar la totalidad del proceso.

Para evitar los pases laterales, se ha organizado lo que se conoce como un "Equipo de Caso", que entre ellas reúnen todas las destrezas necesarias para atender una solicitud de instalación. Los miembros de este equipo "Ad Hoc", que antes trabajaban en distintos Departamentos y en diferentes localidades geográficas, fueron reunidos en una sola unidad y se les asignó la responsabilidad de la instalación total del equipo. Si bién los pases entre los mismos miembros del equipo pueden crear algunos errores y demoras, son insignificantes en comparación con los problemas que causaban los pases laterales a través de las líneas organizacionales.

Tal vez lo más importante es que hoy todos saben quien tiene la responsabilidad de que una solicitud se atienda rápidamente y con precisión. Los beneficios de los procesos integrados, de los trabajadores de caso y de los equipos de caso son enormes. Eliminar pases laterales significa acabar con los errores, las demoras y las repeticiones que ellos crean. Un proceso a base de trabajadores de caso funciona diez veces más rápidamente que el trabajo en serie al cual reemplaza. Los procesos integrados han reducido también costos de Administración indirecto. Como los empleados encargados del proceso asumen la responsabilidad de ver que los requisitos del cliente se satisfagan a tiempo y sin defectos, necesitan menos supervisión. En cambio, la Compañía estimula a estos empleados para que encuentren formas innovadoras y creativas de reducir continuamente el tiempo del ciclo y los costos, y producir al mismo tiempo un producto ó servicio libre de defectos.

II.4.2.- Los Trabajadores Toman Decisiones.

Las Compañías que emprenden la Reingeniería no sólo comprimen los procesos horizontalmente, confiando tareas múltiples y secuenciales a trabajadores de caso ó a equipos de caso, sino también verticalmente. Compresión vertical significa que en aquellos puntos de un proceso en que los trabajadores tenían que acudir antes al superior jerárquico, hoy pueden tomar sus propias decisiones.

En lugar de separar la toma de decisiones del trabajo real, la toma de decisiones se convierte en parte del trabajo. Los trabajadores mismos realizan hoy aquella parte del oficio que antes ejecutaban los Gerentes. Con el modelo de producir en serie, el supuesto tácito es que las personas que realmente ejecutan el trabajo no tienen ni tiempo, ni inclinación a hacer seguimiento ni control y que carecen de los conocimientos necesarios para tomar decisiones. La práctica Industrial de construir estructuras administrativas jerárquicas se desprende de este supuesto.

Contadores, auditores y supervisores comprueban, registran y controlan el trabajo. Los Gerentes supervisan a las abejas trabajadoras y atienden a las excepciones. Este supuesto y sus consecuencias tienen que ser descartados. Entre los beneficios de comprimir el trabajo tanto vertical como horizontalmente se cuentan: Menos demoras, costos indirectos más bajos, mejor reacción de la clientela y más facultades para los Trabajadores.

II.4.3.- Los Pasos del Proceso se Ejecutan en Orden Natural.

Los Procesos rediseñados están libres de secuencias rectilíneas; se pueden explotar la precedencia natural del trabajo, más bien que la artificial impuesta por la linealidad. Por ejemplo en un proceso convencional, la persona 1 tiene que completar la tarea 1 antes de pasar los resultados a la persona 2 que hace la tarea 2. Pero si, ¿la tarea 2 se pudiera realizar al mismo tiempo que la tarea 1? La secuencia lineal de tareas impone una precedencia artificial que demora el trabajo.

En los Procesos rediseñados, el trabajo es secuenciado en función de lo que es necesario hacerse antes ó después. Por ejemplo, en una Compañía manufacturera se requeriría cinco pasos desde el recibo de un pedido hasta la instalación del equipo solicitado. El primer paso era determinar los requisitos de el Cliente; el segundo traducirlos a códigos internos del producto; el tercero remitir la información codificada a distintas plantas y bodegas; el cuarto recibir y ensamblar los componentes; el quinto entregar e instalar el equipo. Una organización distinta ejecutaba cada paso.

II.4.4.- Los Procesos Tienen Múltiples Versiones.

La cuarta característica común de la Reingeniería de Procesos se denomina final de la estandarización. Los Procesos tradicionales tenían por objetivo suministrar producción masiva para un mercado masivo. Todos los insumos se manejaban de idéntica manera, de modo que las Compañías podían producir bienes ó servicios exactamente uniformes. En un mundo de mercados diversos y cambiantes esa lógica es obsoleta. Para hacer frente a las demandas del ambiente contemporáneo, se necesitan múltiples versiones de un mismo proceso, cada una sintonizada con los requisitos de diversos mercados, situaciones ó insumos. Es más: Estos nuevos procesos tienen que ofrecer las mismas economías de escala que se derivan de la producción masiva.

Los tradicionales Procesos únicos para todas las situaciones son generalmente muy complejos, pues tienen que incorporar procedimientos especiales y excepciones para tomar en cuenta una gran variedad de situaciones. En cambio un proceso de múltiples versiones es claro y sencillo porque cada versión sólo necesita aplicarse a los casos para los cuales es apropiada. No hay casos especiales ni excepciones.

II.4.5.- El Trabajo se Realiza en un Sitio Razonable.

Un tema recurrente en los Procesos rediseñados es el desplazamiento del trabajo a través de fronteras organizacionales. En las organizaciones tradicionales, el trabajo se organiza en torno a los especialistas y no solamente en los talleres. Los contadores saben llevar cuentas y los empleados de compras saben hacer pedidos de manera, que cuando el Departamento de Contabilidad necesita lápices, el Departamento de Compras, se los compra.

Este Departamento busca a los Vendedores, negocia precios, coloca los pedidos, inspecciona los artículos y paga las facturas, y finalmente el Departamento de Contabilidad recibe sus lápices; a menos que el Proveedor aprobado no los tenga y entonces el Departamento de Compras resuelva cambiarlos por bolígrafos.

En otras palabras, después de la Reingeniería, la correspondencia entre Procesos y Organizaciones puede parecer muy distinta de lo que era antes. El trabajo se desplaza a través de fronteras organizacionales para mejorar el desempeño global del proceso.

Gran parte del trabajo que se hace en las Compañías consiste en integrar partes del trabajo relacionadas entre sí y realizadas por unidades independientes. La reubicación del trabajo a través de fronteras organizacionales, como se ve en los casos anteriores, elimina la necesidad de dicha integración.

II.4.6.- Se Reducen las Verificaciones y los Controles.

La clase de trabajo que no agrega valor y que se minimiza en los Procesos rediseñados es el de verificación y control; ó para decirlo con más precisión, los procesos rediseñados hacen uso de controles solamente hasta donde se justifican económicamente.

Los procesos convencionales están repletos de pasos de verificación y control que no agregan valor, pero se incluyen para asegurar que nadie abuse del proceso. Por ejemplo, en un Sistema de Compras, el Departamento de Compras verifica que la persona que solicita un artículo, sea una persona autorizada para adquirir lo que está pidiendo, por la suma y cantidad especificada, y comprueba que el presupuesto de el Departamento alcance para pagar la cuenta. Todo esto encaminado a verificar que el personal de la Compañía no compre lo que no debe y deba comprar. Otra opción a lo anterior es evitar los manejos dudosos que en un Departamento se pueden dar como son: Comprar mucho (generalmente más de lo que se consume racionalmente), sólo por obtener una dádiva adicional de el Proveedor hacia el Comprador; comprar a un sólo proveedor (ya que este Monopolio sólo favorece al Comprador que en cada adquisición se lleva una dádiva); renegociar (generalmente sin autorización de la Compañía) los adeudos con el Proveedor con la finalidad de también obtener alguna “remuneración” adicional, etcétera. Todo lo anterior es real y presupone tener un buen Sistema de Control que sea confiable, y que difícilmente pueda ser cooptado por la mafia existente en el Departamento de Compras.

II.4.7.- La Conciliación se Minimiza.

Otra forma de trabajo que no agrega valor y que los Procesos rediseñados minimizan es la conciliación. Lo logran disminuyendo el número de puntos de contacto externo que tiene un proceso, y con ello reducen las probabilidades de que se reciba información incompatible que requiere conciliación.

Administrar inventarios es un delicado número de equilibrio. Si se tienen existencias muy pequeñas, los Clientes se disgustan y se pierden ventas; y si son muy grandes, los costos de financiamiento y almacenamiento son altos. Pero existe una razón de peso para este rubro y es la seguridad. En la medida que se tenga un control de ingresos y egresos de productos de el Almacén, se podrá establecer la verdadera venta y además se controlará el robo "*hormiga*" tan característico en almacenes importantes (en cuanto a cantidad de producto almacenado), lo que a la larga implica una fuga muy importante de recursos que desgraciadamente no se puede controlar tan fácilmente. Es por esta razón importante el tener una conciliación constante y segura (nuevamente evitar que se relacione con la mafia de el Almacén), que garantice que todo opera de forma normal.

II.4.8.- Un Gerente de Caso Ofrece un Sólo Punto de Contacto.

El empleo de una persona que se denomina "*Gerente de Caso*", es otra característica recurrente que se encuentra en los Procesos rediseñados. Este mecanismo resulta útil cuando los pasos del Proceso son tan complejos ó están dispersos que es imposible integrarlos en una sola persona ó incluso en un pequeño grupo.

Actuando como amortiguador entre el complejo problema y el Cliente, el Gerente de Caso se comporta hacia el Cliente como si fuera responsable de la ejecución de todo el Proceso, aún cuando en realidad no lo es. Para desempeñar este papel, es decir para poder contestar las preguntas de el Cliente y resolverle sus problemas este Gerente necesita acceso a todos los Sistemas de Información que utilizan las personas que realmente ejecutan el trabajo, y la capacidad de ponerse en contacto con ellas, hacerles preguntas y pedirles ayuda adicional cuando sea necesario.

Con frecuencia se les llama "*Facultados*" a estos Gerentes representantes de Servicio a Clientes (*RSC*); para distinguirlos de los tradicionales *RSC* que suelen ser personas de escasa información y menos autoridad y experiencia. Los *RSC Facultados*; idealmente, si pueden hacer que las cosas se hagan. Aunque aquí, es posible que se confunda el concepto de facultado con experto; se debe hacer la aseveración de que no son lo mismo y no representan ambigüedad en ningún caso, ya que son entidades independientes.

*II.4.9.- Prevalecen Operaciones Híbridas
Centralizadas/Descentralizadas.*

Las Compañías que han rediseñado sus procesos tienen la capacidad de combinar las ventajas de la Centralización, con las ventajas de la Descentralización en un mismo Proceso.

La informática les permite a las Empresas funcionar como si sus distintas unidades fueran completamente autónomas, y al mismo tiempo la organización disfruta de las economías de escala que crea la centralización. Por ejemplo, armar a los vendedores de computadoras portátiles conectadas por Módems inalámbricos con una Oficina Central ó con la sede Corporativa; les dá a estos Trabajadores acceso instantáneo a la información que se guarda ahí. Al mismo tiempo, controles incorporados a la Programación Electrónica que ellos utilizan para redactar contratos de Compra/Venta, evitan que los vendedores manejen precios fuera de lo autorizado por la Empresa, especifiquen el tiempo de entrega en condiciones que la Empresa no pueda cumplir ó cualquier otra condición (algún descuento adicional al originalmente pactado) que la Empresa no respete posteriormente. Con esta tecnología, las Compañías pueden rediseñar el proceso de ventas de modo que se elimine la maquinaria burocrática de las oficinas regionales, se aumente la autonomía y las facultades de los vendedores; y al mismo tiempo se refuerce el control que la Empresa tiene sobre precios y condiciones de venta.

II.5.- Impacto de la Reingeniería de Procesos.

Se ha insistido repetidas veces en que la Reingeniería implica el rediseño radical de los Procesos. Pero si bién se empieza por rediseñar los Procesos, no se termina ahí. Los cambios fundamentales en los Procesos producen consecuencias en muchos otros aspectos de una organización; en realidad en toda ella.

Cuando se rediseña un proceso, oficios que eran estrechos y orientados a una tarea pasan a ser multidimensionales. Individuos que antes hacían lo que se les ordenaba, toman ahora decisiones por sí mismos. El trabajo en serie desaparece. Los Departamentos Funcionales pierden su razón de ser. Los Gerentes dejan de actuar como supervisores y se comportan más bién como entrenadores. Los Trabajadores piensan más en las necesidades de sus Clientes y menos en las de sus Jefes. Actitudes y valores cambian en respuesta a nuevos incentivos. Casi todos los aspectos de la organización se transforman, a menudo tanto que no se reconocerían. Ahora se examinarán más detenidamente el tipo de cambio que ocurre cuando una Compañía rediseña sus Procesos, es decir, aplica Reingeniería.

II.5.1.- Cambian las Unidades de Trabajo: De Departamentos Funcionales a Equipos de Proceso.

Lo que hacen realmente las Compañías que rediseñan es volver a juntar el trabajo que Adam Smith y Henry Ford dividieron en diminutas fracciones hace tantos años. Una vez reestructurado, los equipos de proceso (grupos de personas que trabajan juntas para realizar un trabajo total), resultan ser la manera lógica de organizar al personal que realiza el trabajo. Los equipos de proceso no incluyen representantes de todos los Departamentos Funcionales interesados, sino que reemplazan la antigua estructura Departamental. Si bien hay diversas clases de equipo de Procesos, en este apartado hay que referirse a algo muy particular cuando se usa el término "*Equipo*".

Piénsese en el paso de un pedido a través de una Organización. Todos estos casos los manejan distintas personas, pero esas personas no están integradas organizacionalmente. Están dispersas por toda la Compañía en: Diferentes Departamentos, Grupos, Divisiones, etcétera. Este fraccionamiento crea muchos problemas, pero en particular, fomentan metas incongruentes entre las distintas personas que intervienen. A una, tal vez le preocupa la rotación de inventario, mientras que otra se concentra en el tiempo de entrega.

Un método alterno es tomar a las mismas personas que hoy manejan el pedido, ó el nuevo producto, ó la reclamación; pero en lugar de separarlas en Departamentos, reunir las en un equipo. No se modifica necesariamente lo que hacen, pero se disponen las cosas para que lo hagan conjuntamente y no por separado, y en distintos puntos de la Compañía. En cierto modo sólo se está volviendo a reunir a un grupo de Trabajadores que han sido separados artificialmente por la organización. Cuando se vuelven a juntar, se llaman "*Equipos de Proceso*". En otros términos, un Equipo de Proceso es una unidad que se reúne naturalmente para completar todo un trabajo y un Proceso.

II.5.2.- Los Oficios Cambian: De Tareas Simples a Trabajo Multidimensional.

Las personas que trabajan en Equipos de Proceso encontrarán su trabajo muy distinto de los oficios a los que estaban acostumbradas. El trabajo en serie, sea de Oficina ó de Taller, es muy especializado; es la repetición de la misma tarea. Puede exigir cierto entrenamiento en un oficio, como insertar un componente en un tablero de circuito impreso; hasta puede requerir un alto nivel de educación; un Grado Universitario en Ingeniería Mecánica por ejemplo, para diseñar obturadores para una cámara fotográfica. Pero cuando están realizando trabajo de tareas, ni el trabajador de líneas de montaje, ni el Ingeniero Mecánico necesitan (ni les importa) conocer todo el Proceso de fabricar toda la cámara.

Los Trabajadores de Equipos de Proceso que son responsables colectivamente de los resultados del proceso, más bien que individualmente responsables de una tarea, tienen un oficio distinto. Comparten con sus colegas de equipo la responsabilidad conjunta del rendimiento de el Proceso total, no sólo de una pequeña parte de él. No solamente ponen en juego día tras día una gama más amplia de destrezas sino que tienen que pensar en un cuadro mas amplio. Aunque no todos los miembros del equipo realizan exactamente el mismo trabajo, la línea divisoria entre ellos se desdibuja. Todos los miembros del equipo tienen por lo menos algún conocimiento básico de todos los pasos de el Proceso y probablemente realizan varios de ellos.

Cuando el trabajo se vuelve más multidimensional, también se torna más sustantivo. La Reingeniería no sólo elimina el desperdicio sino también el trabajo que no agrega valor. La mayor parte de la verificación, la espera, la conciliación, el control y el seguimiento (trabajo improductivo que existe por causa de las fronteras que hay dentro de una organización y para compensar la fragmentación de el Proceso); se eliminan con la Reingeniería, lo cual significa que la gente destinar más tiempo a hacer trabajo real.

II.5.3.- El Papel del Trabajador Cambia: De Controlado a Facultado.

Una Compañía tradicional orientada a las tareas contratan personal, y espera que éste siga las reglas. Las Compañías que se han rediseñado, no buscan empleados que sigan reglas; quieren gente que haga sus propias reglas. Cuando la Administración confía a los equipos la responsabilidad de completar un Proceso Total, necesariamente tiene que otorgarles también la autoridad para tomar las medidas conducentes. Los que trabajan en un Proceso rediseñado son necesariamente personas facultadas. A los Trabajadores de Equipos de Proceso se les permite y se les exige que piensen, se comuniquen y obren con su propio criterio y tomen decisiones.

Los equipos sean de una persona ó de varias, que realizan trabajo orientado a el Proceso, tienen que dirigirse así mismos. Dentro de los límites de sus obligaciones para con la organización, deciden cómo y cuándo se ha de hacer el trabajo. Si tienen que esperar la Dirección de un Supervisor y sus tareas, entonces no son Equipos de Proceso. Si los oficios en Procesos rediseñados no requieren que el trabajador siga reglas, sino que ejercite su propio criterio a fin de hacer lo que debe hacer; entonces los empleados necesitan suficiente educación para discernir qué es lo que deben hacer. Las Compañías tradicionales hacen hincapié en entrenar a los empleados. En las que se han rediseñado el énfasis se translada a educar. El entrenamiento aumenta las destrezas y la competencia, y les enseña a los empleados al "cómo" de un oficio; la educación aumenta su perspicacia y la comprensión les enseña el "por qué".

La Reingeniería entra a un cambio tan grande en la Cultura de una Organización como en su configuración estructural. Exige que los empleados crean profundamente que trabajan para sus Clientes, no para sus Jefes. Esto lo creerán sólo en el grado en que los refuercen las prácticas de recompensas de la Compañía.

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

III.1.- Introducción.

Con tantos factores involucrados en la Administración de la Calidad que cumpla con las demandas del mercado, es esencial que una Compañía y una Planta tengan un Sistema claro y bien estructurado que determine, documente, coordine y mantenga todas las actividades clave que son necesarias para asegurar las acciones de Calidad necesarias en todas las operaciones pertinentes de la Compañía y Planta.

Sin esta integración sistemática, muchas Compañías pueden perder en lo que puede considerarse la "*competencia interna de la Compañía*", entre, por una parte, su explosivamente creciente "*complejidad*" tecnológica, organizacional y mercantil, y por la otra, la habilidad de sus funciones de Administración e Ingeniería Industrial para planear y controlar efectiva y económicamente los aspectos de Calidad de el Producto y/o Servicio de esta complejidad.

La característica de los Sistemas Modernos de Calidad Total, es su efectividad para proporcionar un fundamento sólido para el control económico de esta complejidad, en beneficio tanto de una mejor satisfacción con la Calidad por parte de el Cliente como de reducir los Costos de Calidad.

III.2.- "Cuáles son los Requisitos para los Sistemas Actuales?"

En sus términos más simples, el concepto fundamental del pensamiento de la Calidad Moderna y de la Ingeniería Industrial se puede describir como sigue: La Calidad debe diseñarse y construirse dentro de un Producto; no puede ser puesta ahí por convencimiento ó inspección. Sin embargo, en término sistemático el dar un significado operacional a este concepto mediante la aplicación de las muchas técnicas nuevas y poderosas de Calidad y confiabilidad de formas realmente efectivas se ha convertido en un reto muy grande.

El reto sistemático que debe resolverse es muy grande, en parte, debido a que el logro de la Calidad y la Ingeniería Industrial (como un hilo que va desde la concepción de el Producto hasta el uso por el Cliente satisfecho) depende de las interacciones gente-máquina-información en todas las áreas funcionales de una Compañía. Es muy grande, en parte, a que la Calidad de el Producto (cuya exactitud en la definición son ladrillo y mortero del Sistema de Calidad), es un concepto muy exigente para la estructura de Productos y Servicios complejos, uno que está constantemente cambiando para la mayor parte de Servicios y/o Productos.

Es muy grande, en parte, debido a que los enfoques Administrativos necesarios para operar estos *Sistemas* no están siendo aún practicados en forma suficientemente amplia en la Industria y el Gobierno. Es muy grande en parte, debido a que mientras que es posible comunicar las ideas de prevención y sistemas coordinados de Calidad, sus aplicaciones encuentran prejuicios individuales y patrones organizacionales que frecuentemente han estado basados sobre vidas enteras de hábitos de Políticas y mentalidades de Departamento de Ingeniería, Manufactura y Control de Calidad. Con mucha frecuencia, se ha subestimado la magnitud del requisito de Sistema para implantar Principios y Técnicas atinados para la Calidad.

Ha habido cierta tendencia a desviar los problemas con los Sistemas de Calidad y de la Ingeniería Industrial hacia canales funcionales tradicionales demasiado estrechos para manejarlos en forma adecuada. Y en muchas Compañías, la introducción de las Técnicas para Calidad, en su mayor parte, no ha tenido Coordinación con el Sistema de Toma de Decisiones de la Administración, con el resultado de que, de repente, ambos han llegado a una situación inesperada de conflicto entre sí. En estas situaciones, el "*Catalizador*" ausente ha sido el Sistema de Calidad Total sustentado en la Ingeniería Industrial actual.

III.3.- Definición de el Sistema de Calidad Total, Fundamentado en la Ingeniería Industrial Moderna.

“Un Sistema de Calidad Total sustentado en la Ingeniería Industrial Moderna, es la estructura funcional de trabajo acordada en toda la Compañía y en toda la Planta; documentada con Procedimientos Integrados Técnicos y Administrativos efectivos, para guiar las acciones coordinadas de la fuerza laboral, las máquinas y la información de la Compañía y Planta de las mejores formas y más prácticas, para asegurar la satisfacción de el Cliente con la Calidad y costos económicos de Calidad”.

El enfoque de Sistema para la Calidad se inicia con el principio básico de el Control Total de la Calidad de que la satisfacción de el Cliente no puede lograrse mediante la concentración en una sola área de la Compañía y Planta (Diseño de Ingeniería Industrial, Análisis de Confiabilidad, Equipo de Inspección de Calidad, Análisis de Materiales para Rechazo, Educación para el Operario ó Estudios de Mantenimiento) por la importancia que cada fase tiene por derecho propio. Su logro depende, a su vez, tanto en qué tan bien y qué tan a fondo estas acciones de Calidad en las diferentes áreas del negocio trabajan individualmente, y sobre qué tan bien y qué tan a fondo trabajan juntas. La Creación y Control de la Calidad (auspiciada por la Ingeniería Industrial) apropiada de el Producto y/o Servicio para la Planta y Compañía requieren que muchas actividades en su ciclo de Producto y/o Servicio puedan ser integradas y medidas (desde identificación de mercado, creación y diseño de el Producto, hasta embarque y Servicio a el Producto) en una base organizada, técnicamente efectiva y económicamente sólida.

El Sistema de Calidad Total es el fundamento del Control Total de la Calidad, y provee siempre los canales apropiados a lo largo de los cuales el arroyo de las actividades esenciales relacionadas con la Calidad de el Producto debe fluir. Junto con otros sistemas, constituye la línea principal de flujo del Sistema Total de Negocio. Los requisitos de Calidad y los parámetros de la Calidad de el Producto cambian, pero el Sistema de Calidad permanece fundamentalmente igual.

III.4.- El Sistema de Calidad Total y la Tecnología de Ingeniería de el Control de Calidad.

La experiencia en Compañía tras Compañía demuestra que aunque el desarrollo de el Control de Calidad Moderno (sustentado en la Ingeniería Industrial) empezó con la introducción de actividades Técnicas de Calidad nuevas y muy significativas (que comprenden hoy la Tecnología Ingenieril de el Control de Calidad), no fue en verdad real y efectivo hasta que las Compañías establecieron Sistemas Operativos de Calidad claros, poderosos y estructurados^o empleando estos resultados técnicos para mejorar la satisfacción de el Cliente con la Calidad y disminuir los costos de la Calidad.

Esta experiencia demuestra que, para producir resultados más positivos a partir de estas actividades técnicas, su introducción debe ser acompañada por la creación de Sistemas de Toma de Decisiones y Operativos de Calidad Total, Administrativos e Ingenieriles, igualmente poderosos para poner a trabajar a las Técnicas en una base continua y lograr resultados financieros. Los estudios de confiabilidad para nuevos Productos y la nueva inspección de Productos encontrados defectuosos son dos ejemplos típicos de la necesidad de un *Sistema*.

Una gran Corporación mundial de Electrónica había establecido un Programa de confiabilidad y un componente Ingenieril especializado de confiabilidad para llevar a cabo estudios de confiabilidad y de facilidad de mantenimiento de nuevos Productos. Sin embargo, el trabajo se convirtió en un ejemplo para la Compañía por la ineficacia del empleo de Técnicas de Calidad cuando operan aisladas del cauce principal de la Toma de Decisiones Administrativas.

En el caso de un enser ó Producto doméstico electrónico nuevo, los resultados de un estudio de confiabilidad y de facilidad de mantenimiento presentaron a los Ingenieros de Diseño y a los especialistas en la Compañía la recomendación de retener el nuevo Producto, enfrentando a un plan preestablecido de entrega a el Cliente que había sido ya programado a través de la cadena de minoristas. Pero, en la ausencia de un Sistema de Calidad claramente definido, el programa de introducción de el Producto de la Compañía no había sido claramente considerado en lo referente a cómo manejar las recomendaciones del análisis de confiabilidad de este tipo, de tal forma que las recomendaciones se llevaron a un proceso inadecuado de Toma de Decisiones Técnicas y Administrativas.

Lo que surgió fue un debate entre los Ingenieros de Diseño y los especialistas de mercado sobre justamente qué tipos de tasas de error de qué tipo de Programas de Prueba constituían las bases para la discusión de interrumpir el programa y volver a diseñar los Productos y Procesos. La evidencia de la confiabilidad no estaba sencillamente lo suficientemente estructurada con respecto a la base de Toma de Decisiones de la Administración y así el programa de introducción del nuevo Producto siguió adelante como se tenía programado (a pesar de la recomendación negativa) aunque de manera mucho menos cómoda y con riesgos muy inciertos sobre la satisfacción con la Calidad de el Cliente y con consecuencias potencialmente peligrosas en demandas jurídicas sobre el Producto.

III.5.- El Enfoque de la Ingeniería de Sistemas y el Enfoque Administrativo de Sistemas.

En el Control de Calidad (puede ser la única actividad que faltó, la que crea el problema de Calidad). El Sistema de Calidad Total proporciona a la Compañía la atención sobre el Control Integrado y Continuo de todas las actividades clave. Esto se cumple si el problema es de confiabilidad, aspecto, servicio, ajuste, desempeño ó cualquier otro de los factores que los clientes añaden cuando deciden acerca de la Calidad de un Producto. Con el análisis de las causas básicas de los problemas de Calidad, se ha demostrado que usualmente estos problemas existen en muchas, no en pocas, áreas de el Producto.

Ya que la efectividad de cada actividad clave para la Calidad en una Planta ó Compañía puede; por tanto, aumentar (ó reducir) en forma considerable la efectividad Total de la Calidad, la clave del enfoque moderno de la Ingeniería Industrial de Sistemas en el Control de Calidad ya puede ser establecida: Un Sistema Moderno de Calidad Total, debe estar estructurado y ser mantenido de forma que todas las actividades clave (Equipo de Calidad, Fuerza Laboral, Flujo de Información, Estándares, Controles y Actividades Similares Principales), deben ser establecidas no sólo por su propia efectividad sino por su impacto concurrente en la efectividad de la Calidad Total.

Como un concepto Administrativo y de Ingeniería, este enfoque de interrelaciones es básicamente diferente de el Enfoque de Administración Científico que caracterizó a las Operaciones Industriales por más de la primera mitad de este siglo. El enfoque anterior era que sólo mediante lo que podría llamarse mejoras por medio de la División de Esfuerzos Especializada podían las grandes Empresas ser operadas y administradas con inteligencia.

Correspondientemente, empezaron las especializaciones individuales. En la historia temprana de la mayoría de las Compañías, no había en realidad lugar para el Ingeniero de Diseño de hoy.

Está claro; por supuesto, que la especialización individualizada no es una "bendición", a pesar de los sobresalientes avances que ha traído a la Industria. Llevada más allá de un cierto punto, la Teoría de División de Esfuerzos empieza a generar más problemas de los que soluciona, porque promueve la estrechez de perspectivas, duplicación de esfuerzos y vaguedad en la comunicación. Los términos especializados, los conceptos especializados, las formas especializadas de enfocar los problemas, menos y menos individuos de la Planta y una Compañía pensando realísticamente en los objetivos totales de el Cliente, más y más pensando en sus partes: Éstos son algunos de los problemas que las Plantas y Compañías Modernas han heredado de las anteriores Teorías de Especialización.

Estos problemas representan el caso muy viejo, expresado en su forma moderna, de los cuatro hombre ciegos que tocaban al elefante en cuatro áreas diferentes. El problema ha sido que el concepto de División de Esfuerzos puede poner la solución de los problemas de Calidad no en términos de la Planta y Compañía completas y sus actividades, sino en términos que algunas veces sólo refuerzan las especialidades individuales dentro de la Compañía.

La importancia de el Enfoque Moderno de Sistemas radica en que añade al viejo principio de mejoras por medio de División de Esfuerzos el concepto complementario de mejoras por medio de integración de esfuerzos. En realidad, la característica de los Sistemas Modernos es el concepto fundamental de estructuras integradas de personas, máquinas, información para controlar económica y efectivamente la complejidad técnica. Las bases son cooperación y coordinación.

III.6.- El Alcance en la Compañía del Sistema de Calidad Total y la Función de la Gerencia General.

Con los Sistemas de Calidad evolucionados al tanteo que eran característicos del pasado, la responsabilidad de la Administración en los Sistemas era igualmente al tanteo y con muy pocas probabilidades de ser ejercida con mucha frecuencia. Pero la experiencia indica que las estructuras modernas de los Sistemas de Calidad con base técnica son tan nuevas, tan amplias y tan intensas que se degradarán y se destruirán a menos que, desde sus inicios, se manejen en una base sistemática que es igualmente nueva, amplia y lo suficientemente intensa para asegurar que el Sistema producirá los resultados deseados en su operación. La responsabilidad básica para sobresalir en la creación, mejoras y operación de los Sistemas de Calidad debe ahora descansar en las manos de la Administración de la Compañía en sí, en vez de hacerlo sólo en las manos de sus miembros.

Debido a que el panorama de la integración del esfuerzo de Calidad se extiende desde la definición inicial de Calidad por el Cliente hasta el aseguramiento de la satisfacción real del consumidor con el producto, puede ser considerada como "*Horizontal*", en el sentido de gráfica de Organización. Esto está en agudo contraste a la asignación de responsabilidades en los componentes tradicionales de el Control de Calidad, que pueden ser considerados organizacionalmente "*Verticales*", es decir, dentro de un segmento de trabajo funcional sólo en el proceso de definición de el Cliente a satisfacción de el Cliente, usualmente en inspección y pruebas. En estos escenarios funcionales verticales tradicionales, los muchos elementos importantes e interrelaciones del trabajo y Decisiones de Calidad que existen a través de todas las diferentes funciones de la Compañía fueron sólo vagamente (si es que lo fueron) identificados.

Las muy importantes interrelaciones entre estas funciones es probable que fueran igualmente vagas cuando se trataba de resolver problemas multifuncionales de Calidad, que generalmente representaban la demanda principal de Calidad en el Producto.

El Enfoque Organizacional para implantar el Sistema de Calidad Total (sustentado en la Ingeniería Industrial Moderna) en una Planta ó Compañía implica dos pasos paralelos. El primer paso es el claro establecimiento en todas las funciones pertinentes de la Compañía de las principales acciones de Calidad y Toma de Decisiones (así como las interrelaciones), dentro de la Planta y Compañía y externamente con las relaciones con Minoristas (detallistas) y Clientes, y Gobierno y Cuerpos Públicos. El segundo paso es la adición de un panorama principal de trabajo horizontal (de Políticas y Desarrollo y Control de Sistemas) a la función de Calidad de la Compañía (y por supuesto, la actualización correspondiente de sus capacidades de acuerdo con las necesidades).

Desde el punto de vista de la Gerencia General, el Sistema de Calidad debe ser enfocado como un recurso principal de la Compañía de tanta importancia total como los programas de inversión de capital en equipo, Programas de Desarrollo de el Producto ó Programas de nueva Tecnología en el Proceso (y, en realidad, reconocido como una condición esencial para la utilización efectiva de estos otros programas). Requiere de un liderazgo fundamental de la Administración de la Compañía y Planta, cuya entrega hacia la Calidad debe ser totalmente comunicada y entendida por todos los miembros de la Organización.

En principio, los Gerentes Generales deben llegar a ser los Arquitectos ó diseñadores en jefe de los Sistemas de Calidad, igual que como tienen la responsabilidad de estructurar Sistemas de Control de Costos, Control de la Producción ó cualquier otro de los Sistemas que hacen juntos en Sistema Total del Negocio de la Compañía. Como en todos estos Sistemas, el Gerente General delegará, por supuesto, responsabilidades operativas reales, apoyándose sobre la función Moderna de Calidad y para ver, con la cooperación de estas funciones a través de toda la Compañía, que el Sistema funcione.

III.7.- Actividades de la Ingeniería de Sistemas y de la Administración de Sistemas para el Control de Calidad.

Para el logro de un Sistema de Control Total, se han adaptado y aplicado los campos principales de la Ingeniería de Sistemas y la Administración de Sistemas a las necesidades particulares de el Control de Calidad Moderno. Es ahora un punto central para una Ingeniería de Calidad y para una Administración de Calidad efectivas dirigidas hacia el desarrollo y liderazgo continuo de un Sistema de Calidad fuerte e integrado (en vez de fragmentado) que opera con eficiencia, economía y soporte entusiasta a través de toda la Compañía y la Organización en toda la Planta. Está guiado por la economía del Sistema y otras medidas sistemáticas que son las bases para las evaluaciones continuas e importantes de Calidad, Costo de Calidad y actividades de Calidad. Aplicadas al Control Total de la Calidad, estas actividades de los Sistemas se pueden definir como sigue:

1.- La Ingeniería de Sistemas es el proceso Tecnológico de crear y estructurar Sistemas de Calidad personas-máquina-información efectivos.- Esto también incluye el proceso de establecer la auditoría para asegurar el mantenimiento del Sistema, así como para el trabajo continuo para mejorar el Sistema de Calidad, cuando sea necesario, comparando los requisitos del Sistema de Calidad con la Tecnología más Moderna de Calidad.

2.- La Administración de Sistemas es el proceso administrativo de asegurar la operación efectiva del Sistema de Calidad.- También incluye Administrar el Sistema de forma que sus disciplinas sean, de hecho, seguidas y realcen al Sistema, cuando sea necesario, añadiéndose cuidadosamente a sus mejoras como han sido proyectadas. La Administración de Sistemas llegará a ser probablemente una guía administrativa fundamental para los Administradores de Calidad en sus actividades para guiar las actividades integradas de Calidad en toda la Organización.

3.- La economía del Sistema, incluyendo especialmente el costo de Calidad, es el proceso de Medición y Control para llevar a la asignación de recursos más efectiva del contenido de personas-máquina-información del Sistema de Calidad.- El objetivo es lograr los Costos de Calidad más bajos, congruentes con la satisfacción Total con la Calidad por parte de el Cliente, incluyendo lineamientos, de forma que otras inversiones ó gastos planeado para el Sistema de Calidad estén basados en mejoras económicas netas a ser obtenidas en todo el Sistema, en vez de serlo en una parte restringida de ese Sistema.

4.- Las mediciones de Sistemas, particularmente con respecto a las Auditorías por los Clientes, son los procesos de evaluación de la efectividad con la cual los Sistemas de Calidad logran sus objetivos y cumplen sus metas.- Las mediciones de Sistemas probablemente proporcionarán los puntos de referencia para el personal de Control de Calidad así como para la Administración funcional y general.

III.8.- Características del Sistema de Calidad Total.

Hay cuatro características de el Sistema de Calidad Total Técnica que son de particular importancia:

Primera, y la más importante, representa un punto de vista para la consideración sobre la forma en que la Calidad trabaja en realidad en una Compañía Comercial Moderna ó en una Entidad de Gobierno, y cómo pueden tomarse las mejores decisiones. Este punto de vista es sobre las actividades principales de Calidad como procesos continuos de trabajo. Comienzan con los requisitos del cliente y terminan con éxitos sólo cuando el cliente está satisfecho con la forma en que el Producto ó Servicio de la Empresa satisface estos requisitos.

Estos son Procesos en los que es importante para la Calidad saber qué tan bien trabaja individualmente cada persona, cada máquina y cada componente de la Organización como qué tan bien trabajan todos juntos. En estos procesos en un Negocio manufacturero; por ejemplo, la mejor decisión sobre el Control de Calidad no es simplemente aquella histórica que se basa en la conformación de el Producto con ciertas especificaciones de Ingeniería (con todo lo importante que esto es en sí mismo). Es, totalmente, también la decisión que está basada en la Calidad satisfactoria del producto con respecto a las expectativas totales de el Cliente.

La segunda característica para el Sistema de Calidad Técnico es que representa la base para la documentación profunda y totalmente pensada, no simplemente de un grueso libro de detalles, sino la identificación de las actividades clave y duraderas y de las relaciones integradas personas-máquina-información que hacen viable y comunicable una actividad particular en toda la firma.

Es la forma específica en la que el Administrador, el Ingeniero y el Analista pueden visualizar el quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo de su trabajo y Toma de Decisiones en la forma en que afectan el panorama Total de la Calidad de la Planta ó la Compañía.

Cada persona puede visualizar sus propias asignaciones de trabajo y sus responsabilidades de Toma de Decisiones en una actividad de Calidad, el Trabajo de Decisiones de Calidad a las que tiene una relación, el trabajo y decisiones de Calidad relevantes tomadas por otros, las interfases de las máquinas y las salidas y entradas de información. El Enfoque de Sistemas; por tanto, representa la forma en que la Calidad (siempre sustentada por la Ingeniería Industrial Moderna) se convierte en una realidad para la fuerza laboral de la Planta ó Compañía como parte viviente de su vida de trabajo.

Tercera, el Sistema de Calidad es el fundamento para hacer que el alcance más amplio de las actividades de Calidad de la Compañía sea realístamente manejable, porque permite a la Administración y Empleados de la Fábrica y Compañía el poner sus brazos alrededor de sus actividades de Calidad, requisitos de el Cliente-Satisfacción de el Cliente. Además, los Sistemas de Calidad ofrecen opciones, en ciertas situaciones de Calidad, que constituyen una base administrativa diseñada para ser altamente flexible al enfrentar lo inesperado para ser beneficiaria de la participación total de los recursos humanos de la Compañía, de ser mensurable y de responder a la realimentación de los resultados reales en toda la actividad.

Con demasiada frecuencia, en el pasado, estas actividades de Calidad *Cliente a Cliente* no se han podido administrar porque han sido fragmentadas y, por tanto, no son controlables efectivamente. Los individuos muy abajo en la gráfica de la Organización han, en realidad, tenido muchas veces más impacto sobre estas actividades que lo que ha tenido la misma Gerencia.

La cuarta característica de un Sistema de Calidad Total consiste en que es la base para la Ingeniería Industrial dé mejoras de tipo de magnitud sistemática en todas las principales actividades de Calidad de la Compañía. Ya que un cambio en una porción clave del trabajo de Calidad en cualquier parte de las actividades *Cliente a Cliente* de la Compañía tendrá un efecto (ya sea bueno ó malo) tanto sobre todas las demás porciones del trabajo como sobre la efectividad total de la actividad, el Sistema de Calidad Total proporciona el marco y disciplina de forma que estos cambios individuales puedan prácticamente tener un proyecto de Ingeniería por su grado de mejora de la actividad de Calidad Total misma.

III.9.- El Significado del Sistema de Calidad Total. Basado en la Ingeniería Industrial Moderna.

El Sistema Moderno de Calidad Total es, por tanto, muy diferente en significado, objetivos, implantación, operación real, resultados logrados y mantenimiento continuo de lo que, en el pasado, pudiera haber sido llamado el "*Sistema de Calidad*" de algunas Plantas y Compañías. Este Sistema sería una declaración un tanto general de las buenas intenciones de interés en la Calidad, una documentación estrechamente orientada a la Inspección y las Instrucciones de Pruebas, un Manual de Establecimiento de Procedimientos hecho como una respuesta muestral hacia las demandas de el Cliente sobre de que había un Programa de Calidad en la Planta ó en la Compañía, un esfuerzo valiente de un componente de el Control de Calidad de alcanzar unilateralmente a otras funciones de la Planta ó Compañía, ó un documento para cubrir un perfil de un Sistema de Calidad proporcionado por otro requisito de Sistema de una fuente externa. Con demasiada frecuencia estos documentos no eran implantados en las acciones reales de Calidad dentro de la Planta ó Compañía, eran muy superficiales en las acciones que recomendaban ó estaban únicamente concentrados en una sola área restringida de las operaciones de Calidad.

Hoy, la dureza ó suavidad de un Sistema de Calidad de una Compañía ó Planta puede ser la prueba clara de éxito ó fracaso con respecto a si la organización logra sus metas de una Calidad muy mejorada de el Producto con costos de Calidad muy reducidos. La experiencia industrial en todo el mundo ha demostrado claramente que un Producto manufacturado ó un servicio ofrecido que es de baja Calidad y confiabilidad, es casi siempre un Producto ó Servicio que ha sido controlado por un Sistema de Calidad igual de malo.

Al considerar los ofrecimientos de una firma, los compradores de hoy, particularmente los de Empresas Industriales y cuerpos Gubernamentales, examinan cuidadosamente la Calidad de los Productos en sí y la totalidad, profundidad y efectividad de el Sistema de Aseguramiento detrás de la Calidad y valor de los productos. Los consumidores (particularmente a través de grupos y asociaciones y cada vez más como personas), se han estado moviendo en la misma dirección.

III.10.- *¿Por qué es Necesario un Sistema de Calidad Total? Un Ejemplo Real.*

Como un ejemplo real de la necesidad de Sistemas de Calidad Total estructurados y efectivos, es útil considerar el Sistema surgido de un modo informal de una gran Corporación Industrial que produce una gama muy amplia de productos electrónicos, electromecánicos, mecánicos de propulsión y orientados a procesos.

Los mercados para esta Corporación incluyen Compañías Industriales, Entidades Gubernamentales y Clientes Individuales. La Corporación se enfrentó a demandas de Calidad en todo el mundo que aumentaban más cada mes, incluyendo los problemas potenciales de Demandas Legales sobre el Producto y de retiro. Las preocupaciones particularmente profundas eran que la Compañía no sentía que *"tenía firmemente asida a la Calidad"* y que no tenía *"manijas"* Administrativas efectivas para obtener una acción directa y positiva en sus resultados sobre Calidad. Había una gran decepción en esta Compañía bien manejada por el contraste entre la situación referente a la Calidad y lo que se llevaba a cabo en áreas como flujo de producción y control de presupuestos de costos, donde Sistemas Administrativos fuertemente basados proporcionaban los resultados esperados para las acciones iniciadas por la Gerencia en períodos razonables.

La Compañía había crecido mucho tanto en ventas como en el número de Productos y de Servicios. Sin embargo, los Programas de Calidad, aunque también se ampliaban y con la adición de muchas técnicas nuevas, estaban aún mucho muy estructurados sobre las bases que habían tenido en otras épocas, más fáciles, para la Calidad de el Producto. Por ejemplo; el concepto de Control de Calidad en la Compañía era tradicional, con características como éstas:

1.- Un programa basado sólo en la Ingeniería de Diseño y sólo en la Fábrica con paredes organizacionales entre ambas y un Programa hecho para tratar de asegurar la conformidad con las especificaciones de Ingeniería, que ni eran lo suficientemente claras ni lo bastante dirigidas hacia el cliente.

2.- Un programa sin una base presupuestaria suficiente que le permitiera un esfuerzo preventivo con el que pudiese obtener Ingeniería Industrial de Calidad y Confiabilidad durante la etapa de Planeación de Ingeniería y manufactura donde puede hacer el mayor bien.

La Corporación creía que tenía un Sistema de Calidad porque había preparado un grueso manual de Control de Calidad que incluía algunas de las instrucciones que existían hace mucho sobre el Control de Calidad y algunas nuevas. Pero, el manual quedó en estantes de libreros primeramente y tuvo un efecto limitado sobre las operaciones de Calidad reales cotidianas de Planta y Compañía.

Se asignó un Director Central de Calidad a las órdenes directas de la alta Gerencia con la tarea de "*Asegurar la Calidad*". Sin embargo, sus funciones fueron establecidas en términos generales únicamente y aunque su obligación de rendir cuentas era grande, su autoridad real era vaga en lo referente a las actividades de Calidad detalladas reales.

Las realidades de Control en la Corporación eran que las responsabilidades de Calidad estaban fragmentadas en toda la Organización completa: La Ingeniería de Diseño trataba de hacer lo que podía en los estudios de confiabilidad antes de la producción en unos cuantos productos. El Departamento de Compras negociaba la importancia de la Calidad con algunos Proveedores, pero no hacía mediciones sistemáticas del desempeño de la Calidad del material recibido para negociar con estos Proveedores. El Departamento de Producción, con un gran número de empleados nuevos y alta rotación, estaba haciendo esfuerzos para imprimir en estos empleados la importancia de la Calidad del trabajo, pero no tenía una Programación sistemática de Control de Procesos para hacerlo efectivo.

El Departamento de Inspección tenía una gran barrera en la puerta para recibo de materiales y un Programa de revisión de conformidad al final de la Línea de Producción, pero la salida de productos insatisfactorios al campo iba en aumento.

Un miembro de el Control de Calidad hacía la planeación de la Calidad para tantos Productos como le fuere posible, pero era incapaz de proporcionar una cobertura satisfactoria. No había un centro común ó coordinación de este trabajo de Calidad (y su costo colectivo era muy alto), a pesar de su acción de prevención muy limitada. Los problemas de Calidad y quejas importantes de los Clientes descendían periódicamente en forma directa sobre la Gerencia General, la que siempre se encontraba decepcionada tanto por las rápidas mejoras en la Calidad como por cualquier confianza real que pudieran traer las mejoras después de que se hubieran logrado.

Estas actividades fragmentadas de la Calidad en la Corporación Internacional generaban muchos problemas de Calidad que con frecuencia surgían sólo por la apatía de las acciones de Calidad de la Corporación. Por esta razón, la Corporación determinó que era necesario establecer un Sistema de Calidad Total. Cuando se puso el Sistema en Operación, paso por paso, sus diferencias y beneficios principales se esclarecieron, comparado con el Sistema tradicional evolucionado de modo informal. Algunos ejemplos de las aportaciones del Sistema de Calidad:

1.- En Política.- Los objetivos de Calidad de la Compañía fueron definidos en forma clara y precisa.

2.- En la Introducción de Nuevos Productos.- Las actividades relacionadas con la Calidad fueron organizadas y estructuradas para asegurar la habilidad de la Calidad y la producción de el Producto, para asegurar una satisfacción inicial a el Cliente, para minimizar problemas de servicio al Producto y para reducir los riesgos de demandas legales por el Producto.

3.- En Producción.- La Corporación había reaccionado tradicionalmente a las dificultades importantes en la Calidad con lo que normalmente se llama "*Quemarropa*" (esfuerzos por reducir ó minimizar los problemas inmediatamente). Existieron procedimientos que pedían el desarrollo de corrección permanente de estos efectos; pero, desafortunadamente, estos procedimientos tenían baches que hacían de la acción correctiva un paso temporal. Estos baches permitían la rápida evasión de la responsabilidad de llevar a cabo esta acción correctiva esencial, en una base permanente por medio de decisiones tomadas en niveles muy bajos de administración.

Como resultado, la Compañía desperdiciaba recursos regularmente volviendo a pelear contra los mismos "*fuegos*" de Calidad ú otros relativos y con frecuencia los Clientes obtenían Productos peores de lo que deberían (a un costo más alto de Calidad). El Sistema de Calidad Total proporcionó las actividades de control para llenar estos baches y para requerir y medir los logros de acciones correctivas permanentes.

4.- En el Área de Piezas de Repuesto (Refacciones).- Ocasionalmente, Productos de una Calidad menor a la especificada para el equipo original habían ido a los canales de piezas de repuesto de la corporación. En el Sistema de Control Total, se expusieron con toda claridad prácticas con las que esto estuviera apropiadamente controlado.

5.- En Mercadotecnia y Publicidad.- Anteriormente no había insistencia sobre un repaso sistemático de la publicidad para eliminar reclamos por la Calidad. El Enfoque Sistemático de la Calidad llenó este bache potencialmente muy dañino, que podría cambiar completamente la imagen de la garantía de la Compañía. Además, en el enfoque tradicional, casi nadie en la Compañía había proporcionado en forma específica a mercadotecnia y publicidad la realimentación necesaria para que éstas pudieran capitalizar éxitos y adelantos en el campo relacionado con la Calidad. El Enfoque de Sistemas lo exigía.

Este ejemplo, junto con muchos otros en toda la gama completa de operaciones para esta Compañía, son clásicos de las muy importantes mejoras conseguidas por la creación de un Sistema de Calidad Total dinámico y documentado. Las mejoras en Calidad y confiabilidad de el Sistema de Calidad Total generaron para la Compañía importantes reducciones en desperdicio (58%) y retrabajo (61%), costos de inspección y pruebas (37%) y quejas de los Clientes (51%). Los costos totales de Calidad, que habían sido el 9% de las ventas antes de la introducción de el Sistema de Calidad Total, se redujeron a 6% cuando la operación de el Sistema empezó a ser efectiva. Cuando el Sistema de Calidad fue totalmente operacional, los costos de Calidad para la corporación cayeron hasta un 4% de las ventas.

Se logran mejoras impresionantes similares con programas fuertes de Control de Calidad en Compañías y Plantas de una amplia serie de Industrias en todo el mundo. El establecimiento de las actividades necesarias de Programas estrictos de Control de Calidad es básico para el establecimiento de estos programas dinámicos y fuertes de Control de Calidad.

CAPÍTULO IV

SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

IV.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 computadores integrados a máquinas que realizan tareas como lo hace un ser humano, fue planteado por diversos autores.

Los Autómatas Programables, son computadores 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 Autómata Programable, 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. 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 MicroOrdenador) en lugar del Ordenador que se utiliza como la unidad de control del Automata Programable (AP). 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 del 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 jerárquicas en la fábrica, conectadas en su parte final a los Automatas Programables, y/o controladores de Automatas Programables en la célula, y conectadas 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 computadores 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 ensamblaje, 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 una computadora además de, ó como un sustituto de un Autómata Programable.

Las diferencias entre los computadores digitales y los Autómatas Programables, son principalmente, diferencia en aplicación, más que diferencia en tecnología y arquitectura básica. El Autómata Programable (AP) puede, de hecho, considerarse como una forma especializada de computador digital con características dedicadas para el control de Entrada/Salida de elementos industriales. Las tecnologías de los dos tipos de control son bastante similares.

IV.2.- Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos.

La Inteligencia Artificial es la solución de problemas complejos con el apoyo del computador digital, mediante la aplicación de procesos que son análogos al proceso de razonamiento humano.

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 computadoras 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 las computadoras 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 computadores 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 Inteligencia Artificial (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"*. ¡ 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 computadores eran en realidad, máquinas que tenían que ser literalmente renovadas en su totalidad, para resolver problemas diferentes. El almacenamiento de programas permitía a la computadora cambiarse rápida y fácilmente con sólo ejecutar un nuevo programa. Esta capacidad implica que una computadora 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*".

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 (*SE*), 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 una computadora. 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 del Lenguaje Natural (conocido como PLN), es uno de los fines principales que la Inteligencia Artificial (IA) debe alcanzar porque permite a la computadora la entrada del lenguaje humano de forma directa. El único obstáculo para lograr este objetivo es el tamaño y la complejidad de los lenguajes humanos. Además tenemos el problema de que la computadora 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 la computadora dónde termina un objeto y empieza otro, ó si un objeto está sobre otro?*

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

Aplicado a los Automatas Programables (AP), la Inteligencia Artificial (IA) ayuda a que una computadora controle el movimiento usando un razonamiento especial. Para los Automatas Programables Industriales (API), 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, en base a la observación y a la autoevaluación. El aprendizaje mecánico significa simplemente hacer que la computadora 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, etc. 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 una computadora 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 IA, y éstos son:

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 (*IA*) 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 sintáxis, bastante simple. En esencia, hacia 1980, el *LISP* era el lenguaje de la Inteligencia Artificial (*IA*) 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 las 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*. Por ejemplo, *PROLOG* contiene la posibilidad de una base de datos incorporada y rutinas de retroseguimiento, 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 (*IA*) en Estados Unidos de América.

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

IV.3.- *¿ Pueden las Computadoras Pensar ?*

Antes de que pueda explorar el ámbito de la Inteligencia Artificial (IA) a través de su programación, debe entender lo que significa para una computadora el hecho de pensar. El concepto de una computadora pensante implica que una computadora 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 las computadoras 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 una computadora pensáse).

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. Las computadoras 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.

Ciertamente, algunos tipos de información, tales como las imágenes visuales, son mucho más difícil de comprender para una computadora 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 una computadora 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? (¿qué 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, etc.) 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 computadoras son inteligentes. Recuerde que precisamente la mayor parte de los programas de computadoras 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 (IA), 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. 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 computadora 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. Sin embargo, *¿ puede una computadora "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"*. Una computadora no puede tener libre voluntad porque no tiene mente, sólo circuitos. Por tanto, es imposible que una computadora 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. Imagine que una computadora 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, la computadora cierra el paso de ladrillos. *¿Decidió la computadora parar el proceso de carga?* ¡ Sí ! La computadora controlaba de forma clara la situación y *"decidió"* parar cuando el peso alcanzó un nivel específico. Si la computadora no hizo la elección, entonces *¿quién la hizo?* Los defensores de este argumento afirman que la capacidad de la computadora para llevar a cabo una labor condicionada demuestra su habilidad para tomar decisiones.

¿ Es una computadora 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 una computadora puede ó no pensar, y si un programa puede ser inteligente. Pero ciertos casos muestran claramente que alguien puede hacer que una computadora 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 puedan pensar ó que un programa de computadora 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.

IV.4.- La Vida y el Pensamiento, Formas Particulares de Existencia de la Materia.

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.*

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 u 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 bién 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. 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 reuna 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 auto reproducción 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.

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 adquiéscente 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 del 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 del 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 del 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 del hombre moderno. Más bién 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 del 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, etc.

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. 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 del 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 del 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 exámen, etc.

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 del hombre pueden también quedar son aplicaciones prácticas en un porvenir. En cambio, el estudio objetivo, serio, de la actividad nerviosa superior del 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 del hombre, comenzando por la fe 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 del 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 del 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 del 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.

Sino 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.

IV.5.- Los Modelos de los Procesos Vitales y la Fisiología del Cerebro.

Gran número de especialistas de las más diversas disciplinas, se ocupan de las apasionantes preguntas que plantean los Sistemas Expertos (*SE*) y la Inteligencia Artificial (*IA*) 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 (*SE*) y la Inteligencia Artificial (*IA*); 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 (*SE*) y la Inteligencia Artificial (*IA*) 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.

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 fé 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 escoje 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 al 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 si*" pasara de una a la otra, se tendría el punto de partida 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. 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 fisico-matemáticas, etc. 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 "*fuera 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 ?* 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, etc. 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, etc. 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 al 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.

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.

IV.6.- ¿Es Posible Crear Artificialmente la Vida?

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.

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 del 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.

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 "*accesorias*".

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 si, 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 "antifluctuación" 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 "antifluctuación" 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 "antifluctuación" 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 "antifluctuación". 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 nacen 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, etc. 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.

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 termoestables, 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. 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 anhidro. 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, verosímelmente 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" dió 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 Sistemas Expertos (SE), se enumeran a continuación:

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.

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 del 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.

CAPÍTULO V

CONTROL AUTOMÁTICO Y SU APLICACIÓN A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL.

V.1.- Introducción.

Se entiende por Controlador Lógico Programable (*PLC*) ó Autómata Programable; a 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 dá 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 de 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, etc.
- 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.

V.2.- Estructura Externa.

La estructura externa ó configuración externa de un Automata 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.

- 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 cable y 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.

V.3.- Estructura ó Arquitectura Interna.

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

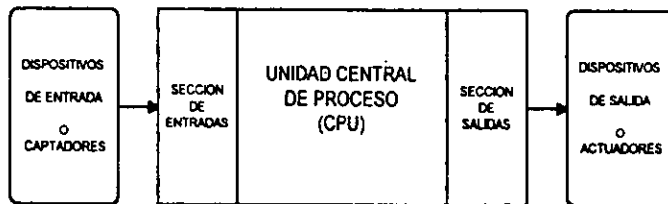


Fig. V.1.- Autómata Programable Básico (PLC).

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. V.2, se han incluido de manera explícita todos estos elementos.

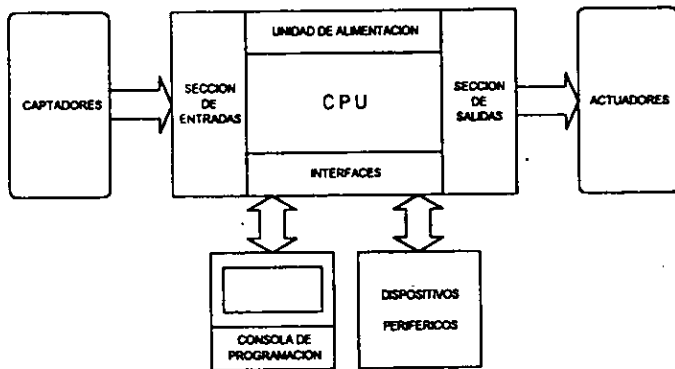


Fig. V.2.- Autómata Programable (PLC), con sus Periféricos y Unidad de Alimentación.

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.

cc

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.

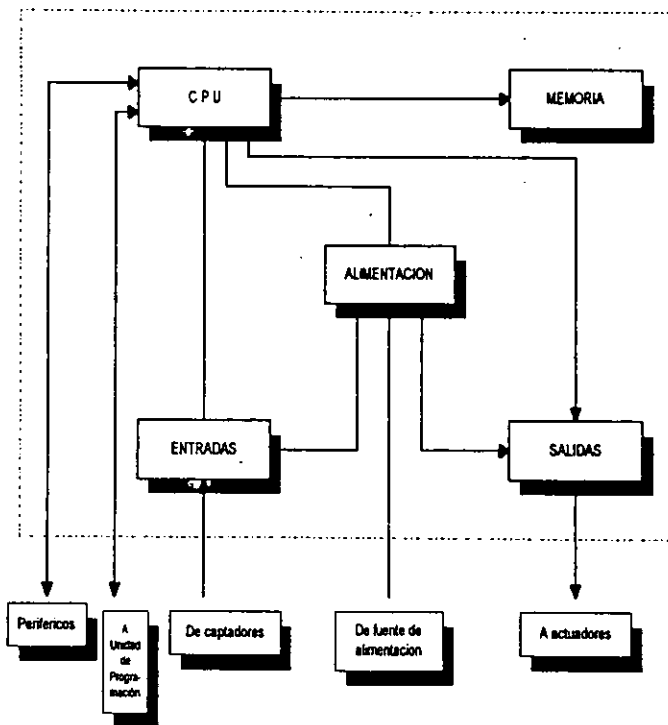


Fig. V.3.- Esquema de Bloques Simplificado de Interconexión de un Controlador Lógico Programable (PLC).

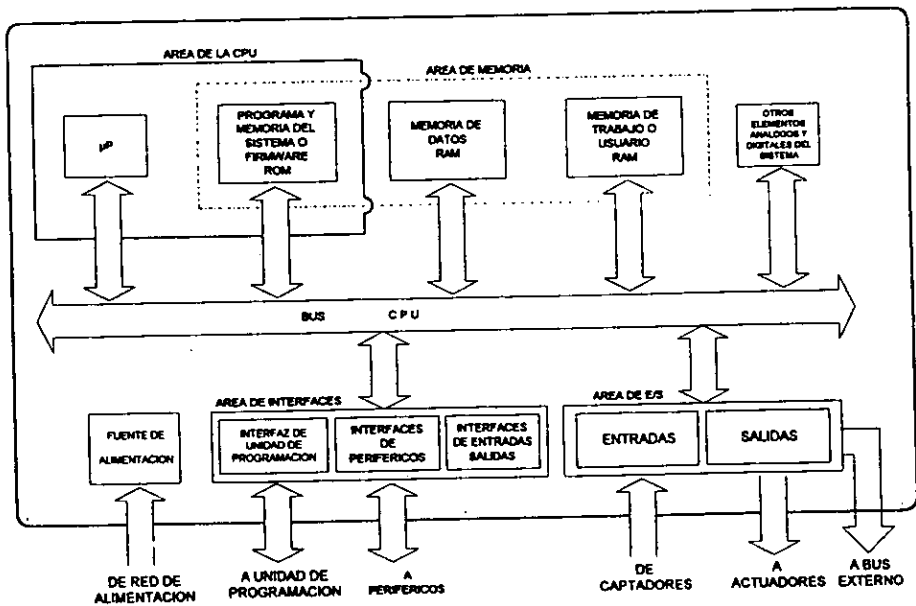


Fig. V.4.- Arquitectura de un Controlador Lógico Programable (PLC).

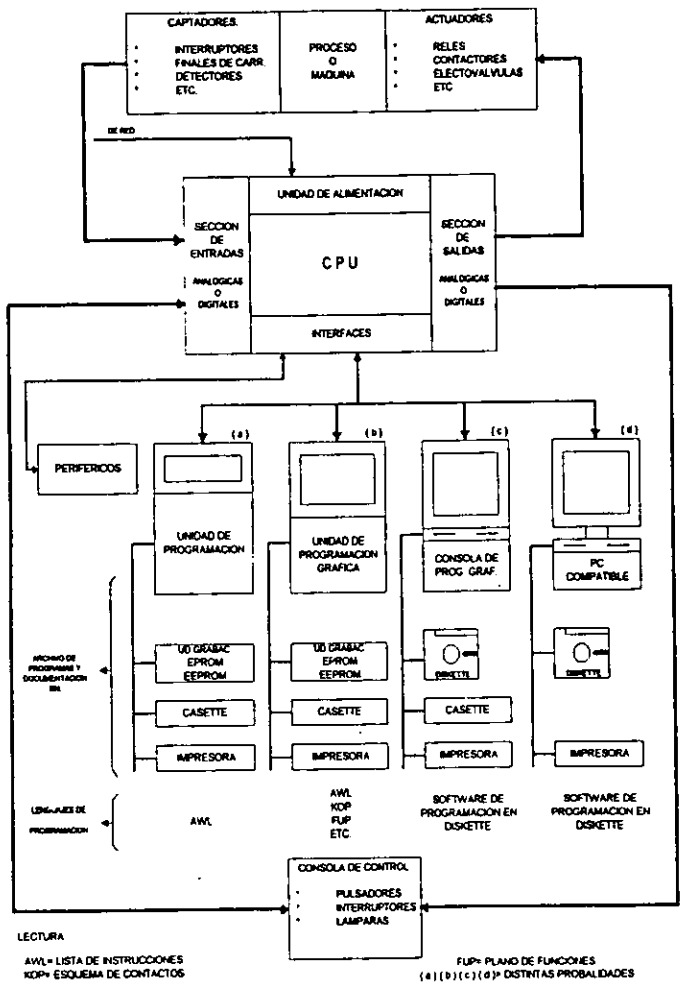


Fig. V.5.- Estructura Completa de un Controlador Lógico Programable (PLC) y su Entorno.

V.4.- Robótica.

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 del robot, se realiza de varias formas. Los robots se utilizan para ejecutar trabajos en la industria, de diversa índole y aplicación.

La anatomía del 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. 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 del 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 del 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.

V.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 del 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 del 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 del 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. Al robot se le enseña cada punto, y estos puntos se registran en la unidad de control del 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 del 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 al 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 una computadora digital (se suele utilizar un Microprocesador como unidad central de proceso para la computadora) como unidad de control del 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 interactuar con su entorno de una manera que parece inteligente. Invariablemente, el controlador consiste en una computadora 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 computadora.

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 computadora. 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.

V.4.2.- Control Coordinado de Fuerza y Posición.

Una característica del robot que está relacionada con esta exposición, es el control coordinado de fuerza y posición. Dicho control del manipulador del 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 del 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 del 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.

CONCLUSIONES

A manera de conclusiones para el presente trabajo se puede establecer lo siguiente:

Considerando a la Reingeniería, se puede decir que, al someter un Proceso a rediseño; se nota que los cambios que se producen son espectaculares; por lo que se puede decir que, la Reingeniería es un enfoque de Procesos que proporciona una nueva opción para lograr la productividad que los actuales tiempos demandan.

Desafortunadamente, en la época actual, se vive en México una profunda crisis económica de muy difícil solución a corto plazo. Las Empresas Mexicanas se encuentran en una franca desventaja con respecto a las Transnacionales; por lo que éstas, (las nacionales) tienen verdadera voluntad de realizar cambios fundamentales en sus operaciones. Se encuentran dispuestas a los cambios radicales, están convencidas de que las condiciones cambiantes del comercio mundial, requieren dejar atrás antiguos procesos que fueron buenos en su tiempo; pero que en este momento, no proporcionan una vía rápida de solución. La Reingeniería da la solución. Se nota que en realidad no es muy difícil de entender; lo verdaderamente difícil es tratar de cambiar la mentalidad de quienes siguen atados al pasado. Se piensa que en un futuro no muy lejano existirán dos tipos de Empresas: Las que aplicaron la Reingeniería y las que fracasaron.

También hay que considerar lo siguiente, y que se denomina: "*Factor Humano*". El cual no puede ser secundario a ningún otro factor de la Empresa. El éxito de una Compañía dependerá del desempeño de sus trabajadores, no importa el tamaño de esa fuerza laboral. Si bien no es muy común encontrar una Organización que emplee algunas personas que aporten menos de lo que reciben; cualquier Empresa para sobrevivir sólo tolerará un mínimo porcentaje de estas personas, ya que en todos los casos un trabajador de bajo rendimiento puede afectar en alguna medida el desempeño de todo el grupo. La Reingeniería debe entrar a funcionar si el Negocio se basa en el nivel de desempeño. El Proceso de Reingeniería puede incluso depender más del desempeño de cada quien, si se diseña para lograr un Proceso de negocios más eficiente que el anterior.

Los supuestos acerca de la Administración de personal abundan más que los temas organizacionales, ya que ellos reciben mayor incidencia de aspectos emotivos. La Administración presume que cualquier posición es importante y que entre las responsabilidades más relevantes de un Gerente está el reto de obtener el máximo de cada persona. Sin embargo, los Gerentes presumen que es imposible alcanzar consistentemente el 100 % de rendimiento en los Trabajadores; ya sea en forma individual ó colectiva. Con frecuencia, el personal considera hipócrita y falaz este planteamiento, en especial cuando la Gerencia afirma que sus Empleados son el Activo más importante de la Compañía; pero los trata luego como si no tuvieran ningún valor. Muchos Gerentes intentan impresionar a sus superiores con actitudes recias, en particular, cuando manifiestan el deseo de despedir a los trabajadores por cualquier razón que parezca benéfica para la Empresa.

Un amplio espectro de temas sobre el personal puede surgir a partir del proyecto de Reingeniería: Necesidad de vincular personal, entrenarlo, reubicarlo laboralmente, transferirlo, reestructurar partes de la organización, retirarlas ó asesorarlas. Por lo común, las únicas funciones regulares de el Departamento de Recursos Humanos que no se esperarán, son las acciones disciplinarias; a menos que el proyecto esté pésimamente proyectado. La importancia de los recursos humanos para el éxito del proyecto de Reingeniería hace que esta área deba recibir atención desde el inicio mismo del Proyecto.

La participación de el Departamento de Personal, puede ayudar a identificar problemas mientras se cuenta con tiempo para solucionarlos sin retrasar el proyecto; además aporta información relacionada con la Planta de Personal y ayuda a rediseñar los Procesos de Negocios; obviamente, resulta muy deseable que los nuevos procesos sean compatibles con las Políticas Corporativas de Personal. Sorprende que, con frecuencia, los planes que cuentan con la ayuda del "staff" de Administración de Personal se ajusten con facilidad a la Política Corporativa, mientras que aquellos que la excluyen casi nunca lo logran. Si dentro de el Departamento de Recursos Humanos la Compañía cuenta con expertos en desarrollo de la Organización, éstos podrán ser útiles en el Diseño de el Proceso de Negocios y en la dirección de los aspectos de la implantación.

Los temas que el Proyecto de Reingeniería enfrentará pueden no salir a la superficie hasta cuando se haya esquematizado un nuevo diseño de el Proceso de Negocios; en este momento, se hará evidente la necesidad de trasladar las destrezas del Personal actual a los nuevos requerimientos del trabajo.

Este aspecto es el elemento inicial de una formidable lista de muchos otros. Finalmente, los Automatismos son dispositivos que permiten a las Sistemas ó a las Instalaciones Industriales funcionar automáticamente. Un Automatismo bien concebido:

1.- Simplifica considerablemente el trabajo del hombre a quien libera de la necesidad de estar permanentemente situado frente a la máquina, pudiendo dedicarse a otras actividades más nobles.

2.- Elimina las tareas complejas, peligrosas, pesadas ó indeseables, haciéndolas ejecutar por la máquina.

3.- Facilita los cambios en los Procesos de Fabricación, permitiendo pasar de una cantidad ó de un tipo de producción a otro.

4.- Mejora la Calidad de los Productos al supervisar la propia máquina los criterios de fabricación, y las tolerancias que serán respetadas a lo largo del tiempo.

5.- Incrementa la Producción y la Productividad.

6.- Permite economizar material y energía.

7.- Aumenta la seguridad del Personal.

8.- Controla y protege las instalaciones y las máquinas.

BIBLIOGRAFIA

"STRATEGIC TECHNOLOGY MANAGEMENT. SYSTEMS FOR PRODUCTS AND PROCESSES"

David I. Cleland. Edit. Amacom. 1° Edit.

"PROCESS INNOVATION : REENGINEERING THROUGH INFORMATION TECHNOLOGY"

Thomas Davenport. Edit. Harvard Bussines School.

"REENGINEERING THE CORPORATION"

Michael Hammer. Edit. Harper Bussines. 1° Ed.

"REINGENIERÍA"

Daniel Morris. Edit. Mc Graw-Hill. 1° Edic.

"AUTÓMATAS PROGRAMABLES"

Alejandro Porrás Criado. Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

*"PRINCIPIOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS
EXPERTOS"*

David W. Rolston. Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

"UTILIZACIÓN DE C EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL"

Schildt. Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

"AUTÓMATAS PROGRAMABLES"

André Simon. Edit. Paraninfo. 1º Edic.

ÍNDICE

JUSTIFICACIÓN	1
ANTECEDENTES AL TRABAJO	3
PLAN PROPUESTO	5
OBJETIVOS	8
Objetivo General	8
Objetivos Particulares	9
<u>CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN</u>	10

<u>CAPÍTULO II.- FUNDAMENTOS DE REINGENIERÍA</u>	26
II.1.- Definición	26
II.2.- ¿Qué es la Reingeniería?	27
II.3.- Qué no es la Reingeniería	30
II.4.- Rediseñando Procesos	33
II.4.1.- Varios Oficios se Combinan en Uno	34
II.4.2.- Los Trabajadores Toman Decisiones	35
II.4.3.- Los Pasos del Proceso se Ejecutan en Orden Natural	36
II.4.4.- Los Procesos Tienen Múltiples Versiones	37
II.4.5.- El Trabajo se Realiza en un Sitio Razonable	38
II.4.6.- Se Reducen las Verificaciones y los Controles	39
II.4.7.- La Conciliación se Minimiza	40
II.4.8.- Un Gerente de Caso Ofrece un Sólo Punto de Contacto	41
II.4.9.- Prevalcen Operaciones Híbridas Centralizadas/Descentralizadas	42

II.5.- Impacto de la Reingeniería de Proceso	43
II.5.1.- Cambian las Unidades de Trabajo: De Departamentos Funcionales a Equipos de Proceso	44
II.5.2.- Los Oficios Cambian: De Tareas Simples a Trabajo Multidimensional	45
II.5.3.- El Papel del Trabajador Cambia: De Controlado a Facultado	47

<u>CAPÍTULO III.- FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA</u>	
<u>INDUSTRIAL</u>	48
III.1.- Introducción	48
III.2.- ¿Cuáles son los Requisitos para los Sistemas Actuales	49
III.3.- Definición de el Sistema de Calidad Total, Fundamentado en la Ingeniería Industrial Moderna	51
III.4.- El Sistema de Calidad Total y la Tecnología de Ingeniería de el Control de Calidad	53
III.5.- El Enfoque de la Ingeniería de Sistemas y el Enfoque Administrativo de Sistemas	55
III.6.- El Alcance en la Compañía de el Sistema de Calidad Total y la Función de la Gerencia General	57
III.7.- Actividades de la Ingeniería de Sistemas y de la Administración de Sistemas para el Control de Calidad	59
III.8.- Características de el Sistema de Calidad Total	61
III.9.- El Significado de el Sistema de Calidad Total. Basado en la Ingeniería Industrial Moderna	64
III.10.- ¿Por qué es Necesario un Sistema de Calidad Total. Un Ejemplo Real	66

<u>CAPÍTULO IV.- SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA</u>	
<u>ARTIFICIAL</u>	71
IV.1.- Introducción	71
IV.2.- Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos	74
IV.3.- ¿Pueden las Computadoras Pensar?	81
IV.4.- La Vida y el Pensamiento, Formas Particulares de Existencia de la Materia	87
IV.5.- Los Modelos de los Procesos Vitales y la Fisiología del Cerebro	100
IV.6.- ¿Es Posible Crear Artificialmente la Vida?	110

<u>CAPÍTULO V.- AUTÓMATAS PROGRAMABLES</u>	125
V.1.- Introducción	125
V.2.- Estructura Externa	130
V.3.- Estructura ó Arquitectura Interna	132
V.4.- Robótica	139
V.4.1.- Cuatro Tipos de Controles de Robot	142
V.4.2.- Control Coordinado de Fuerza y Posición	146
 <u>CONCLUSIONES</u>	 147
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	151
<u>ÍNDICE</u>	153