

23
Lejem



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

***MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA
Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA
SU IMPLANTACIÓN EN LA MEDIANA INDUSTRIA***

TESIS
que para obtener el título de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
(Área Industrial)

presenta

ALFREDO ARENAS GONZÁLEZ

Director de tesis

Ing. Yukihiro Minami Koyama

Marzo de 1995

FALLA DE ORIGEN



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi familia en general

A mi madre en particular

A Ana, porque con ella formaré un hogar

Con agradecimiento para

José Enrique Garza González
Maximino Reséndiz y
Leonides Solares Gerardo

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. CONSIDERACIONES SOCIOECONÓMICAS	3
<i>I.1 Panorama histórico mundial</i>	3
<i>I.2 Panorama histórico nacional</i>	5
<i>I.3 Relaciones laborales. Panorama mundial</i>	14
<i>I.4 Selección de personal y motivación para la CIM</i>	17
CAPÍTULO II. CONDICIONES ACTUALES EN UNA EMPRESA	23
CAPÍTULO III. PANORAMA DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE Y DE LA MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA	28
<i>III.1 Sistemas de manufactura flexible (FMS)</i>	28
<i>III.2 Manufactura integrada por computadora (CIM)</i>	31
<i>III.3 El control de calidad en la CIM</i>	35
CAPÍTULO IV. ESTUDIO SOBRE LA POSIBILIDAD DE LA CIM EN LA EMPRESA	45
<i>IV.1 Infraestructura de hardware y software</i>	45
<i>IV.2 Requerimientos de software</i>	47
<i>IV.3 Equipo especial. Robots</i>	50
<i>IV.4 Implantación en la empresa</i>	52
<i>IV.5 El personal en la empresa</i>	55
CAPÍTULO V. COMENTARIOS FINALES	57
<i>V.1 Prospectiva de la CIM</i>	57
<i>V.2 Conclusiones</i>	58
BIBLIOGRAFÍA	61

INTRODUCCIÓN

El concepto de Manufactura Integrada por Computadora (CIM, por sus siglas en inglés), ofrece una alternativa de crecimiento y mejoramiento en la producción, pero a su vez plantea grandes retos desde el punto de vista de las relaciones humanas y condiciones socioeconómicas, debido a que no existen muchas opciones de trabajo, en caso de que se diera desplazamiento de mano de obra, para emplearse en el mercado laboral, sobre todo si se parte del hecho que, con la CIM, se disminuye en gran medida la mano de obra, pues la tendencia es llegar a fábricas que se les conoce con el nombre de *unmaned*¹ o de *unattended*², ya que precisamente es muy poca la mano de obra que pueden necesitar, existiendo inclusive turnos en los que no existe un sólo operario.

Esto es lo que ha originado la evolución en todo aquello relacionado a la elaboración de bienes de capital o de consumo inmediato. En este sentido, todas aquellas empresas que contemplen dentro de sus planes de crecimiento la CIM, dado que no se pueden dar el lujo de estar al margen del desarrollo tecnológico (la alternativa sería quedar marginados del mercado), deberán tener muy presente las alteraciones de carácter social que puedan generar con su implantación. Se plantea así una disyuntiva: por un lado hacer frente a los retos emanados del Tratado de Libre Comercio, que implican una apertura comercial y como consecuencia el mejoramiento de los productos hasta ahora elaborados y, por otro lado, no agravar más la crisis socioeconómica por la que atraviesa el país al *desechar* mano de obra, por la adquisición de sistemas y maquinaria afín a los mismos que los puedan desplazar.

La CIM trae consigo interesantes planteamientos, que pueden ser técnicos, y que van desde la misma implantación, hasta sociales, como las actitudes de la

¹Sin hombres.

²Sin atención.

gente que lo va a poner en marcha, pasando por los problemas inherentes a la naturaleza humana ante las perspectivas de cambio.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de factibilidad, para la implantación de la CIM (o parte de ella), en una industria mediana, hacer una semblanza de cómo están trabajando hasta ahora y cuáles serían los beneficios derivados de dicha implantación, tomando en cuenta no solamente los problemas de tipo técnico a que pudiera dar lugar, sino tratando de hacer también un estudio de las condiciones socioeconómicas imperantes en el país, y de las personas que en su mayoría componen a dicha capa de la industria, la clase media baja.

Asimismo, se toman en cuenta las relaciones interpersonales no sólo dentro de la empresa, sino fuera de ella, pues se considera que una relación sana dentro del seno familiar tiene una incidencia inmediata en el ambiente laboral, con lo que el proceso selectivo para una empresa CIM debe iniciar desde ahí y no terminar únicamente con la satisfacción completa del cliente, sino de la comunidad en general, porque ¿de qué nos serviría tener una empresa perfecta si no contribuye al bien general? Sería como estar produciendo estupefacientes, que generan grandes utilidades, pero que también ocasionan graves daños a la salud en general.

CAPÍTULO I. CONSIDERACIONES SOCIOECONÓMICAS

I.1 Panorama histórico mundial

En términos generales, todas las áreas del quehacer humano, como la agricultura, la caza, la pesca, la recolección, etc., han ido evolucionando y tienden hacia un incremento en el nivel de vida del hombre en cualquiera de sus manifestaciones. Esta evolución se ha dado también en el área de la ingeniería y se ha visto de manera manifiesta en la transformación y utilización óptima de los recursos naturales.

Es cierto que se ha mejorado en cuanto al nivel de vida desde el punto de vista de los satisfactores; ahora las expectativas de vida se han visto considerablemente incrementadas con el transcurrir del tiempo, la mortandad infantil ha ido disminuyendo, y bien podríamos ir citando una serie de logros que ha alcanzado la humanidad a lo largo de su historia.

En lo que se refiere al proceso histórico laboral del hombre, sus relaciones de trabajo también han tenido notables cambios. Desde que se congregó para poder defenderse de los peligros externos, y de manera conjunta obtener una mayor cantidad de alimentos, se empezó a dar una relación laboral, que para su estudio (y el estudio de la historia en general) se ha dividido en etapas: primitivismo, esclavismo, modo de producción feudal, capitalismo y comunismo (existe otro apartado denominado modo de producción asiático).

En la etapa que nos corresponde vivir, el capitalismo, se han verificado una gran cantidad de cambios, pero a diferencia de lo que sucedió en otras etapas, a ésta se le considera más impersonalizada en cuanto a los satisfactores producidos, es decir, cuando en el primitivismo el hombre tuvo que cazar para cubrir sus necesidades de alimentación, era más satisfactorio el producto de su trabajo, dado

que le era más tangible en qué parte de él había colaborado, es decir, tenía conocimiento de todo el proceso, de igual manera sucedía en la edad media, pues el modo de producción era artesanal y prácticamente era una sola persona la que elaboraba todo el producto.

Al llegar la máquina de vapor y otras formas de incremento de la fuerza de trabajo, éste último se fue diversificando; empezaron a surgir las especialidades y también se dio la división del trabajo, como una forma de incrementar la productividad, con lo cual la participación del trabajador en la elaboración del producto fue disminuyendo; si a esto agregamos que, debido a la misma división del trabajo, y a la evolución de la tecnología que ha incrementado la fuerza de trabajo, se ha dado una labor que es demasiado repetitiva, lo cual ha repercutido en una alienación del obrero, dado que muchas veces el trabajador, valga la expresión, únicamente es un apéndice de la máquina.

Esto ha sido duramente criticado por los simpatizantes del socialismo, pero independientemente de cuestiones ideológicas, habría que considerar otras de carácter psicológico. Por un lado ya se vio que se pierde participación del trabajador en la totalidad de la elaboración del producto, lo que puede originar cierta falta de satisfacción, pues es algo que no ha sido elaborado por él; asimismo, el hecho de hacer algo repetitivo durante un gran lapso de tiempo, puede llevar a alteraciones de tipo psicológico.

Se ha encontrado en estudios, que muchas neurosis son debido a ello, y bien, si el estudio está hecho y ha arrojado resultados nada halagadores, sería conveniente tomarlos en cuenta cuando se hace el balanceo de líneas, para hacer una rotación del personal en el trabajo, y no sea la única actividad que se desarrolle, y por otro lado esto genera una diversificación de actividades, por lo que podríamos tener excelentes trabajadores, pero si además se pueden evitar problemas extralaborales, sería una satisfacción aparte.

Una vez que la persona diversifica su trabajo, además de incrementar su potencial para desarrollar posteriores actividades, en pro de él mismo y de la empresa, se da una participación más global dentro de la elaboración del producto, en un nivel de mejoría tanto de manera individual, dado que tiene un mejor conocimiento en la elaboración del producto, como de manera global dentro de la empresa, pues se tienen personas más comprometidas.

Aunquc uno de los objetivos principales de dicha transformación es la creación de satisfactores a las demandas de la sociedad, en una gran cantidad de casos

se ha dado el efecto contrario, ya sea que se actúe con dolo, o bien que no se hayan previsto las posibles consecuencias de una innovación o puesta en marcha de algún proyecto. Para ejemplificar este caso, podemos mencionar los elevados índices de contaminación producto de la industrialización.

Con el paso de los siglos la población mundial ha ido en aumento, y los encargados de satisfacer las demandas de dicha población han tenido que incrementar su capacidad de producción, dando como resultado un avance en el campo tecnológico, para desplazar a la fuerza humana, por mecanismos más poderosos y sofisticados, que en principio pudieron haber sido rudimentarios, pero en la actualidad son procesos completamente automáticos.

Una vez que el hombre ha sido capaz de modificar la naturaleza para beneficio propio, también ha tenido que tomar conciencia de los cambios que ejerce sobre la misma. Si bien es cierto que puede modificar el curso de un río para poder construir una presa y así generar energía eléctrica, además de crear un sistema de riego en beneficio de sus actividades agrícolas, también es cierto que por una tala inmoderada de los bosques, ocasiona alteraciones en el medio ambiente que lleguen a ser irreversibles, lo cual a la larga tenderá a causar efectos perjudiciales, no sólo en el hombre mismo, sino también en los animales con los que cohabita, llegando incluso a su posible extinción, afectando de esta manera el equilibrio ecológico.

En la actualidad se ha dado un auge en las computadoras, y éstas han evolucionado de manera sorprendente; inclusive se le ha denominado a esta época la Segunda Revolución Industrial. A partir de la Segunda Guerra Mundial, el uso de la computadora se incrementó en la logística de la industria armamentista, debido a las altas cantidades de productos que se necesitaban para poder afrontar el conflicto. Es a partir de entonces que la computadora entra a formar parte del proceso productivo, haciendo que los profesionales involucrados tengan que hacer uso de ella para hacerse más competitivos y no quedarse al margen.

1.2 Panorama histórico nacional

Hay que recordar que cuando se descubre lo que ahora se conoce como Continente Americano, se estaba gestando en Europa un movimiento religioso que habría de tener ulteriores consecuencias; esto se debe a la Reforma que se estaba dando en Alemania con **Lutero** y su variación en Inglaterra con la Iglesia Anglicana, que repercute en los colonizadores que vinieron por parte de los países protestantes y los radicales, porque mientras los ingleses venían huyendo de la ortodoxia, los

españoles venían a implantarla por medio de la espada, lo que repercutió en la forma de ver el trabajo, y en las condiciones sociales que habrían de fundamentarlo.

Mucho se ha especulado de qué es lo que habría sucedido si en lugar de llegar los españoles, hubieran llegado los ingleses a territorio Mexica; pero lo que sí es un hecho es que los ingleses venían en un plan de trabajo, mientras que los españoles venían en un plan más de aventura; otro hecho notable es que los ingleses venían con su familia, lo que originó que no se diera el mestizaje que sucedió con los españoles, los cuales sí tenían necesidad de compañía conyugal. Se cree que con los ingleses se hubiera dado una diezmación de los indígenas, pero que actualmente seguiríamos conservando algunas tradiciones aztecas o comiendo pavo en Navidad, pero en los altares aztecas. En fin algo especulativo pero digno de comentarse.

Debido a la explosión demográfica y a los grandes asentamientos humanos en torno a las ciudades, se han dado dos formas de cultura: una rural y otra urbana; en lo que se refiere al caso de México, esto se ha visto más acentuado por la falta de apoyo al sector rural, lo cual ha dado como resultado una alta migración a las ciudades en búsqueda de mejores condiciones de vida. Es a partir del gobierno del general **Porfirio Díaz** donde se da un gran impulso a la industria ferroviaria con el fin de hacer de México un país industrial, a semejanza de las potencias europeas de la época.

Posteriormente viene un gran apoyo por parte del presidente **Miguel Alemán**, llegando a darse en México lo que ahora se conoce como el *milagro mexicano*, haciendo la analogía a lo que sucedió con el recobre de la economía japonesa de la posguerra.

Por otro lado, existe una fuerte crisis económica que, junto con la caída de los precios del petróleo (principal producto de exportación de México) en el mercado internacional, han agudizado aún más dicha crisis, la cual se ve reflejada en un alto índice de inflación, desempleo, deterioro del poder adquisitivo, etc., afectando a los sectores con menores ingresos económicos. Y para que las familias más afectadas puedan afrontar la crisis, se han tenido que incorporar miembros de ella (clase media, que es la mayor parte de la población en México) que estaban estudiando, hacia el campo laboral, o trabajando dos turnos cuando existe la oportunidad, inclusive con la prospectiva de caer en un sector que va en aumento y que plantea grandes problemas a nivel nacional: la economía subterránea, actividad que va en detrimento de las empresas establecidas, dado que no compite en igualdad de circunstancias, pues si bien es cierto que el precio de sus productos es más

barato, estos no cuentan con garantía alguna lo que se ve reflejado en su calidad; por otro lado hacen uso de mano de obra sin brindarles los beneficios de seguridad social e industrial, amén de que no pagan sus respectivos impuestos.

Esto ha originado una excesiva oferta de mano de obra no calificada, que se ha convertido en nuestra mayor ventaja a la vez que nuestra mayor vergüenza: ventaja porque ofrece a los países de la cuenca del Pacífico la oportunidad de establecer maquiladoras en el norte del país, para que sus productos puedan entrar a un precio más competitivo al mayor mercado de todo el mundo, los Estados Unidos; y vergüenza porque se ve reflejado en el nivel de vida de este sector de la población.

Debido a razones que pueden tener sus orígenes en la Época Precolombina, acentuadas en la Colonia y la Independencia, dieron como resultado una revolución, que algunos han adoptado como estandarte y refugio, pero que en otros ha repercutido en apatía, desconfianza o fastidio (hecho que mencionan grandes historiadores y escritores como **Octavio Paz, Santiago Ramírez, Carlos Fuentes, Roger Bartra**, etc., por mencionar algunos); ahora bien, si conjuntamos esto con la situación económica por la que atravesamos, el resultado es una crisis de valores morales de los mismos mexicanos, que si lo extrapolamos al plano laboral, encontraremos corrupción, una gran desconfianza, y una lucha casi individualizada velando más que nada por la satisfacción personal en detrimento de la armonía comunitaria.

En este ambiente, tratar de establecer algo nuevo, es ir prácticamente en contra de la seguridad personal, pues se teme la pérdida del *statu quo*, como lo menciona **Niccolo Machiavelli** en su célebre tratado *El Príncipe*.

"...nada hay más difícil, ni de tan dudoso resultado, ni de más peligrosa ejecución, que el introducir nuevas leyes. El que lo intenta se gana la enemistad de aquéllos a quienes satisfacen las leyes antiguas, y sólo halla débiles defensores en aquéllos a quienes las nuevas leyes benefician, esta tibieza débese en parte al temor de sus adversarios, a quienes convienen las nuevas instituciones, y en parte también a la incredulidad de los hombres, que desconfían de toda innovación hasta que una larga experiencia les demuestra su utilidad."³

Por otro lado, dadas la políticas económicas proteccionistas por parte del gobierno mexicano, se ha olvidado lo que es la libre competencia, inclinándose

³Machiavelli, Niccolo. *The Prince*. pp. 49-50

mejor por el monopolio o teniendo un mercado cautivo, pequeño pero seguro, y si a todo esto le agregamos que la mediana, y sobre todo la pequeña empresa, en términos generales, no invierten en personal calificado a nivel corporativo, entonces los lugares que debieran ser ocupados por administradores e ingenieros, son ocupados por las personas que han crecido con dichas empresas a base de experiencia, pero que en la mayoría de los casos no poseen una infraestructura académica que les permita enfrentar nuevos y más grandes retos. Y no es que la experiencia esté mal, pero hay que saber canalizarla, pues no se trata de ahorrarse sueldos, sino de estar al tanto de los adelantos en materia tecnológica o administrativa.

Ante la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos Y Canadá, se está viviendo una reconversión en la planta industrial a fin de enfrentar, de la mejor manera posible, los retos emanados del mismo; asimismo, debemos tener en cuenta la cruel situación por la que atraviesa el país, considerando que los resultados positivos derivados del Tratado, no se verán de manera inmediata.

Con el TLC ya no se trata de expandir el mercado a nivel internacional, que sería lo idóneo, sino de la supervivencia de la empresa, ya que al introducir productos del extranjero habrá que competir contra ellos, para lo cual se tendrá que contar con la tecnología adecuada así como con el personal especializado, venciendo viejas costumbres para adaptarse a las nuevas. Pero para realizar esta reconversión de una parte de la planta productiva se necesita una alta inversión que en muchos casos, para amortizarla, se verán en la necesidad de despedir personal, entre otras cosas, agravando así el problema social.

En la televisión se ha estado haciendo énfasis de los beneficios derivados del TLC, llegando esta información al grueso de la población, pero ¿cuál es el papel que juega la ingeniería en todo este proceso? Las consideraciones en la evaluación de un análisis beneficio-costos deberán tomar en cuenta las actitudes de la comunidad; la receta para no agravar más la situación social parece fácil, al tratar de implantar un sistema CIM; por un lado, como se verá, se tiende a una mejora tanto en procedimientos, como en flujo de materiales y todo aquello relacionado con la ingeniería industrial, pero por otro lado no se puede negar toda una realidad: va a darse un desplazamiento de mano de obra, y al personal que de una u otra forma se vea afectado, se le puede y se le debe capacitar para que encaje en alguna parte del sistema CIM, o bien para que realice otro tipo de labores que le agraden, dentro de otros campos de la empresa, dando como resultado que la cantidad de obreros y empleados no se vea tan disminuida, a la vez que la moral de los demás miembros de la empresa no se vea afectada

pensando que en algún futuro no muy lejano ellos podrían estar en la misma circunstancia. Pero lamentablemente la situación no es ésta y hay que enfrentarla de una manera directa y objetiva.

Es cierto que existen beneficios al abrir las fronteras con los países de América del Norte, pero éstos son a largo plazo; y ¿a corto plazo qué? No pueden los ingenieros cruzarse de brazos o dedicarse únicamente al control de calidad y producción para poder seguir siendo competitivos; hay que pensar en los problemas que pueden surgir y considerar posibles soluciones, o de otra manera la función de la ingeniería quedaría en entredicho, pues estaría olvidando su compromiso social.

Se considera que el hombre es un animal social, salvo en la novela *Robinson Crusoe* de **Daniel Defoe**, en la que el personaje central logra vivir algunos años como ermitaño; el hombre necesita sentir que pertenece a un grupo, a una comunidad, o en caso contrario pueden existir alteraciones psicológicas que van desde la completa pérdida de la razón, hasta leves, pero no por eso dejarían de ser significativas, descompensaciones personales, que pudieran generarle agresividad o algún tipo de neurosis.

Poniéndose en un plan realista, que no necesariamente tiene que ser fatalista, una gran cantidad de personas llega a este caso. Las condiciones económicas son desastrosas, y también, debido al bajo nivel de instrucción, existe un alto grado de ignorancia en muchos aspectos, siendo uno de ellos la educación sexual. Debido a una falta de planificación de la familia, ésta tiende a ser numerosa en ciertos sectores de la población, y la incidencia directa dentro de la empresa se da a niveles operativos, de taller o de planta, dado que al existir un mayor número de integrantes de la familia, la distribución del ingreso *per cápita* obviamente tiende a disminuir, afectando su nivel de vida.

Debido a la precaria situación económica, algunos miembros de la familia se ven en la necesidad de trabajar para mejorar el ingreso familiar, lo que origina que no se tenga la atención adecuada a los menores de edad, y que al regresar del trabajo se tengan que hacer, todavía, una gran cantidad de labores domésticas, o bien que se desatiendan, en detrimento de la estabilidad familiar. Esto origina que la persona que se encuentra en esta situación, no se sienta como parte de un grupo familiar como tal, y si a esto le aunamos los problemas propios del ambiente laboral, el resultado es una persona con fuertes cargas de tensión (*estrés*, en el argot psicológico), por lo que, en la medida de lo posible, debemos de hacer sentir a todas la personas dentro de la empresa la pertenencia al grupo.

La clase media surge como una fuerza laboral con ciertas características y que deberán insertarse en el proceso productivo, y ser partícipes ya como integrantes de una empresa en una guerra comercial, entre los Estados Unidos y Japón fundamentalmente, estableciéndose las diferencias culturales existentes entre oriente y occidente y haciéndose patentes en los estudios y consideraciones para los desarrollos generados por algunos y que deberán de ser adoptados por los otros.

Analizando el caso de México específicamente, con anterioridad se ha hablado de nuestra tradición cultural y cómo de una u otra forma el proceso histórico ha ido repercutiendo en las condiciones sociales, y por ende, en las condiciones laborales y de producción que aquí interesan.

Dentro de las dos grandes vertientes que se establecen en la lucha de clases, para tomar el modelo dialéctico, se sitúa una nueva fuerza, que si bien no tiene las características de ser realmente proletaria, tampoco es la dueña de los medios de producción para que puedan ser considerados como burgueses; es una clase social con increíbles repercusiones sociales y económicas dentro de cualquier sociedad; en el caso de México, tiene su origen en la Revolución Mexicana, pues si bien es cierto que fue un movimiento iniciado por el sector campesino, más tarde son los que menos se verían beneficiados con los logros del movimiento, y los que sí lograron un gran beneficio fueron los que tomaron las riendas una vez que **Villa** y **Zapata** dejaron en sus manos la dirección.

Surge así un grupo que hasta el momento no ha dejado el poder y en torno a él surgen otros partidos, que sirven únicamente como comparsa, pero que podría cuestionarse su posición ideológica o bien que se sabe son de extrema derecha; entre estos ámbitos se desarrolla la clase media, con una serie de comportamientos y sueños importados que no corresponden a una realidad nacional y mucho menos a un proceso histórico.

Veamos por ejemplo el caso de la mujer y la conceptualización que de ella se tiene. Debido a la tradición religiosa, la mujer debe *cargar la cruz* que el marido le quiera imponer; siempre ha sido sometida y es hasta la Revolución Mexicana donde tiene una participación, que en algunos casos es igual a la del hombre. Pero una vez terminado el conflicto armado, la mujer vuelve a casa a su misma condición anterior. El cine rescata sus acciones y bien la pinta como sumisa y sin poder de toma de decisiones, o bien, como una mala mujer que no encaja en el contexto social y que es mal vista por ello, reforzado por el machismo mexicano que pretende que todas las mujeres son malas excepto la novia y la madre, obviamente.

La mujer en México siempre ha sido vista como la que tiene que prepararse para el matrimonio y soportar la infidelidad del hombre en pro de sus hijos y como consecuencia de que es su cruz. El hombre sigue un modelo de impotencia social, negando caer en un sector económicamente inferior al suyo, y proyectando sus ambiciones e ideales en quien económicamente esté por encima de él.

En este sentido no es visto el trabajo como un elemento que le permita satisfacer sus necesidades primarias de salud, vestido y vivienda, sino que es tomado como un elemento de status social, y si es algo con lo que no esté de acuerdo, estará renegando de su condición y hará lo posible por salir de ella cuanto antes, teniendo alguna actividad económica, que tal vez le reditúe menos, pero en donde se sienta mejor visto y aceptado por la sociedad a la que pertenece.

Por otro lado, los imagólogos estarán bombardeándolo con mensajes, ya sean directos o subliminales, de cómo se debe vestir, o qué es lo que debe comer, para parecerse a esa parte de la población de la cual espera formar parte un día, pero que su triste realidad le hace ver diariamente que está lejano a dichos niveles de vida. De aquí que esto repercuta en su calidad de vida y de trabajo, pues al imitar al sector de la población al que quiere pertenecer, únicamente podrá hacerlo en términos de consumo, pero sólo de manera limitada, y esto le generará un sentimiento de frustración que será reflejado en su familia y trabajo, éste último no considerándolo como algo con lo cual deba crecer, sino únicamente como un deber a cumplir que le impide llegar al logro de satisfacciones algo más que materiales.

¿Y qué es lo que sucede en el contexto de las empresas? Se tiene una marcada influencia por el modo de administración estadounidense, debido a que una gran cantidad de empresas son de dicho origen, además de que la mayoría de textos que hablan al respecto provienen del citado país. Por ello, existe el peligro que, al tratar de implantar una administración de este tipo, surjan una serie de prejuicios de la gente que pretenda llevarla a cabo.

Si dichas personas son de origen extranjero (cosa que sucede frecuentemente, y es comprensible pues están cuidando sus intereses), se trae el prejuicio de que el mexicano es flojo por naturaleza, y que su condición económica es atribuible a lo mismo. Pero si las personas encargadas de la administración son de origen nacional, en algunos casos también dejan ver una serie de prejuicios con relación a las demás personas, culpándolas de que no son capaces de progresar y de que únicamente están interesados por una serie de banalidades, como son las

telenovelas o el fútbol, negando así todo un proceso histórico, así como parte de su realidad.

Desplazan así su modelo de desarrollo a los países del Primer Mundo, sin llegar a cuestionarse cuál es el origen de que dichos países sean ricos y los demás pobres, de tal forma que cuando se encuentran ante un extranjero, dejan traslucir dichos prejuicios y los ven como modelo a seguir, sin tomar en cuenta la diferencia de tradiciones o el contexto social. Pero lo curioso no es que sea la imagen que deseen mostrar los imagólogos, ya sea que pertenezcan a la extrema derecha, a algún partido de oposición o al grupo en el poder: esto sucede dentro de las mismas aulas en donde se forma a nuestros estudiantes.

Cuando los estudiantes entran a formar oficialmente parte de la Facultad de Ingeniería, por ejemplo, se les inculca el sentido de individualidad que prevalecerá a lo largo de toda la carrera, y no es que la individualidad *per sé* sea mala sino lo que sucede es que está mal encaminada; si se le tratara como un elemento en donde existe una competencia en buena lid, sería hasta gratificante, pero se inculca como elemento de superación sin tomar en cuenta a los demás, ridiculizando, y en algunos casos, hasta menospreciando otras disciplinas. Citaré sólo un ejemplo. Si una persona no puede con una tarea o un examen que la gran mayoría sí pudo resolver, se le critica diciéndole, indirectamente, que mejor estudie Trabajo Social, o alguna carrera que nada tenga que ver con Ingeniería, creando así frustración en él, y un sentido de superioridad (que en realidad es un complejo de inferioridad) en la persona no directamente afectada.

Y una vez que se llega a los últimos semestres, viene lo peor; desde el punto de vista motivacional se les inculca un espíritu de éxito en función de logros individuales, y de ahí que no sea raro encontrar una gran cantidad de estudiantes que sueñen ser los directores de grandes corporaciones trasnacionales como la IBM o la General Motors Company, por mencionar algunas, o que una vez que se empieza a trabajar, lo primero que se hace es mejorar la apariencia externa por medio de la ropa, dejando mostrar así su vulnerabilidad, y lo debilitado de su yo, pues necesitan reforzarlo con elementos que llamen la atención, pero que a su vez son sus principales delatores.

Permítaseme hacer una analogía con los llamados *pochos* que habitan en los Estados Unidos. Su primera gran impresión es con el estilo de vida de esa sociedad de consumo, su arquitectura. Pero esa sociedad, altamente racista, los aísla y los considera como ciudadanos de segunda clase, y lo peor de todo, indeseables. Se encuentran así ante una disyuntiva, asimilarse a una cultura que

no es la propia, y además no entienden, ni pueden entender, o aferrarse a la suya, a la que no quisieran pertenecer por no parecerse a la que tienen como modelo; de ahí que se les dé una ambivalencia y lo que hacen es tomar una forma de vestir que los distinga como un grupo de una sociedad que los rechaza, pero que los hace identificarse, y toman formas de vestir totalmente inadecuadas de aquella sociedad que, dado que busca la comodidad en todo, vea completamente inadecuada su vestimenta, precisamente por lo contrario, la incomodidad. Con esa actitud niega dos cosas: por un lado su ideal, al contraponerse y distinguirse de ellos y por otro lado su realidad, dado que no son capaces de aceptarse con sus limitaciones.⁴

¿Qué sucede con las llamadas a ser triunfadores que tanto se nos inculca en los últimos semestres de la carrera? Analicemos algunas de las frases favoritas con que buscan lograr motivarnos para ser los mejores:

"Va a llegar un momento en el que tendrás que decidirte a triunfar o sentarte ante tu puerta a mirar el paso de los triunfadores."

"No existe sustituto de la victoria."

"El triunfo no es lo más importante, es lo único."

¿Y todo esto no será estar negando nuestra realidad y tener el mismo sentimiento de ambivalencia que se da en los llamados *pochos*? ¿De dónde provienen la mayoría de nuestros estudiantes? Ellos provienen de la clase media, por lo que su realidad no es esa que tanto nos están pregonando; empiezan a renegar de su pasado, pues éste no ha sido triunfador, y anhelan ser como los grandes dirigentes, añorando un nivel de vida que están lejos de alcanzar, pero que si algún día lo logran, despreciarán a los que no pudieron hacerlo; por el contrario, si fracasan, serán fuertes candidatos a frustraciones y neurosis. Por lo que mi pregunta final en este caso sería: ¿se están preparando triunfadores o únicamente candidatos al éxito?

Si toda esta serie de prejuicios no logran ser superados, ¿qué va a suceder cuando uno se integra al mercado laboral? Pretende uno inmediatamente formar parte del *staff* (¡pero como no, si somos unos triunfadores!); para eso nos prepararon y después de un tiempo, también creemos que para eso nos preparamos. Si finalmente se aceptan condiciones económicas que están por debajo de nuestras aspiraciones

⁴Véase *El Laberinto de la Soledad*. Paz, Octavio.

(cosa común en nuestros días) debido a las exigencias propias de la edad, dado que si nos estuvieron apoyando económicamente en nuestros estudios, llega un momento en el que se hace pesada la carga, o debido a que es una edad en la que en nuestra sociedad es común casarse, por consiguiente nuestras necesidades económicas crecen, y ya no puede ponerse uno en posición de esperar la oportunidad con la que estábamos soñando.

La consecuencia a corto plazo se deja sentir en el seno familiar, explotando con las personas que, en todo caso, menos tuvieron que ver. Esto implica que no realicen con efectividad su trabajo, pues se sienten subutilizados, y tampoco están desarrollando las actividades de las que tanto se les había hablado en la escuela; no poseen el coche último modelo con el que tantos planes habían hecho, y su triste realidad no los ubica en el lugar de residencia de la gente que consideran como triunfadores, es decir, Lomas de Tecamachalco o el Pedregal de San Angel, sino que siguen en el lugar de residencia que siempre han tenido.⁵

De ahí que cuando por alguna razón exista un reacomodo o despido de personal, y por desgracia se vean afectados, el primer impulso sea el de ocasionar algún daño físico a los bienes inmuebles de la empresa, y si aunado a esto les da el *estrés* (que se mencionará posteriormente), los daños pueden llegar a tomar magnitudes escandalosas. Se cita el caso de una persona que trabajaba en una editorial de enciclopedias, que debido a las grandes cargas de estrés a que se vio sometido, cuando hubo necesidad de despedirlo, antes de salir había sustituido en las bases de datos, el nombre de Alá por Jesús, y en otros casos había puesto el nombre de los empleados en lugar de algunos personajes de la historia.

Como podemos ver, los efectos colaterales, en caso de no ser un triunfador, pueden llegar a rayar en los límites de lo patético o lo patológico. Por lo que creo de vital importancia ubicar a la ingeniería en un contexto socioeconómico real, destacando los procesos históricos como parte fundamental del presente, para poder tener personas más comprometidas para consigo mismas, y en consecuencia para con la sociedad en general.

1.3 Relaciones laborales. Panorama mundial

A partir de la Revolución Industrial, el hombre tuvo la oportunidad de incrementar su fuerza de trabajo. Al agruparse y hacer una división del trabajo se originó

⁵Véase *Mitos y Realidades de la Clase Media en México*. Careaga, Miguel.

una mayor productividad, además de que se modificaron las relaciones de producción debido a las nuevas disposiciones que establecieron los que detentaban los medios de producción. Se dio una congregación laboral en talleres en donde el patrón era quien fijaba qué, cómo y cuándo producir; se puede decir que era una producción para beneficio personal, todo esto aunado a una falta de reglamentación adecuada que protegiera a los trabajadores, generó una explotación de la mano de obra que, junto con el esclavismo, marca una de las etapas más negras en las relaciones laborales del hombre. Incluso se dio tal explotación que se llegó a hacer uso de mano de obra infantil, haciéndolos trabajar jornadas de hasta 16 horas diarias por un mísero salario.

Por esa misma época **Adam Smith** escribía *La Riqueza de las Naciones* (1776) en donde sienta los fundamentos para la división del trabajo:

"...para poder sacar provecho de las ventajas comparativas, producir lo que nos salga más barato y comprar lo que nos salga más caro producir."

En otras palabras, se establece que no puede uno producir de todo, sino que en algunos casos, es más económico comprar a alguna otra persona o nación, lo que le cuesta menos a ésta producir. En principio podría parecer que la cita anterior va en contra de la autosuficiencia, pero no es así, la idea central es optimar los recursos, por ejemplo: una persona que se dedique a la agricultura, ¿será que le vaya mejor económicamente si siembra de todo que si siembra lo que le produce más su parcela?

Con el inicio de la Revolución Francesa y el nacimiento del materialismo dialéctico, se abrió un nuevo panorama en las relaciones de producción. Gracias a los grandes hombres de la Enciclopedia, se generó la Carta de los Derechos y Deberes de los Ciudadanos, en los que se contemplan mejoras sustanciales hacia los trabajadores, como son la facultad para poder asociarse y contar con más seguridad en su trabajo, entre otras cosas. A la postre, dicho documento sería tomado como modelo para las constituciones políticas de lo que ahora son las actuales sociedades occidentales.

Las fuerzas sociales juegan un papel fundamental en las relaciones de producción, entendiendo por fuerza social todo aquel movimiento social que cause una modificación en la sociedad. En este sentido el nacimiento del movimiento social denominado Comunismo surge como respuesta a las condiciones de explotación que se llevaban a cabo en las fábricas, y en el aspecto teórico se fundamenta en el materialismo

dialéctico. Por lo que respecta a éste, se fundamenta en el antagonismo de clases, producto de las relaciones de producción y postula, *grosso modo*, el derrocamiento de la clase explotadora (burguesía), para que su lugar sea ocupado por una *dictadura del proletariado*.

Por otro lado, la Iglesia, por medio del **Papa León XIII**, toma cartas en el asunto y emite la encíclica (documento oficial emitido por el Vaticano) *Rerum Novarum* en el año de 1891, en donde se manifiesta en contra de las precarias condiciones económicas a las que son sometidos los trabajadores y hace un llamado al buen juicio, tanto de los trabajadores como de los patronos, ofreciendo soluciones en ambos casos.⁶ Vale la pena destacar el hecho que, debido al auge del Comunismo, el documento lleva su respectiva dosis ideológica en contra de éste último. (No se trata de tomar partido, sino de hacer resaltar el hecho de la importancia que tienen las relaciones humanas en el proceso laboral).

Tomando como punto de partida a **Frederick Taylor** (considerado el padre de la administración científica), y precursor de las diferentes escuelas de la administración, **Taylor** es criticado porque se decía que veía a los obreros más bien como máquinas que como seres humanos, es decir, dos manos, dos brazos, dos piernas, etc. Es después de **Taylor** que aparece una controversia en las relaciones laborales y surgen nuevas tendencias, y de entre ellas los que destacan son los estudios hechos por **Elton Mayo** y su teoría de las relaciones humanas, que en contraposición con **Taylor** pugna porque los trabajadores sean considerados como seres humanos y también sugiere mejoras en el ambiente y las condiciones de trabajo.

De otras escuelas, **McGregor** instituye las teorías "x" y "y", en donde se establece, con ayuda de la pirámide de necesidades de **Maslow**, en que sentido hay que tratar al trabajador, es decir, para la teoría "x" el ser humano siente una repugnancia por el trabajo, por lo que lo evitará cada que pueda; mientras en la teoría "y" pretende dirigir el esfuerzo físico y mental, como si se tratara de jugar o de descansar para obtener mejores resultados en el trabajo.

En fin, las relaciones laborales se han convertido en una actividad multidisciplinaria para llevar a cabo satisfactoriamente los objetivos de cualquier administración; en un ambiente CIM no debe ser la excepción: presentar los objetivos claros y tomar en cuenta la opinión de los demás dará como resultado un ambiente laboral más agradable, para que la CIM se haga realidad.

⁶Véase **Orígenes y Perspectivas de la Administración**. Ríos Szalay, Adalberto y Paniagua Adana, Andrés.

1.4 Selección de personal y motivación para la CIM

Se han hecho estudios por parte de psicólogos y sociólogos, de cuáles son los efectos colaterales, sobre todo en materia de alienación, derivados de los trabajos de tipo repetitivo. Se ha visto que, en tanto más se lleva a cabo un trabajo de especialización, más alteraciones psicológicas tienen. Lo anterior puede caer en una aparente contradicción, porque por un lado se tiende a la especialización del trabajo y por otro, se puede caer en grandes alteraciones a nivel psíquico o somático. Pero una cosa se debe tomar en cuenta, tanto de las ciencias sociales como por parte del sector técnico. La pieza más importante, trátase del sector industrial o no, es el factor humano.

Dada nuestra cercanía geográfica con los Estados Unidos, la influencia se deja sentir no sólo en aspectos culturales o de tecnología, sino también se dejan sentir sus efectos en la administración moderna, debido sobre todo a las grandes corporaciones como la IBM o la General Motors Company, considerados modelos de administración en muchos casos, pero a raíz de los recientes adelantos en materia tecnológica que han tenido lugar sobre todo en Japón, poniendo en jaque a la misma industria estadounidense, los ojos del mundo se han puesto sobre ellos y en la forma en cómo administran, así como en la forma de tratar a su personal, lo que ha orillado a una nueva visión de las relaciones humanas en el campo de la producción. Pero no debemos de olvidar que es una cultura muy diferente a la nuestra. Si dentro de un mismo país existen diferencias regionales tan grandes, no digamos entre países y aún más entre oriente y occidente, por lo que al tratar de establecer una innovación que tenga que ver con el factor humano y que sea de tipo oriental, se debe tomar en cuenta si es factible aplicarlo a la empresa en cuestión y no únicamente implantarlo por ser de moda o porque ha dado resultado en otros países.

El factor humano representa lo más importante, pero no sólo visto con el fin de incrementar utilidades; mucho se ha avanzado desde el nacimiento de la Revolución Industrial en cuanto a condiciones y relaciones de trabajo, por lo que ahora es incompatible pensar únicamente en utilidades sin aportar un beneficio social. Existe mucho por hacer, pues los sectores sociales que más se benefician económicamente, son los aledaños a los sectores industriales, que son los que mejores expectativas de vida ofrecen a la población. Pero en los sectores sociales de tipo rural (que también es nuestro caso) se debe pensar en una reconversión en la forma de trabajar la agricultura y la ganadería, en donde amén de las mejoras de tipo técnico llevadas por los profesionales adecuados, se deben tomar en cuenta las condiciones socioeconómicas de este importante sector de la población.

Como se mencionó anteriormente, la revolución industrial dio paso a nuevas formas de producción, modificando las relaciones laborales imperantes en la época. Imaginemos el sentimiento de inseguridad laboral que se daba en los talleres artesanales debido a la adquisición de alguna maquinaria: ¿no podría suponerse en la gente un sentimiento de inquietud y de inseguridad en su trabajo al pensar que podían ser desplazados por dicha máquina?

Una vez que se compra maquinaria debido a que la anterior se hace obsoleta, o bien porque la empresa crece y se hace una expansión de las instalaciones, se adapta el hombre al medio de trabajo, siendo que la ergonomía postula lo contrario: que se debe adaptar el medio ambiente de la organización y las condiciones de trabajo al hombre. Partiendo del hecho que la alta administración haya tomado la postura adecuada y esté convencida de implantar alguna innovación tecnológica, no sólo para el beneficio de la empresa, sino para el beneficio de sus integrantes así como el de la sociedad, si las condiciones físicas, es decir, el medio ambiente laboral del trabajador no tiene las condiciones adecuadas en cuanto a comodidad en su trabajo, la tensión emocional (estrés) debido a cualquier alteración en el sistema, darán por resultado que la respuesta del trabajador se vea alterada, por lo que las mejoras que sean consideradas en el ambiente de trabajo, deberán tener en cuenta tanto el aspecto cuantitativo como el cualitativo.

Los problemas de tensión van teniendo cada vez más repercusión en la sociedad contemporánea en general y en las empresas en particular; es por ello que en los Estados Unidos están desarrollándose planes para, si no evitar, cuando menos sí minimizar dichas tensiones, por un lado porque es mejor trabajar en un ambiente agradable y sin tensiones, y por otro lado porque está generando una gran cantidad de pérdidas económicas, producto de las demandas en que se ven involucradas estas empresas por parte de trabajadores que han *explotado* y que han dado argumentos de que las causas de ciertas alteraciones, en su conducta y en su salud, se deben a sus condiciones de trabajo.

Y es que las tensiones no solamente han ido en aumento, sino que van incrementando su período de duración. La conformación biológica del hombre de las cavernas, es prácticamente igual a la del hombre de los umbrales del siglo XXI; es realmente poco tiempo para que exista una evolución de carácter biológico, los mecanismos de defensa bioquímicos siguen siendo los mismos, es decir, en condiciones de peligro o de mucha tensión, se sigue segregando adrenalina o hidrocortisona, con lo que se paralizan algunas actividades del cuerpo con el fin de tener la atención fija en el peligro que en ese momento nos atañe, pero las condiciones sí que han variado, pues si bien antes había que preocuparse únicamente

por protección, abrigo y comida, ahora hay que preocuparse por muchísimas cosas más, producto de la sociedad de consumo, por lo que en exceso dichas hormonas sí tienden a alterar las funciones orgánicas.

Tratemos de ver qué es lo que sucede cuando no se dan ciertas condiciones de comodidad en el lugar de trabajo, al nivel que sea: imaginemos un taller en donde el ruido sea excesivo y además exista un clima frío. Va a llegar el momento en que la persona que ahí labore, no se vea con la motivación suficiente para acudir a su lugar de trabajo. Uno de los problemas más grandes que se tienen en algunas empresas es su excesiva rotación de personal a nivel de taller, lo que origina que no exista una continuidad en el trabajo o que se tenga que invertir más tiempo del necesario para enseñarle a la gente que se incorpora las actividades a desarrollar. ¿Dónde está lo difícil de atacar el problema de raíz?, ¿o es que al abordarlo se dejarán ver los problemas que la alta dirección se niega a aceptar?

Aquí entra un punto de capital importancia, la selección de personal. No en todas las empresas, sobre todo en las pequeñas, se tienen las personas adecuadas para una correcta selección del personal que vaya a laborar ahí. Por otro lado, y considero que es un error, en cierta bibliografía relacionada con el tema de motivación, se establece que deben generarse planes de motivación para que la persona haga mejor su trabajo, por ejemplo véase cualquier libro de administración moderna, que parten de los postulados de la teoría y de **Douglas McGregor**, el cual parte de la premisa que:

*"...los incentivos económicos están bajo el control de la organización, el hombre es en esencia un agente pasivo, susceptible de ser manipulado, motivado y controlado por ella."*⁷

Y me parece un error porque, por principio de cuentas, la gente que va a pedir el trabajo va con muchas ganas de desarrollarlo, independientemente de cuál sea su móvil y, por otro lado el no saber detectarlo es resultado de tener a cargo de la selección de personal a personas que no poseen los conocimientos adecuados, cuando menos para detectar las características mínimas laborales que se requieran de la plaza que se va a ocupar.

Así como es importante la selección de personal, también es importante cuidar que no decaiga la motivación con la cual la gente llega a trabajar, sobre todo cuando se tengan que establecer planes de mejoramiento de la calidad. Una de

⁷Biblioteca práctica de los negocios, **Administración moderna**. Tomo I, p. 157

las formas de lograrlo es que el trabajador se percate que interesa realmente como persona a la empresa, que siempre hay alguien que lo escuche para las sugerencias que propone y, sobre todo, que siempre que se quiera implantar un sistema de mejoramiento o alguna nueva maquinaria, se están tomando en cuenta los factores que puedan afectarlo, para poder eliminar dichos factores, y que la persona se sienta a gusto en su lugar de trabajo, sabiendo que lo que está desarrollando tiene como beneficiarios a todos los miembros de su comunidad.

De esta forma se reducirían considerablemente las inasistencias que tienen lugar comúnmente, porque aunque parece mentira, los famosos *san lunes* ocasionan verdaderos disturbios en las empresas, y no es que se les dé la razón a los trabajadores, pero, ¿quién va a querer llegar a un lugar de trabajo en donde no es tomado en cuenta, en donde las condiciones físicas del trabajo son deplorables y, encima de todo, los sueldos son muy bajos? Entonces llegamos a escuchar esa lamentable frase de *ellos hacen como que me pagan y yo hago como que trabajo*, o bien del lado de la empresa *se le paga de acuerdo con lo que trabajan*.

Ese es uno de los puntos principales que hay que erradicar: más que un antagonismo de clases parece un antagonismo racional. No es posible que queramos hacer frente a una competencia internacional con ese tipo de actitudes; debemos de trabajar al máximo para cambiar esa mentalidad o de lo contrario estamos, por ese solo hecho, en una situación desventajosa respecto a otros países con otra cultura de trabajo. En el caso de un trabajador japonés, cuando termina lo que está haciendo pregunta *en qué más puedo ayudar*, a diferencia de lo que dice el trabajador mexicano *eso no está en mi contrato*, y desde luego que no se deben tomar medidas represivas de *que ahora lo haces porque lo haces o te atienes a las consecuencias*. Qué ambiente de trabajo puede ser ese. De ahí que se produzcan los famosos *San lunes*, faltas, luego despido de personal y la consecuente capacitación continua a personas que cubran esos puestos, para abandonarlos poco tiempo después debido al mismo círculo vicioso.

Ahora bien, la solución puesta como receta es muy sencilla, lo difícil es llevarla a cabo. El planteamiento es el siguiente: en principio debemos tener presente que la razón de ser de la empresa no está únicamente en las utilidades, sino también el establecer logros de manera individual y para la comunidad, estando convencidos de que así es. Ciertamente debe haber utilidades, pues si se considera que tener utilidades es un pecado, no tenerlas es cien veces peor.

Ahora bien, generar utilidades implica crear riqueza, para una distribución equitativa; por otro lado, no se necesita ser un experto en economía o leer toda

la obra de **Milton Friedman** o **Maynard Keynes** (que no estaría mal hacerlo); para ver el efecto de no generar riqueza, basta con hacer un análisis, lo más crítico que se pueda y documentándose en la medida de lo posible, de los acontecimientos acaecidos en la ex Unión Soviética, en donde algunos de los libros que hablaban acerca de la producción, antes les inculcaban la ideología comunista respectiva y posteriormente se hacía ver que no se podía lucrar, es decir, no podía haber utilidades, pues así se daba plusvalía, uno de los primeros conceptos a los que hace su crítica **Karl Marx** en su tratado *El Capital*, en el capítulo *Sobre la llamada acumulación originaria*.

Si va a haber utilidades, habría que ver para qué son esas utilidades; no se trata del dinero por el dinero, eso sería una banalidad. Desde luego que se tiene que incrementar el nivel de vida de manera individual, pero no a expensas de los demás. Hay que generar riqueza, eso es evidente, pero para que sea repartida en forma más equitativa, sin llegar a utopías que no es el caso mencionar. Sólo a manera de ejemplo, el escritor mexicano **Héctor Aguilar Camín** en su libro *Después del milagro*, hace una referencia a un estudio de **Nora Lustig** en donde se establece que:

*"En 1984, la economista Nora Lustig midió la realidad a partir de dos supuestos imaginarios: 1) Si el país mantiene un crecimiento del 3% anual bajo las condiciones actuales de distribución del crecimiento, ¿cuánto tardarían los 35 millones de mexicanos más pobres en llegar a ganar un salario mínimo? Su respuesta fue: 64 años. 2) Si el país mantiene un crecimiento del 3% anual y toda la nueva riqueza generada se destina a los 35 millones de mexicanos más pobres manteniendo al resto igual, ¿cuánto tardarían en alcanzar un salario mínimo? Respuesta: 4 años."*⁸

Es evidente que nadie va a querer dejar de percibir ingresos; se hace la mención al ejemplo, para resaltar el hecho de que se podrían hacer acciones que pudieran redundar en beneficio de la población en general, sin dejar de percibir utilidades, pero no únicamente percibir las con el afán de hacer más utilidades.

En toda sociedad existen personas que son consideradas enfermas, en el sentido que no siguen las pautas de conducta que son consideradas "normales" de manera tácita por los integrantes de esa comunidad⁹; en este sentido las sociedades industriales han generado sus propios enfermos característicos, enfermos que no han escapado en ninguna de las etapas de producción.

⁸Aguilar Camín, Héctor. *Después del milagro*. p. 225

⁹Véase *La eficacia simbólica*, en *Antropología estructural*, Lévi-Strauss, Claude.

Es así que en nuestra sociedad contemporánea se vive una vida que es muy acelerada en cuanto a asignación de tiempos para la ejecución de actividades, todos vivimos de prisa, y esto no genera otra cosa que ansiedad; aunemos a esto las condiciones de trabajo, desde que se nos impone una hora de entrada. Desde luego que tenemos que ser disciplinados, pero si una persona que durante años llega temprano, por una ocasión que llegue tarde se le llama la atención, aparte de la ansiedad generada por él mismo debido a su retraso, se crea un sentimiento de decepción; puede ser que se le den incentivos económicos por llegar temprano durante cierto tiempo, pero si por una vez que llega tarde le llaman la atención, esto hace que se pierda la motivación.

En este caso se trata de aclarar los términos: muchas veces se confunde incentivar con motivar. ¿Será que si damos dinero a la gente la estemos motivando? En nuestro ejemplo anterior, puede ser que esta persona hubiera preferido que no le dieran el último plan de incentivos en vez de que le llamaran la atención, y lo anterior puede ser producto de las enfermedades del modo de producción en el que vivimos: tal parece que únicamente interesan los logros materiales, lo que da la impresión de que nos hemos deshumanizado. Qué sucedería si en lugar de tener listo el regaño, al momento de presentarse se le preguntara si es que tiene algún problema de índole personal que requiera su estancia en algún otro lugar, o si existe algo en que la empresa le pueda ayudar. Sin un solo centavo por incentivación, la persona estaría más motivada para seguir trabajando dentro de la empresa, pues ve que interesa como persona. Analicémoslo si fuera nuestro caso, ¿no nos gustaría que así fuéramos tratados?

No se puede pensar en mandar de vacaciones a toda la familia del trabajador, pero sí se pueden establecer planes de capacitación y desarrollo, fuera del lugar de trabajo, en alguna playa, en la montaña o en un lugar de recreo; la gente que asistiera trabajaría con mayor entusiasmo y seguramente nos sorprenderíamos de los resultados.

Como se puede ver, son muchas las consideraciones que se deben de tomar en cuenta cuando se tienen en mente proyectos de inversión, los que generalmente se analizan con base en consideraciones económicas, beneficio-costos, tasa interna de retorno, etc.; ahora los nuevos análisis, aparte de contemplar algo con relación a lo económico, deberán considerar otros aspectos, dado que no solamente se incrementan las utilidades a partir de la reducción de costos, sino también por un incremento en la calidad de los productos, o el fortalecimiento de la posición competitiva en el mercado, y esto se logrará más fácilmente si poseemos una mejor estructura dentro del ámbito de las relaciones humanas, en donde la motivación juega un papel fundamental.

CAPÍTULO II. CONDICIONES ACTUALES EN UNA EMPRESA

La empresa a la que se hará referencia es Toscana S.A. de C.V., que presenta graves deficiencias en todo lo que respecta a ingeniería industrial, pues no se contaba con el personal que cubriera dicha área, motivo por el cual la producción dependía de la experiencia de los trabajadores, a quienes se les encargaba algún producto y de ahí se determinaban el proceso y los costos de producción.

Posteriormente fue integrado un ingeniero industrial quien está actualmente a cargo de toda la producción; la primer visita se realizó a los tres meses de la llegada del ingeniero (abril de 1993), que nos hizo ver lo que antes se comentó. El problema se presentaba desde la llegada de la materia prima, que no era almacenada en el estricto sentido del término, sino se podría decir que se hacinaba y en la medida en que fuera necesitada era como se sacaba del lugar donde se encontraba; además se mezclaba con el material de desperdicio y se ubicaba a la entrada de la planta causando un mal aspecto visual.

El material de desperdicio estaba ubicado en varios lugares, y dado que no se había logrado un convenio con alguna empresa que se lo llevara, se llegaba a acumular en grandes cantidades. Existe a lo largo de la planta un sistema que aspira el aserrín producido por las máquinas, pero por alguna razón no se ponía a funcionar, y en algunas máquinas era obstruida la entrada para el aserrín, así que en caso de funcionar el sistema ese material no iba a ser aspirado en esa máquina, por lo que el aserrín, producto del material de hoy iba a ser cubierto por el se produjera al otro día.

En esas condiciones se hace evidente que no existían hojas de proceso, de manera que cuando se llegaba a alguna parte del mismo, había que acudir con la única persona que sabía qué se debía hacer. Sólo había un turno y la hora

de la comida (para la que se asignaba en realidad media hora) se hacía en el mismo lugar de trabajo, entre aserrín y aroma a *thinner*, en donde las mesas y bancos no corresponden a la calidad de los productos ahí elaborados ¿Qué tanto costaba proporcionarles un lugar digno para tan importante actividad?

Dado que no existen hojas de fabricación, todo se hace de forma verbal y tampoco existe un control sobre los costos, tanto directos como indirectos. El grueso de la fabricación es de marcos de madera para montar litografías, aunque también se hacen muebles, pero a una menor escala.

Un proceso aproximado para la fabricación de marcos es como el que a continuación se describe.

- materia prima: madera de pino de 1 1/2" a 2" de espesor
- corte en hilos: se cortan tiras del ancho correspondiente al marco a trabajar
- cepillado: para quitarle asperezas al material
- corte: el de la sección del marco
- corte: al tamaño correspondiente (ancho y largo)
- armado del cuadro
- grabado: el de la figura del contorno. Vale la pena mencionar aquí, que dicho grabado se hace con la fuerza ejercida por el grabador; valdría la pena pensar en un dispositivo para que se hiciera de manera mecánica.
- dorado: se coloca una capa a todo el marco, de material dorado el cual es efectuado con una brocha. Se hace también especial mención a que es éste uno de los cuellos de botella, dado que la operación es muy lenta.
- pincelado: debido a que son marcos con un toque *artesanal*, el proceso es a mano y con pincel; se colocan diferentes colores, según grabado y pedido. Aquí se encuentra la operación más lenta. Valdría la pena analizar si conviene continuar este proceso, o bien, se hace con una plantilla o, ¿por qué no? Con un robot, para que sea más rápido. Por otro lado habría que ver cuál es el efecto en el cliente, y saber si lo que está

comprando es el cuadro o la litografía; ahora si es la combinación, habría que buscar la combinación ideal.

En el desarrollo del trabajo se hará referencia al proceso del marco en general, y del modelo florentino en particular, ya que es el que más se produce. Existen problemas con la llegada de la materia prima, no siempre se sigue el mismo proceso de armado debido a que puede faltar el material. Por otro lado, como se mencionó antes, éste se almacena a la entrada de la fábrica.

Las mesas de trabajo parecen haber dado ya todo el servicio que tenían que dar, por lo que tienen que ser reacondicionadas por los mismos operarios, pero no siempre de la forma más adecuada. ¿Por qué tener que llegar a trabajar en esas condiciones? Además dado que también es su lugar para alimentarse, ¿por qué no construirles un lugar expreso? Pues en algunos casos los alimentos se guardan en donde se encuentran almacenados los productos que se emplean para el proceso.

Asimismo, no existe un lugar pensado para guardar las herramientas ni para el instrumental requerido para el proceso, por lo que, si se necesita algo, hay que trasladarse hasta el lugar donde se encuentra. Se podría acondicionar un lugar en donde el traslado fuera mínimo para optimar así los recursos.

En la figura II.1 se muestra la distribución de la planta, con una descripción gráfica del proceso.

Para darse una idea aproximada de las condiciones en las que se encontraba la empresa, baste decir que se contaba con 78 empleados trabajando con esa distribución de planta; seis meses después de la llegada del ingeniero industrial se hizo la modificación de la planta como se muestra en la figura II.2, el personal se redujo a la mitad y ¡se duplicó la producción!

Se pretende que con las mejoras que se presentan en la figura II.3 y con algunos cambios en el proceso, nuevamente se duplique la producción, ¡para llegar al punto de equilibrio!

Se debe resaltar el hecho que para llegar a la distribución de planta de la figura II.2, se contaba ya con la ayuda de un segundo ingeniero, y para la distribución a la que se pretende llegar con la figura II.3, se cuenta con un tercer ingeniero, con lo cual se distribuyen las cargas de trabajo y se obtienen mejores resultados.

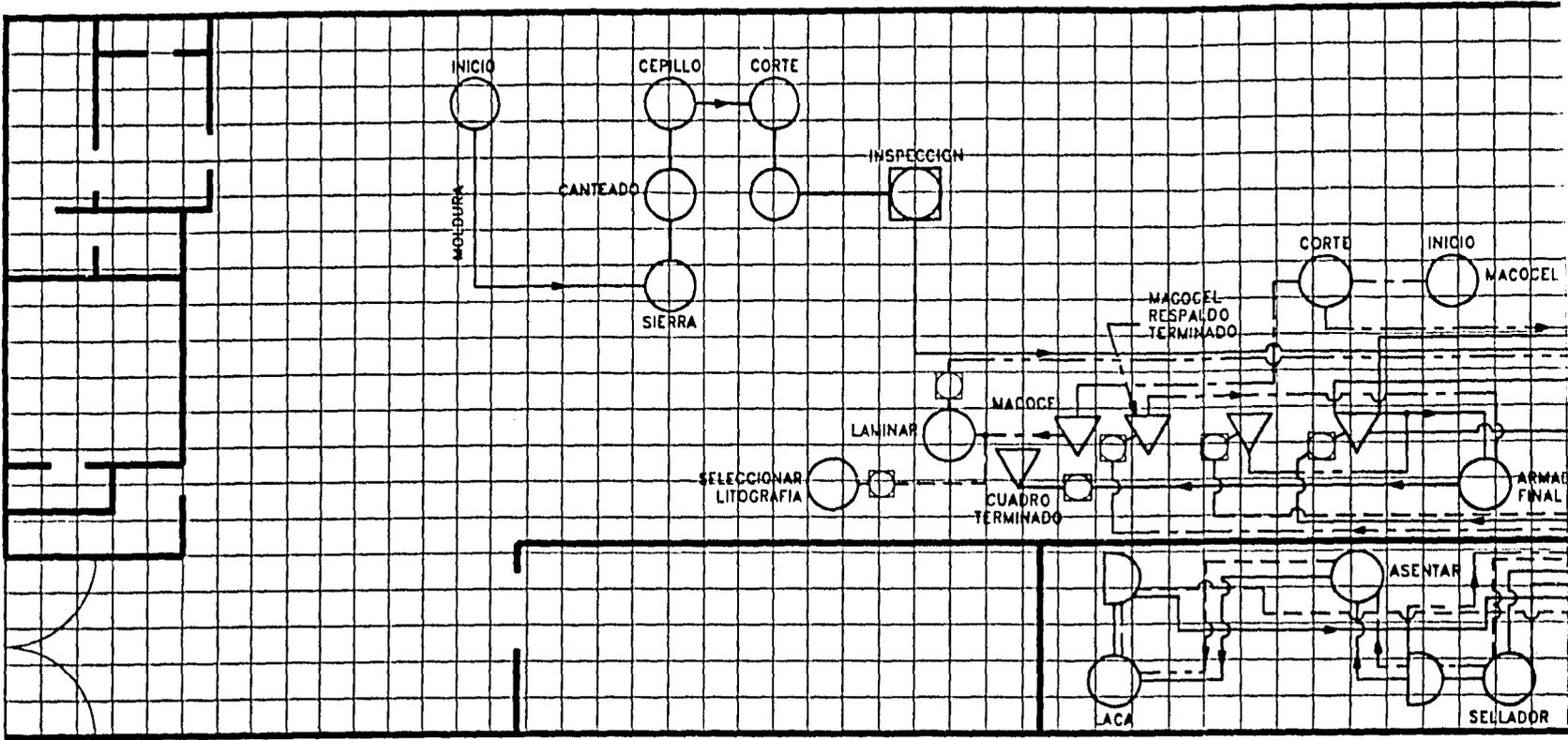


Fig II.1 Estado inicial de la planta

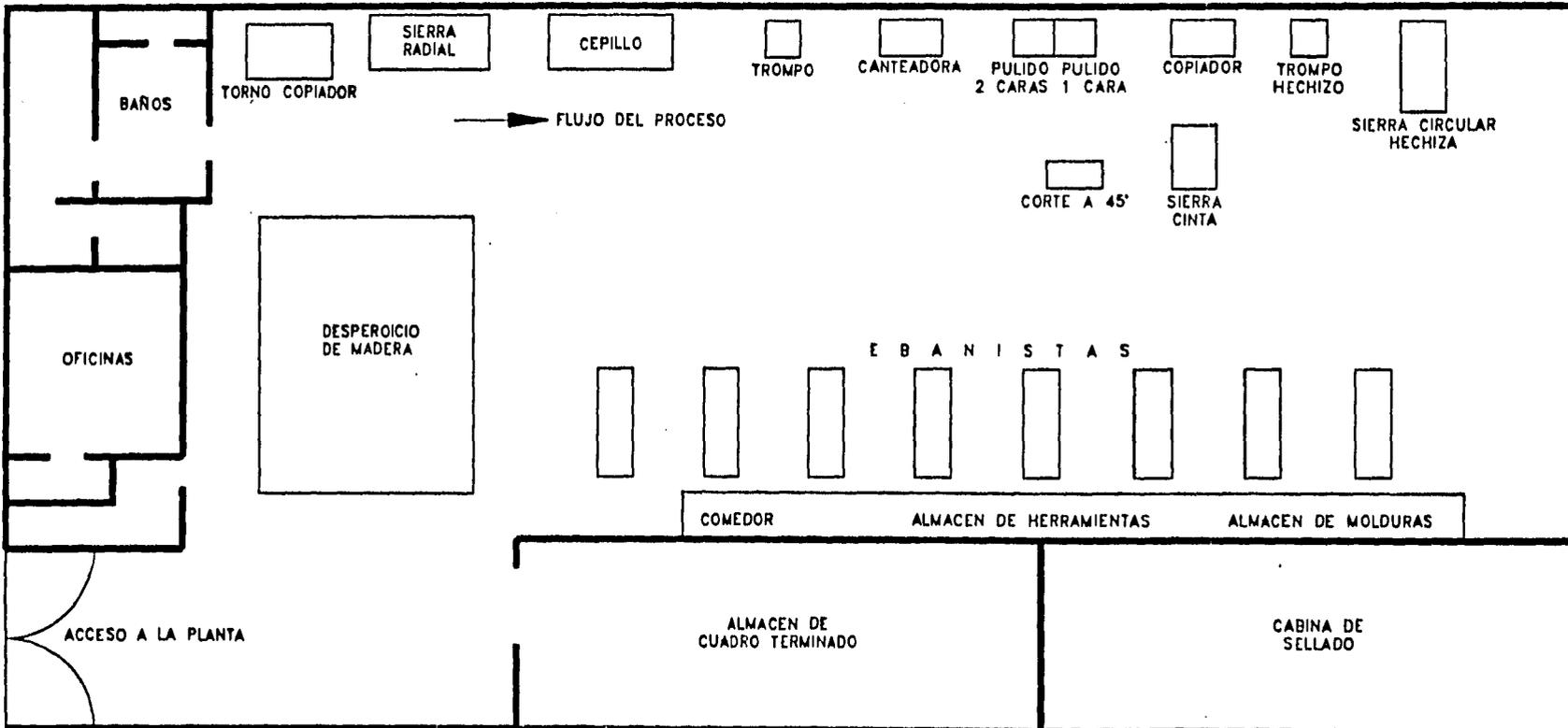
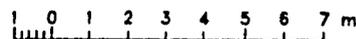
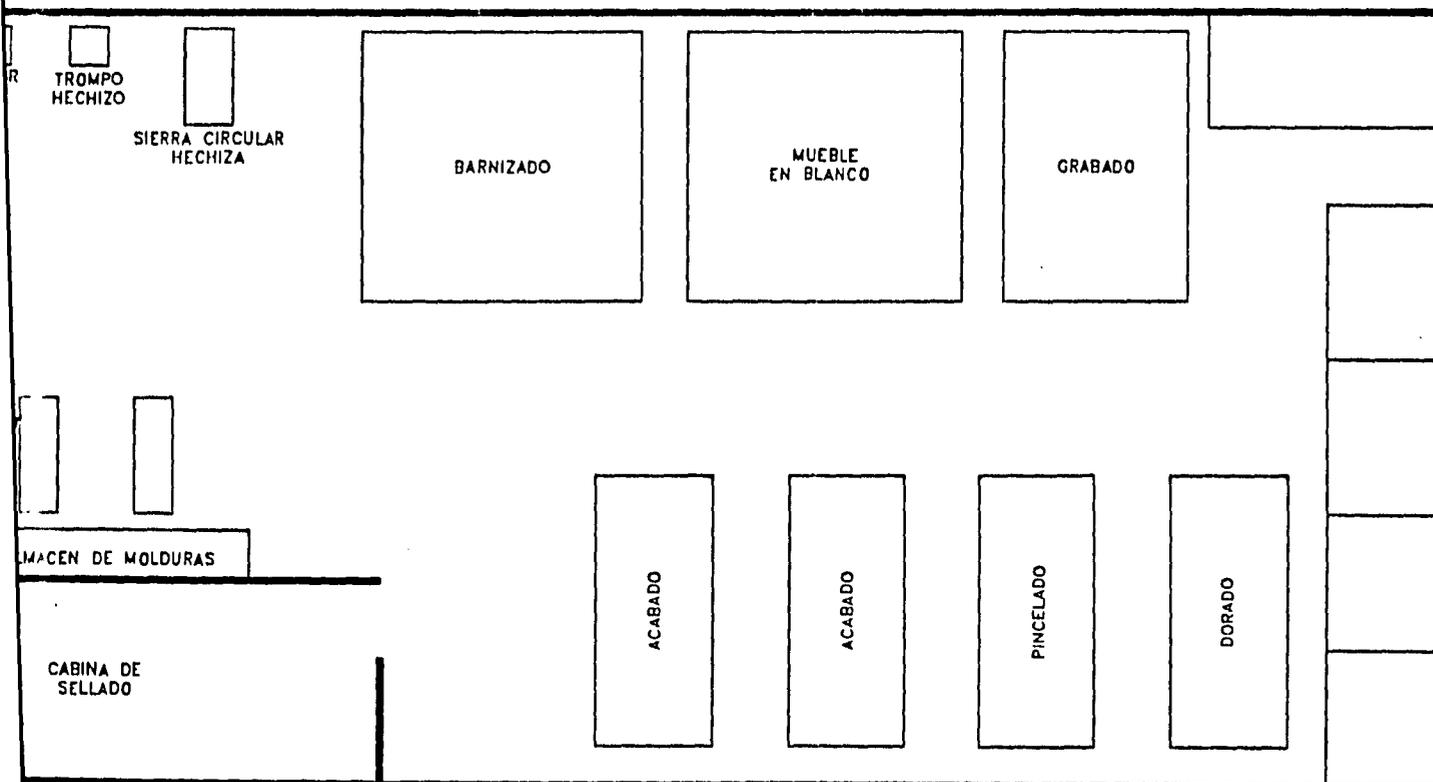
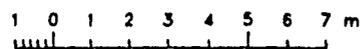
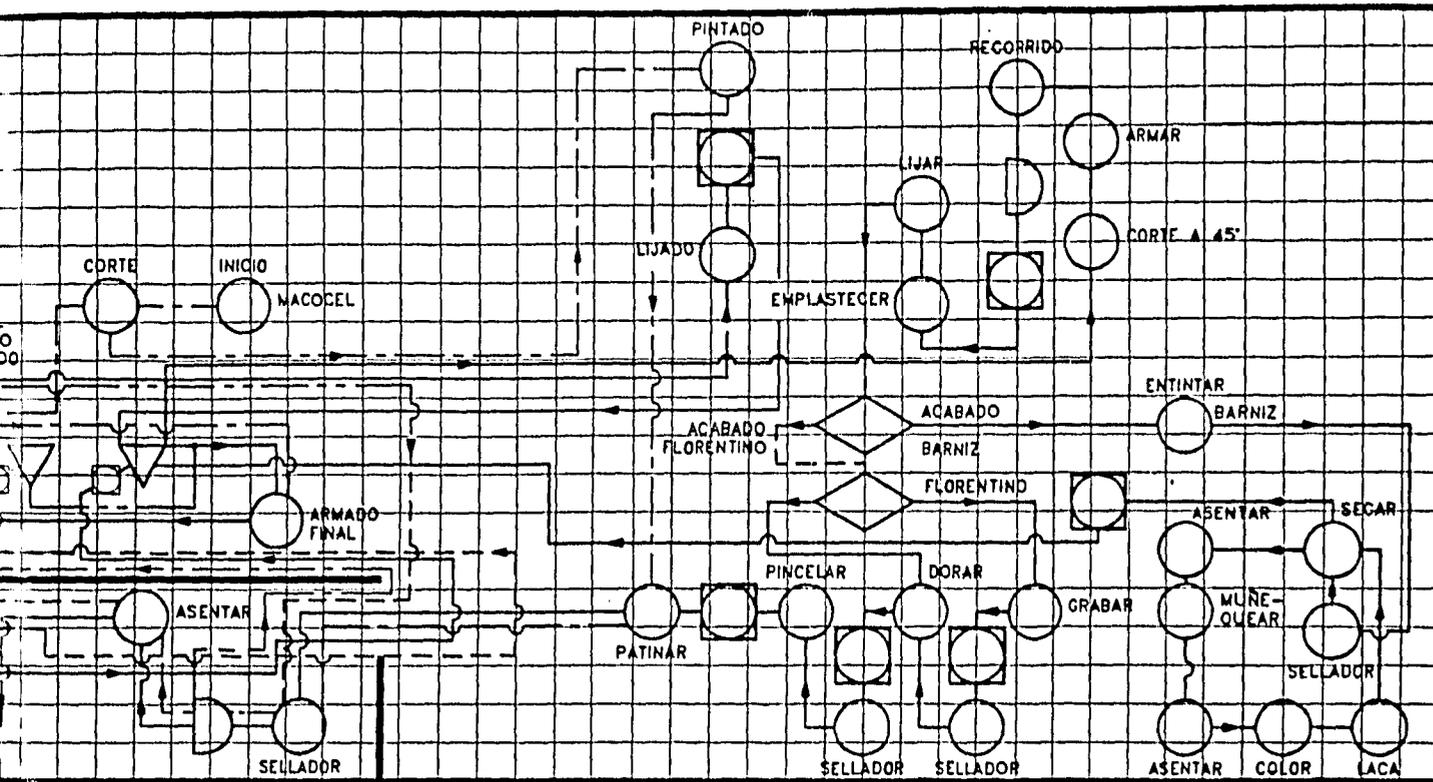


Fig II.2 Primera modificación



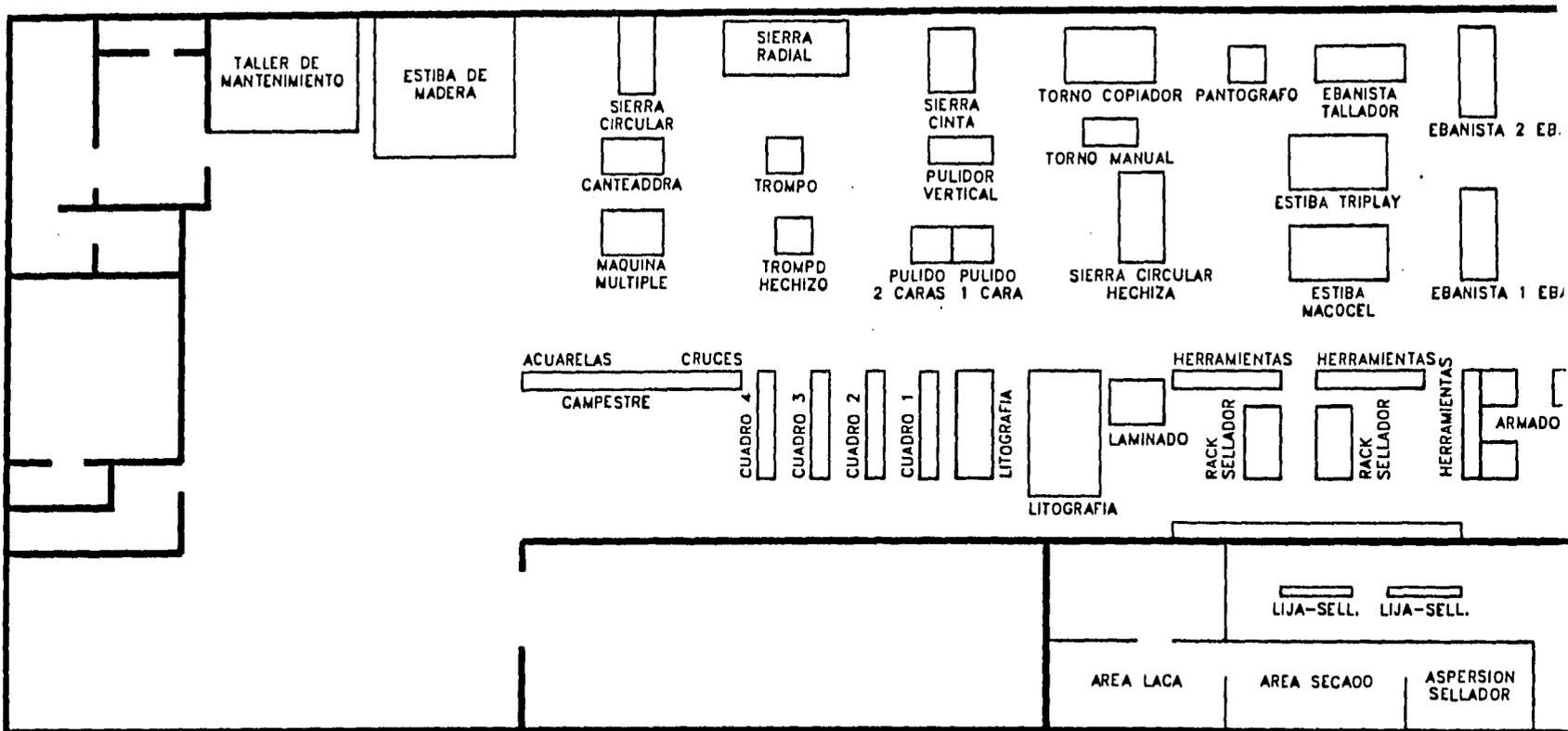
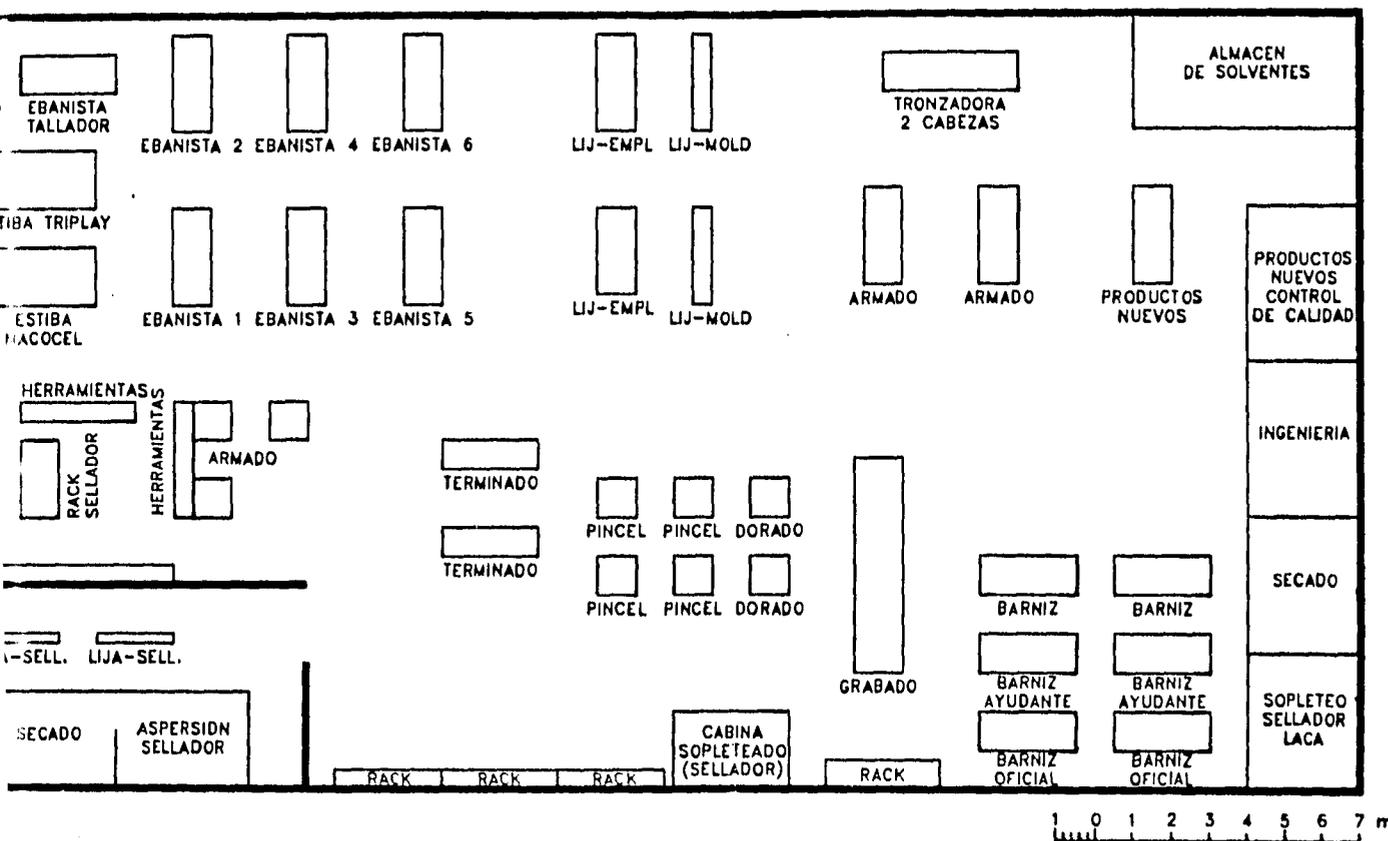


Fig II.3 Segunda modificación



CAPÍTULO III. PANORAMA DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE Y DE LA MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA

III.1 Sistemas de manufactura flexible (FMS)

El alto grado de desarrollo tecnológico que se ha experimentado a últimas fechas, ha llegado a la industria de la transformación. A partir de la Segunda Guerra Mundial, todo aquello que tiene que ver con los procesos industriales sufrió notables cambios, desde el estudio de la investigación de operaciones, hasta el mejoramiento de las máquinas herramientas, así como el control de calidad. El estudio de los métodos de la administración científica junto con los de procesos industriales, van encaminados a la optimación de los recursos, tanto financieros como materiales y humanos.

En este sentido, con el desarrollo tecnológico, dichos campos ven incrementada la posibilidad de tener productos de mejor calidad y a un menor costo, lo que implica tener una gran cantidad de productos en el mercado, para que los consumidores tengan la posibilidad de satisfacer sus necesidades con satisfactores confiables.

El advenimiento de la computadora trajo consigo el ahorro de tiempo en el cálculo de operaciones, e hizo que actividades de tipo repetitivo dejaran de realizarse por el hombre, para que éste pudiera dedicarse a otro tipo de actividades que tuvieran un carácter más intelectual. Su empleo en la industria se remonta también a la Segunda Guerra Mundial, pero en usos civiles habría de esperar unos años debido al alto costo que implicaba incorporarlas al proceso productivo, hogar y educativo.

Una vez que se hizo posible su empleo en la industria, su efecto se dejó sentir de manera inmediata en la eficiencia de los procesos y en la optimización de tiempos, lo que repercute directamente en los costos; asimismo, se abría la posibilidad de ampliar el campo de acción de la computadora en los procesos industriales.

Por otro lado, con el incremento de la población, la cantidad de satisfactores a producir también ha aumentado así como las exigencias de los consumidores en lo que a calidad se refiere; es por ello que surge la producción en línea como respuesta a dichas demandas, pues parece evidente que al darse un incremento en la cantidad de bienes a producir hay una reducción en costos. Pero la producción en línea plantea algunos inconvenientes en la medida en la que existan cambios en los gustos o preferencias de los consumidores, de donde surge la necesidad, por parte de la industria, de responder a dichos cambios; una de las respuestas ha sido la pronta respuesta a dichos gustos, por lo que surge lo que se ha denominado como sistemas de manufactura flexible o FMS (por sus siglas en inglés) para abreviarlo.

"En el actual mercado competitivo, es necesario acomodarse a los cambios del consumidor o el consumidor encontrará a algún otro que se ajuste a los cambios."¹⁰

Con base en esta cita se puede ver la preocupación por tener una variedad de productos que responda adecuada y rápidamente a los cambios en el mercado. Se podría pensar que sólo es aplicable a pequeños lotes de producción, y como contrapartida cuando se habla de producción en línea, generalmente se piensa en la industria automotriz, pero en una conferencia dictada en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en julio de 1994, se presentó un funcionario de Siemens y proyectó una película, que entre otras cosas, presentaba escenas de la Mercedes Benz, en donde se mostraba que en un lote de producción ni uno solo de los automóviles era idéntico.

Con esto se quiere mostrar que un FMS puede ser aplicable en cualquier empresa. En este sentido, se podría definir un FMS como: "...un sistema de manufactura reprogramable capaz de producir una variedad de productos automáticamente."¹¹. Otra definición, dada por **Kearney y Trecker** es:

"...un FMS es un grupo de máquinas herramientas que puede aleatoriamente procesar a un grupo de partes, teniendo automatizado

¹⁰Tien-Chien Chang y otros. *Computer-Aided Manufacturing*. p. 537

¹¹Ídem. p. 536

el manejo de materiales con un control central por computadora para balancear dinámicamente la utilización de recursos para que el sistema se pueda adaptar automáticamente a cambios en la producción de partes o ensambles y caer dentro de determinadas familias"¹².

Se debe buscar que haya una serie de operaciones comunes y que se puedan aplicar en lo que se denominan celdas de producción, inclusive a diferentes familias de productos. Estas celdas de producción bien pueden estar constituidas por máquinas de control numérico, para realizar operaciones, por un robot que, por medio de sensores, permita la carga y descarga de materiales y productos de las máquinas, y por un sistema de transporte que alimente de materia prima y se lleve los productos terminados de esa celda de producción. Puede ser tan simple como esto o bien ser más sofisticado.

Existen ventajas en un FMS, pero hay que cuidar que se adecúen a las necesidades de la empresa: por un lado se tienen una serie de ventajas, pues se reduce considerablemente el inventario de productos en proceso, además de que existe un mejor control de los mismos, y asimismo, existe menos gente en los trabajos de manufactura directa, (pero debemos considerar todos los factores que se mencionaron en el capítulo 2), ya que

*"Con el FMS es más difícil perder partes. El sistema "sabe" donde está cada una de las partes debido a que son hechas únicamente cuando son necesitadas."*¹³

Y podríamos agregar que también hay menos pérdidas debido al manejo manual.

Si se habla de las ventajas que pueda aportar un FMS, se debe también hablar de sus limitaciones; una de las principales es su precio, es tecnología que aún no está al alcance de una gran cantidad de industrias, sobre todo de la pequeña y mediana; hay que reconocer también, que no sólo con poner en marcha un FMS habremos resuelto nuestros problemas; éstos deben ser resueltos antes. Un FMS no resolverá problemas de mala administración o de pobre organización de la planta: la información debe de ser eficiente antes de introducir las computadoras, así como el flujo de materiales, que debe estar operando de manera adecuada antes de pensar en introducir AGV.¹⁴

¹²Luggen, William W. *Flexible Manufacturing Cells and Systems*, p. 6

¹³Ídem p. 25

¹⁴Automatic Guided Vehicle. Vehículo guiado automáticamente.

Como toda moda se debe pensar en qué es lo que de ella vamos a tomar; la solución de los problemas de la producción no se resuelven con la compra de los mejores adelantos tecnológicos, y esto implica que se debe conocer mejor el proceso de producción, pues es posible que con un simple cambio de materiales se resuelva el problema.

La compra de un sistema sin considerar cómo puede ser integrado con la maquinaria existente, así como con el flujo de información, provocaría una automatización aislada, que no encajaría con el concepto general del ambiente CIM; es por ello que al querer empezar dicho ambiente, se tenga en mente el objetivo general, en este caso el CIM, y una parte para poder llegar a él, sería en primera instancia, pensar en desarrollar FMS, como primer paso de automatización hacia el objetivo CIM, pues este último sólo se llevará a cabo a largo plazo, no es una solución que nos llevaría uno o dos años.

III.2 Manufactura integrada por computadora (CIM)

Los sistemas de manufactura flexible son el primer intento para automatizar la producción; de hecho las máquinas de control numérico bien pudieran ser consideradas como los primeros robots. En un panorama más general de automatización, la manufactura integrada por computadora, abarcaría a los FMS inclusive, es decir, éstos serían parte componente de un sistema más amplio de automatización.

La CIM en su concepción más general, implica un nivel de automatización que va desde el mismo pronóstico de ventas, pasando por el control de inventarios, control de procesos, etc., hasta distribución de productos terminados y servicio al cliente. Esto plantea una globalización de automatización de la empresa, por lo que su implantación debe ser observada con extremo cuidado tanto por la alta gerencia, como el personal asignado a tan importante proyecto.

En un principio es preferible que se establezca un departamento con el nombre adecuado al proyecto, y que deberá de contar con todo el apoyo de la alta gerencia (acción que de hecho se debe observar en todas y cada una de las actividades de la empresa), pues se debe tomar en cuenta que se emprenderá una actividad multidisciplinaria, dado que involucrará a todas las áreas de la empresa, y por otro lado valdría la pena considerar si habrá un grupo de asesores externos a ella, que tengan otras experiencias con proyectos CIM, y que vean la problemática con un punto de vista diferente, pues se puede tener el caso de que el personal

esté *viciado* con la problemática de la empresa y no se observe con todo el aspecto crítico que demanda la actividad.

Aunado a la problemática de conjuntar un grupo multidisciplinario que trabaje de manera objetiva, se presenta el problema técnico de manejar toda la información de los diferentes departamentos, pues si en algunos casos es cierto que no existe al menos una computadora para el manejo de la misma, en otros casos se puede llegar a tener una estación de trabajo o un sistema de red de computadoras personales; esto junto con la información de las máquinas de control numérico, deberán ser manejadas desde un sistema central de información, y esto en sí plantea ya una interesante problemática.

Se debe también tener en mente que un proyecto de tal envergadura no puede llevarse a cabo en un horizonte de planeación de corto o mediano plazo: definitivamente cae en uno de largo plazo, por lo que es recomendable que se empiece a trabajar de forma seccional, es decir, empezar con una celda de producción y hasta el momento en que responda de forma adecuada a las necesidades del sistema CIM en general, seguir con el siguiente paso. Pues la "...CIM no es un producto que se pueda adquirir sino, más bien, una estrategia y un concepto que permiten alcanzar los objetivos específicos de la empresa."¹⁵

Como cualquier estrategia, no es algo que deba ser común a todas las empresas, sino que debe adecuarse a las necesidades específicas de las mismas, que en todos los casos es diferente. En este sentido no hay que irse con el espejismo de que con determinados planes el concepto CIM ha resultado en otros lugares, y se pretenda hacer lo mismo; los tiempos de ciclo total de los productos son diferentes, lo que implica que las bases de datos tengan respuestas diferentes y el flujo de información sea distinto. Para redondear todo lo anteriormente dicho se toma una conceptualización de la CIM; "Un concepto CIM es, en primer lugar, un problema de organización , y sólo en segundo grado un problema técnico."¹⁶

La estructuración de objetivos debe estar orientada de acuerdo con el horizonte de planeación, primero de una manera ideal, para posteriormente tener un punto de comparación y continuar con una planificación real. La siguiente figura muestra de manera esquemática una posible implantación de la CIM.

En los planes ideal y real, deben estar contemplados los planes de capacitación que deberán ser impartidos a los integrantes de la empresa, pues a la par de la

¹⁵H. Baumgartner y otros. CIM Consideraciones Básicas. p. 11

¹⁶Ídem p. 45

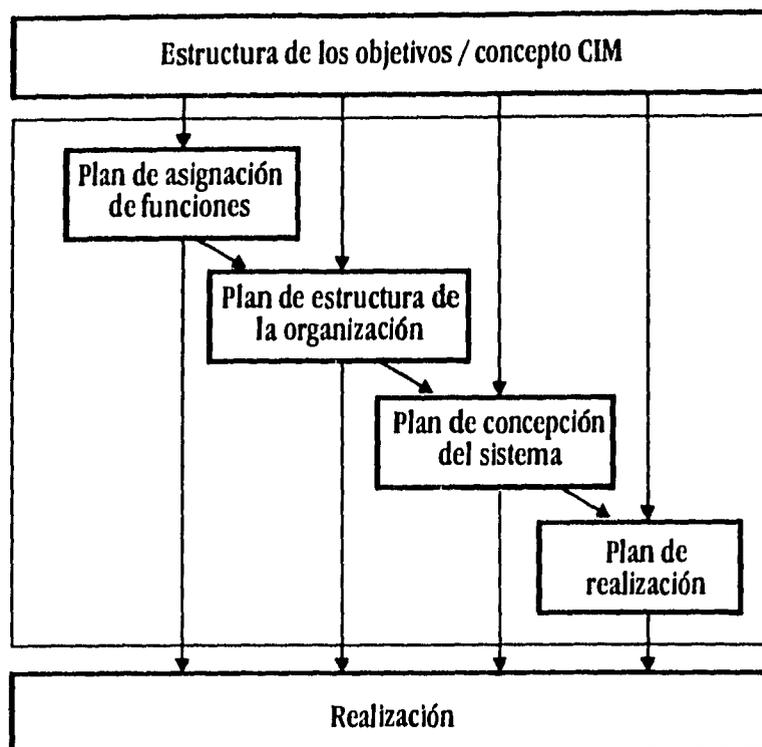


Fig III.1 Plan general de implantación de la CIM

introducción de la tecnología y el concepto CIM, debe de manejarse la información al personal que laborará con ellos, para crear un clima de confianza y participación; para ello la información deberá ser lo más transparente posible, para no generar desconfianza o inconformidad al ver que se establecen nuevas condiciones de trabajo y a nadie se toma en cuenta, o que sean pocos los que sepan de alguna transformación del lugar de trabajo. Analicemos la siguiente cita;

"La reconversión de los empleados, para adaptar su mentalidad a la nueva concepción del CIM, puede resultar en ocasiones incluso más difícil que la realización técnica. Por este motivo es necesario iniciar las correspondientes medidas de formación, que incrementan la calificación de los empleados en la medida necesaria (por ejemplo, manejar un ordenador, redactar programas NC, manejar equipos de diagnóstico, incrementar la responsabilidad de disponibilidad, manejar sistemas complejos de fabricación flexible, etc.). No todos los empleados estarán en condiciones de satisfacer los nuevos requisitos, por lo que puede llegar a ser necesario efectuar traslados, o incluso sustituir a empleados ya calificados.

Teniendo en cuenta la problemática situación actual del mercado y la actitud crítica de la gente respecto a las nuevas técnicas causadas por las racionalizaciones de carácter técnico, llegan a producirse algunos problemas que no tienen fácil solución.

Ahora bien, si por ello la dirección de la empresa cayera en la tentación de renunciar a estas nuevas y prometedoras técnicas, la economía nacional tendría que soportar cargas más elevadas.¹⁷

Nótese la importancia capital que juega el factor humano, y de aquí la importancia de dedicarle un capítulo tan extenso en el presente trabajo. Pero esta *reconversión* deberá ser tomada muy en cuenta por quienes la vayan a llevar a cabo; no es adaptar a la gente a un sistema y ya, sino establecer un nivel de compromiso por ambas partes y dar un apoyo consistente y sistemático que vaya acorde con el planteamiento general de la empresa, y que la calificación de la que se habla se inicie de acuerdo a las características del personal de que se dispone, para que llegado el momento en que se requiera a este personal *calificado*, responda de manera adecuada y no haya necesidad de sustituirles. La capacitación se convierte así en un compromiso, más que una necesidad.

En lo que se refiere al flujo de materiales, lo ideal sería que existiera el *Just In Time* (justo a tiempo, JIT por sus siglas en inglés), si se habla de una automatización global bien podría considerarse esta alternativa, siempre y cuando los proveedores sean confiables, cuando son externos a la empresa, pero en muchos casos se sigue considerando el *Just in Case* (por si acaso), lo que conlleva la existencia de un almacén de materia prima. Independientemente del caso que se trate, el flujo de materiales juega un papel muy importante, pues ya se hablaría inclusive de una logística en todo el sentido de la palabra, pues los materiales deberán estar en el lugar adecuado en el momento preciso.

Lo anterior implica que los controladores del flujo de información activan los mecanismos correspondientes para el flujo de materiales, por lo que toda la información deberá estar contenida en una base de datos que contemple todas y cada una de las operaciones de todos y cada uno de los productos, con su respectiva explosión de partes y que mandarán las órdenes a las celdas de producción correspondientes, en caso de que las partes sean fabricadas o en su defecto, emitirán las órdenes de compra, previa confirmación de existencias en el almacén, en caso de que las partes sean compradas.

¹⁷Ídem p. 76

En este punto los materiales serán puestos, ya sea en bandas transportadoras, o bien por medio de canastillas, aunque también pudiera darse el caso de que se contara con AGV's, si el presupuesto lo permitiera, para ser llevados a las celdas de producción y de ahí a otra celda o bien sean transportados de regreso como productos terminados al almacén. En todos los pasos anteriores, el programa controlador deberá ser capaz de hacer el seguimiento de todos los productos en proceso, para que en el momento en que cualquier información sea requerida, pueda estar a la mano.

Huelga decir que con esta información, la posibilidad de tener los costes reales de los productos será por demás eficiente, y los tiempos de entrega tendrán un alto grado de confiabilidad, merced al excelente control que se tiene con el flujo de información. Asimismo, los niveles de seguridad de los inventarios pueden tener límites más bajos, lo que a su vez redundaría en una mayor disposición de efectivo, tan importante para una empresa. Finalicemos este subtema con otra cita:

"El sistema desarrollado para la fabricación flexible ha conducido no solamente a máquinas más flexibles sino también a un flujo de materiales más flexible y, por lo tanto, más complejo. Se reconoce entonces la necesidad de un control de flujo de materiales programado, que debe colaborar con la programación de la fabricación."¹⁸

III.3 El control de calidad en la CIM

El hecho de comprar mejores bienes de capital o de introducir alguna innovación tecnológica en una empresa, generalmente es con el fin de optimar los recursos con que se cuenta. Por otro lado, debido a que existen en el mercado lo se podría denominar *etapas*, hay algunas que son etapas de compradores y otras de consumidores, esto es debido a que de alguna forma son los que imponen las condiciones de venta.

A partir de la década de los ochenta estamos en etapa de compradores, con lo cual los vendedores se ven obligados a satisfacer las necesidades de los compradores sin imponer condiciones; esto ha originado que, para satisfacer dichas demandas, se tenga que fabricar un buen producto y dar un buen servicio inclusive posventa, y de ahí que cada adelanto tecnológico sea con miras a satisfacer de la mejor manera posible las necesidades del comprador.

¹⁸Ídem p. 85

Con el concepto de Control Total de Calidad (TQC por sus siglas en inglés) introducido por Feigenbaum al final de la década de los cuarenta, se fijó una nueva forma de ver la calidad de los productos y dicho concepto también ha ido evolucionando, dando lugar inclusive a nuevas formas de ver el manejo de personal, que se han visto reflejadas en los llamados Círculos de Calidad, los cuales tienen como finalidad establecer las posibles fallas antes de que sucedan, por medio del personal asignado a dicha parte de la elaboración del producto.

Los Círculos de Calidad se desarrollaron en Japón antes que en cualquier otra parte del mundo, y debido a que la extensión territorial de dicho país es relativamente pequeña, tiene a su población muy aglomerada y no se dan diferencias culturales regionales tan marcadas como en otros países, es decir, poseen una identidad cultural que podría considerarse común; también hay que considerar que no existen diferencias significativas en cuanto a condición económica, lo que de alguna forma incide en que el trabajo en equipo sea armónico.

Los Círculos de Calidad (que en la bibliografía adecuada se les puede encontrar con otros nombres como: equipos de mejoramiento, equipos de trabajo, etc.), han tenido que ser incorporados en las empresas debido a sus resultados satisfactorios, pero analicemos cómo vienen presentados y, en el peor de los casos, como han sido interpretados. Se parte de la premisa de que los Círculos de Calidad deben ser introducidos en alguna empresa y hay que hacer creer (?) a la gente que deben participar en ellos porque son lo más importante de la empresa, (la gente) y así se van a obtener mejores resultados.

¿Hacer creer al personal que son importantes? Esto es algo que a nadie hay que hacer creer; debemos estar convencidos de ello, de lo contrario estaríamos partiendo de una premisa errónea y los resultados no serían los esperados. Ahora supongamos que estamos en la posición de establecer un equipo de trabajo para los Círculos de Calidad en alguna empresa, y que se van a iniciar a nivel operativo, por ejemplo, en un taller con obreros, un supervisor y alguien de un rango superior en cuanto a jerarquía administrativa.

Dejando sin resolver quién va a presidir en nuestro simulacro, veamos cuáles serían los objetivos: uno de ellos sería incrementar la participación en el mercado porque se ha venido reduciendo el margen de utilidades. Por otro lado supongamos el sueldo de los obreros un 10% por encima del mínimo establecido en la zona económica que se trate, aunque en realidad ¿cómo podemos partir del hecho que la gente es lo más importante con esos sueldos? *Es que son los que ya están establecidos* podrán responder algunos, o bien *no podemos incrementar los sueldos*

si se están reduciendo las utilidades, responderán otros, además, ¿cómo incrementar los sueldos si vamos a dedicar una hora a la semana (tiempo fijado para el Círculo de Calidad) de tiempo de producción para incrementar utilidades?

Todo esto parece un círculo vicioso, más que uno de calidad, pero para no seguir desviándose del problema enfatizamos la forma de abordarlo. Si va a ser difícil implantar alguna innovación a nivel operativo, creo que no es más que el reflejo de lo que pueda estar sucediendo a niveles superiores administrativos; por ejemplo, ¿será posible que sin problema se pueda proveer a todas las oficinas de una computadora? O bien ¿cuánto tiempo se llevó el adoptar los mismos Círculos de Calidad?

Así como en el concepto CIM, en el TQC la participación de la alta dirección debe ser convincente, pero no para los demás, sino para ellos mismos, de donde puede emanar la confianza necesaria para que las innovaciones que se pretendan implantar tengan la validez suficiente en cualquier estrato administrativo; es cierto que la sociedad vive en unas condiciones económicas en donde continuamente son difíciles las tomas de decisiones, pero no podemos poner como estandarte que el aspecto humano es el más importante cuando nos preocupamos más por lo económico: ambos aspectos se deben tratar de manera conjunta para poder ver las posibles causas que tengan lugar cuando exista una modificación a cualquiera de dichos factores.

Las personas encargadas del trato directo con el personal, que tengan una mayor jerarquía administrativa, deberían de ser apoyadas en cuanto a una formación que tenga que ver con las relaciones humanas; recordemos que los Círculos de Calidad nacieron dentro del ámbito de las ciencias exactas, pero no por ello debemos dejar de lado el apoyo en las ciencias sociales para poder realmente estar preocupados por lo más importante de la empresa: su gente.

Ahora en cuanto a calidad se refiere, se nos dice que debemos incrementarla, pero no se nos dice cómo. Debido al auge económico que ha tenido el Japón durante el período de la posguerra, los ojos del mundo se han tenido que detener a contemplar los adelantos tecnológicos que ha logrado ese país de poca extensión territorial, pero que tiene un gran pueblo y toda una tradición histórica y cultural.

Se ha hablado un poco acerca de la evolución del hombre, en cuanto a sus relaciones de producción, y las etapas en las que se ha dividido para su estudio. Se ha visto que en los últimos años se ha generado un avance tecnológico

que ha superado en mucho lo que no se había logrado en siglos; por el lado de las ciencias sociales los cambios no se gestan de una forma tan inmediata, pero también se ha avanzado, en lo que respecta al estudio del hombre por el hombre; la antropología social y la psicología han dado grandes aportaciones, destacándose en la última los estudios realizados por el profesor **Sigmund Freud**.

Freud establece que para darse una sociedad como la que actualmente existe, independientemente del modo de producción, se tuvieron que dar condiciones que tuvieron como base la represión, expresada fundamentalmente con dos aspectos: la represión sexual y la de autodestrucción (conocida como pulsión de muerte) sobre estas dos represiones descansa la sociedad actual.¹⁹

Desde que el hombre nace, se le empiezan a imponer una serie de restricciones que tienen como finalidad adaptarlo a las normas preestablecidas de la sociedad, las cuales pueden llegar a tener modificación, pero sólo a través de un largo proceso o por medio de una revolución, o de otra forma son normas a la que uno se tiene que sujetar. Esto ha llegado a configurar una serie de normas para toda la población, y todo aquél que las transgreda, transgrede a una parte de la sociedad; dentro del mismo estudio de Freud, *El Malestar en la Cultura*, cuestiona una cosa: ¿qué sucedería si por un momento pudiéramos hacer todo aquello que quisiéramos, todo sin alguna limitación? Se cree que no pasaría mucho tiempo antes de que todos hubiéramos satisfecho las apetencias sexuales y posteriormente nos daríamos a la tarea de exterminarnos los unos a los otros, con lo que daríamos fin a la sociedad; sería un final demasiado trágico, pero en fin, son las condiciones que están dadas, y si están bien o no, no es el momento ni el lugar para definirlo, de ello se encargan las personas que sobre ello entienden; aquí sólo se mencionan las bases de una teoría de gran aceptación.

Lo anterior se menciona con el fin de indicar el alto grado de normalización que se lleva a cabo en la planta productiva, en la que estamos sujetos a una serie de normas, para satisfacer una serie de demandas y no caer en una transgresión, por un lado, y por otro para que en la normalización de nuestros productos, las partes de repuestos garanticen que van a tener la confiabilidad requerida.

Durante la Segunda Guerra Mundial, el hacer productos en serie era de vital importancia para poder tener una mayor ventaja en armamento y poder ganar la guerra, fue el auge en la investigación de operaciones; ahora tenemos una mayor cantidad de productos en serie, de productos estandarizados, quizá las pautas

¹⁹Véase el *Malestar de la Cultura*. Freud, Sigmund.

de conducta sigan la misma tendencia con relación a las represiones anteriormente mencionadas, no se sabe, pero lo que sí se sabe es que se requiere producir cada vez mejores productos, en una mayor cantidad, para satisfacer las necesidades de la población; de ahí que no podamos hacer lo que queramos, y debamos seguir una serie de normas, por un lado para no transgredir las normas aceptadas, y por otro, para satisfacer dichas demandas.

Ya que se menciona la Segunda Guerra Mundial, y recordando que las guerras son el catalizador de la historia, es debido a ella que se dieron una serie de avances en el estudio de procesos productivos, destacándose principalmente, como ya se mencionó, la investigación de operaciones. Es en el año de 1949 cuando V. Feigenbaum acuña el concepto de Control Total de Calidad.

Después de la guerra, la industria japonesa creció muchísimo y empezaron a preocuparse cada vez más por la calidad e implantaron programas tratando de incrementarla en sus productos, ya que en ese entonces no eran muy buenos los productos japoneses; 40 años después, los mejores productos a nivel mundial, son de origen japonés. El éxito no fue cuestión de suerte, sino de una aplicación a fondo de los planes propuestos; se sabía que no se iban a tener resultados a corto plazo, lo importante era que se sabía que se darían.

Sólo a manera de ejemplo citaré a una persona que, afortunadamente, no creía en los planes a largo plazo: **Adolf Hitler**. Los alemanes lograron antes que en cualquier otro país la fusión del átomo, lo cual implicaba a largo plazo la fabricación de la bomba atómica; Hitler decidió resolver los problemas a corto plazo y no delegó responsabilidades, a diferencia de lo que sucedió en otros países que hicieron lo contrario. Los resultados todos los conocemos. El corolario es que debemos fijar planes a largo plazo, sobre todo si sabemos que los planes de control de calidad no se dan de la noche a la mañana, y no cesar en el esfuerzo por alcanzarlos, sobre todo si son contemplados en un proyecto a largo plazo, como lo es en el caso de la CIM.

Debido a la fuerte competencia en el mercado mundial, y a las cada vez más crecientes demandas de los consumidores, en cuanto a calidad se refiere, las empresas han tenido que implantar planes para poder incrementar la calidad de sus productos. Actualmente existen inclusive premios a nivel mundial que se otorgan a las empresas que realmente producen bienes con calidad, y que en determinado momento pueden llegar a ser aprovechados por el departamento de mercadotecnia en sus planes publicitarios. Pero la calidad implica muchísimo más que hacer bien las cosas desde el principio; debe de tomarse como una forma de vida.

Así como el hombre, la sociedad y la administración han tenido su propia evolución, asimismo la ha tenido el concepto de calidad. En su primer etapa, se le denominó, **operador del control de calidad**, en donde generalmente un solo trabajador tenía la responsabilidad de toda la elaboración del producto; extrapolándolo a las épocas para el estudio de la historia, estamos hablando del modo de producción feudal, en el cual se tenía una fabricación más artesanal.

Posteriormente surge el **mayordomo del control de calidad**, al crecer las demandas de los productos, debido a la decadencia del sector feudal. Esto dio origen al crecimiento de los burgos (población pequeña, dependiente de otra principal) y de la misma forma iban creciendo los talleres, dándose una mayor división del trabajo, pues ya un grupo de personas, al tener actividades similares, eran supervisadas en el control de calidad por el mayordomo; estamos en los inicios del capitalismo y por ende en su etapa primaria, el colonialismo.

Vale la pena hacer notar que en aquél momento, por un lado **James Watt** ya había descubierto la máquina de vapor, y por otro lado **Adam Smith** escribía *La Riqueza de las Naciones*, de donde se pudiera inferir que no se dan hechos aislados, sino que todo está ligado en un proceso histórico.

Regresando a la evolución del concepto de calidad, su siguiente etapa es la de control de calidad por **inspección**; ubicándose en el tiempo y en el espacio, estamos en 1930, fundamentalmente en Europa, lugar donde ya se había dado la primer gran conflagración mundial. Un país que no se había visto directamente afectado territorialmente en el conflicto, pero que ha aportado definitivamente en el concierto de la producción mundial, son los Estados Unidos de Norteamérica.

Dado que las actividades de producción habían crecido notablemente, ya fue insuficiente que todo estuviera a cargo de un superintendente, por lo que se hace necesaria la inspección en la calidad. En estos momentos se está gestando uno de los más severos golpes que ha soportado el capitalismo, la gran depresión económica, que hace que se revisen a los grandes teóricos de la economía, fundamentalmente **David Ricardo**, y surge una persona que habría de dar a la postre otro enfoque a la economía, **John Maynard Keynes**, quien propone una mayor participación en el mercado por parte del gobierno federal; por ese entonces, también es tiempo de grandes movimientos sociales, las revoluciones mexicana y la rusa, de grandes aportaciones en el campo de las ciencias sociales, **Freud** ya es reconocido y ya no se considera a la mujer como un ser humano de segunda, inclusive se le da el derecho al voto en una gran cantidad de países, Inglaterra

(venciendo a la sociedad victoriana), Italia, Alemania y Estados Unidos, entre otros.

Posteriormente, y regresando nuevamente a la evolución del concepto de calidad, debido a la Segunda Guerra Mundial, surge otra de las etapas del control de calidad, al que se le denominó **control estadístico de calidad**; fue el momento de proveer a los inspectores de herramientas estadísticas, y la aportación más grande es sin duda la inspección por muestreo, en lugar de una inspección del cien por ciento. Es durante la Segunda Guerra Mundial que se dan una serie de adelantos científicos, que habrían de dar un nuevo auge a la producción: la energía nuclear y la computadora. En el ámbito social la mujer era incorporada al campo productivo, debido a la falta de mano de obra masculina, lo que origina que se dé su independencia económica y tenga una mayor participación política; es el fin de los regímenes fascistas, que surgieron como necesidades de la época, pero que felizmente no tuvieron el fin que ellos esperaban, obviamente me refiero al fascismo en Italia y al nazismo en Alemania.

Surge la llamada Guerra Fría entre las potencias ganadoras, la Unión Soviética y los Estados Unidos, con los sucesos acaecidos en Hiroshima y Nagasaki se abre la negra prospectiva que espera a la humanidad en caso de no canalizar adecuadamente los adelantos que se obtienen del llamado catalizador de la historia, la guerra, porque si hubiera que valorar los adelantos en materia de comodidad material con los destrozos y la cantidad de traumas generados por los conflictos, creo optaríamos por estar en la edad de las cavernas, pero con una tranquilidad moral más apacible y una mejor prospectiva en términos generales para la humanidad.

La etapa más reciente en cuanto a control de calidad se refiere,(y que no tiene porqué ser la última), es la que se conoce con el nombre de **control total de calidad**, que como ya se mencionó anteriormente se formula en 1949, pero que no es sino hasta diez años más tarde cuando se empiezan a dar los resultados.

Pero intentemos analizar el actual control de calidad, en el tiempo y el espacio en el aquí y el ahora. Parece haber terminado la Guerra Fría y con ella se han dado a la luz algunos hechos que habían permanecido ocultos a los ojos de las sociedades occidentales, se poseía en la ex Unión Soviética uno o quizá el más grande ejército y muy bien equipado, para hacer frente a la otra gran potencia; pero ¿Qué hay de su distribución de la riqueza y de la calidad de sus productos? Poco hay que decir al respecto, pues los hechos saltan a la vista: el pueblo soviético es el que ha tenido que sufragar los altos costos de sostener una economía para poder sustentar su actividad bélica; puede ser que quisieran la paz, y por eso se preparaban para la guerra.

Pero por el lado del capitalismo las cosas no marcharon tan bien; lo demuestra su otra gran crisis, la crisis de 1973, conocida como la crisis petrolera; la organización de países exportadores de petróleo originó un cártel²⁰ y se da una escalada en los precios del crudo, que hicieron vibrar a las economías de los países del primer mundo, creando grandes problemas económicos y sociales a nivel mundial. Es la época de grandes movimientos sociales, como el Hippie, la Revolución Sexual, los movimientos estudiantiles.

Dado que los participantes de la Primera Guerra Mundial contaban a sus hijos las *hazañas* de la guerra en la que habían participado, puede ser que esto haya originado que estos hijos hicieran la Segunda, pero ellos no quisieron transmitir a sus hijos los horrores de la guerra y es por eso quizá que estos últimos enarbolaran mejor una bandera de amor y paz, detestaban la guerra de Vietnam, y a las estrofas de *Sueños de California*, se da un movimiento a nivel mundial en contra de los convencionalismos de la época, desde la forma de vestir y actuar, hasta llegar a una liberación sexual y el repudio a los convencionalismos, manifestada en sus líderes juveniles, Elvis Presley, los Beatles, los Rolling Stones, etc.

Después de esta digresión, tal vez un poco larga pero a mi juicio necesaria, regresemos ahora a la aplicación de los planes de control de calidad que deberán ser adoptados en la empresa con miras a la integración de un ambiente CIM, condición que deberá ser necesaria, porque recordemos que de otra forma, sólo estaremos produciendo más unidades pero con la misma mala calidad. Por lo que al llegar a la etapa de evolución del control de calidad denominada Control Total de Calidad (TQC), se preveen una serie de condiciones que deberán existir en la empresa antes de implantar propiamente la CIM.

¿Pero cuáles son los modelos a seguir? Sabemos que existe una tendencia a copiar lo que ya ha tenido éxito en otros lugares, en este caso los Estados Unidos y Japón, llevando éste último adelanto al primero en cuanto a planes de calidad se refiere, y que ha puesto en entredicho la vanguardia de algunos productos estadounidenses, incluyendo los automóviles.

Ha surgido también una gran cantidad de literatura en torno al control de calidad, algunos libros hasta han llegado a ser ubicados junto a Best Sellers, del tipo de Control Mental o de Personalidad, tan atrayentes a últimas fechas. Pero si nos ubicamos, como debe ser, en un plano de análisis de más profundidad, veremos que no resulta tan fácil, como en algunos de estos libros se plantea.

²⁰Convenio entre empresas destinado a evitar la competencia mutua.

Hay que mencionar, y esto lo hacen la mayoría de los libros, que debe existir una buena base matemática, sobre todo porque se tiene que hacer mucha referencia a la cuestión estadística que sigue teniendo una gran aceptación. En Japón existe una fuerte infraestructura en el campo de la educación escolar, no se diga en los Estados Unidos o los países de Europa. La realidad en México, por el contrario es otra: tenemos un nivel de instrucción escolar promedio en la población de ¡tres años! Que comparado con los países en donde ha tenido éxito el Control Total de Calidad, la diferencia es abrumadora; entonces ¿por qué querer implantar un programa que de antemano ya tiene una ventaja en contra para tener un éxito similar?

Existen algunos otros aspectos que son dignos de análisis, por ejemplo, en el libro de **Kaoru Ishikawa** *QUÉ ES EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD? La modalidad japonesa*, analiza el por qué ha tenido más éxito la implantación del TQC en Japón que en los países occidentales. Uno de los puntos que destaca es la religión imperante: comenta por ejemplo que en la religión con más influencia en Japón, se parte de que el hombre es bueno por naturaleza, a diferencia de lo que ocurre con el cristianismo, imperante en occidente como religión dominante, que parte del hecho de que el hombre es malo por naturaleza. La idea de **Ishikawa** se basa en las enseñanzas del confucianismo y budismo:

"El confucianismo se divide en dos ramas, una representada por Mencius, quien afirmaba que el hombre es bueno por naturaleza, y la otra representada por Hsuntzu, quien afirmaba que el hombre es malo por naturaleza. He estudiado el confucianismo desde varios ángulos y pienso que cualquier persona, con educación, puede ser buena según la mejor tradición de Mencius. Las enseñanzas básicas del cristianismo parecen decir que el hombre es malo por naturaleza."²¹

En principio se me ocurre un análisis más exhaustivo, pero sale de los alcances del presente documento; lo que sí quiero agregar es que no sólo existen diferencias entre oriente y occidente, (en cuanto a religión se refiere) sino entre los mismos países de occidente. Analicemos un poco, porque las diferencias han tenido que ocupar un lugar de estudio en relación con los diferentes niveles de desarrollo que existen entre los países occidentales pertenecientes al primer mundo y a los del tercer mundo, que es el caso de México.

Por todo esto considero que deben tomarse en cuenta condiciones que tengan que ver más con nuestra cultura e idiosincrasia para poder establecer un plan

²¹QUÉ ES EL CONTROL TOTAL DE CALIDAD. La modalidad japonesa, Ishikawa, Kaoru, p. 28

de calidad. Otro aspecto a tomar en cuenta es que se quieren tener resultados sin tomar en cuenta que debe existir capacitación; lo ideal sería que todo aquello que deseamos aplicar se lleve a cabo de una forma rápida y sin mucho tiempo de inversión. En los países de primer mundo se le da una gran importancia a la formación matemática desde los niveles básicos, cosa que no sucede en México por ello al desarrollar un plan de TQC, una de las primeras cosas que hay que hacer es adiestrar a todas las personas en cuestiones estadísticas, pues es de suma importancia tener tales bases, lo que plantea en sí graves problemas debido al nivel de instrucción de la población. En fin, considerar de forma real cuáles son nuestras ventajas y deficiencias, para tener mejores resultados al desarrollar un plan TQC.

CAPÍTULO IV. ESTUDIO SOBRE LA POSIBILIDAD DE LA CIM EN LA EMPRESA

IV.1 Infraestructura de hardware y software

En la medida que ha evolucionado la microelectrónica, sus avances se han dejado sentir en la informática. A partir del lanzamiento de las primeras computadoras personales en 1976, la industria de la transformación se vio favorecida con la aplicación de la informática a los procesos productivos. Por otro lado, se confunde a los diferentes tipos de computadoras englobando con este nombre, computadora, a máquinas con diferentes características y que requieren distinto hardware y software.

Las *computadoras* (conocidas también como *mainframes*), son grandes equipos cuyo precio varía de varios cientos de miles de dólares a unos diez millones de dólares; las más poderosas mainframes (y desde luego las más caras) son conocidas como *supercomputadoras*, y procesan del orden de mil millones de instrucciones por segundo (40,000 a 50,000 veces más rápido que una computadora personal); se dice que por 1987 existían del orden de sólo 150 de supercomputadoras en uso, sus clientes eran bancos, grandes oficinas de gobierno, aerolíneas con sofisticados sistemas de reservación.

Se puede tener acceso a otro tipo de equipo que, para distinguirlo del anterior se les nombró *minicomputadoras*, su precio oscila de los diez mil dólares a unos quinientos mil dólares, más accesibles en precio pero con una capacidad menor en cuanto a memoria, lo que limita las aplicaciones. Las minicomputadoras son ampliamente utilizadas por universidades y la mayoría de las grandes empresas.²²

²²Véase *Computers. Tools for an information age*. Capron, H. L.

Los más pequeños equipos de cómputo son las *microcomputadoras*, término que engloba a las *estaciones de trabajo* y a las *computadoras personales*, estas últimas con el paso del tiempo han ido incrementando su capacidad de memoria, que en sus primeras versiones era de 64 kilobytes, hasta las últimas versiones que han llegado a tener varios megabytes. El desarrollo del software para las computadoras personales ha evolucionado a la par con el crecimiento de la memoria, pues los paquetes de software son unos grandes consumidores de ésta.

A últimas fechas y con sólo una pequeña erogación extra, se pueden conseguir una computadora personal o una estación de trabajo casi al mismo precio, pero con una diferencia significativa en cuanto a capacidad de memoria, y por lo mismo rapidez en el manejo de la información. En este sentido sería preferible tener una estación de trabajo como terminal en los centros de fabricación, que una computadora personal, las cuales se utilizarían para trabajo de tipo administrativo que no requiere tanta capacidad de memoria.

Como equipo central para manejo de la información, en el caso que nos ocupa, sí se requiere de equipo más grande, pues se debe tener en mente que con ese equipo van a administrarse las bases de datos y el control de toda la información. Por otro lado, el equipo debe contar con las diferentes interfaces para poder manejar la información de los distintos periféricos, pues ya no se trata únicamente del equipo tradicional como son impresora, ratón o máquina para elaborar gráficos, pues un ambiente CIM debe considerar otro tipo de equipo como son el robot y el AGV, que deben ser controlados vía computadora.

También se debe tomar en cuenta la red que contendrá a las diferentes terminales, así como al equipo que estará conectado a dicha red y que no forma parte propiamente del sistema de cómputo, como serían las máquinas de control numérico, y todo el equipo especial que debe estar conectado a la red de cómputo.

Existe en el mercado software que puede ser aplicado en cualquier empresa; se cita como ejemplo *MAPICS* (por sus siglas en inglés, Manufacturing Accounting and Production Information Control System, contabilidad de manufactura y sistema de control para información de la producción) cuyos principales módulos son:

- de archivos maestros, que organiza, mantiene y muestra la información básica para la operación de manufactura;
- de control de inventarios;

- de planeación de materiales, que es una aplicación que convierte los requerimientos de los productos terminados en un plan de materiales para mostrar cuándo y cómo son requeridos los subensambles y componentes;
- warehouse locator, para ayudar en el control del espacio del almacén y en la exactitud de los inventarios;
- de compras.

Este paquete es ideal para pequeñas plantas; se puede encontrar en una gran cantidad de empresas así como el COPICS (por sus siglas en inglés, Communications Oriented Information and Control System, información orientada a la comunicación y sistema de control), que es más sofisticado que el anterior y para compañías más grandes.²³ En el caso particular, independientemente que sea comprado o elaborado ex profeso a las necesidades de la empresa, debe contemplar algunas características que lo hagan de fácil manejo para nuestro personal y la capacitación sea también más fácil.

En lo que respecta a características técnicas, no sólo debe contemplar el manejo de toda la información de una manera rápida y confiable, sino que deberá mandar los mensajes adecuados para la detección de problemas que se pudieran presentar, pues el solo hecho de que un material o una herramienta no estén en la posición adecuada, tendrá consecuencias en todo el proceso de producción; esto implica que los diferentes dispositivos que se empleen como sensores, ya sean de presión, temperatura y electrónicos deberán conectarse a través de interfaces de manera que puedan ser procesados por el equipo de cómputo.

IV.2 Requerimientos de software

Con base en el capítulo anterior se establecerán una serie de propuestas para la automatización de la producción, y se desarrollará una nueva distribución de planta con dichas propuestas. El primer paso para la automatización se efectuará en el almacén, dado que si se tienen los materiales adecuados en el momento preciso, se incide de manera directa en los costos de producción y en la optimización de tiempos. De aquí se desprende que debe existir una hoja de fabricación que salga de la jefatura de producción, para que en almacén se realice la distribución de componentes de acuerdo a la explosión de materiales del producto.

²³Véase capítulo 1 en *Fundamentals of computer-integrated manufacturing*, Foston, Arthur L. y otros.

Dicha explosión de materiales debe existir previamente en una base de datos para que, de acuerdo a la cantidad a producir, se emitan las órdenes correspondientes en el programa de control y se liberen los materiales del almacén o en su defecto, se lance el pedido a compras del faltante para cubrir la cantidad de producto a fabricar, previa verificación de los niveles en los inventarios.

De acuerdo con lo anterior, se establecen los requerimientos mínimos que debe tener la base de datos para que almacén, ventas y producción vean satisfechas sus demandas de una manera adecuada y se empiecen a optimar los recursos; por tanto, para la base de datos

producción proveerá:

- explosión de materiales por producto
- clave de asignación del producto
- orden de trabajo
- tiempo estimado para la entrega de materiales en el centro de fabricación
- cantidad a producir

almacén proveerá:

- cantidad de materiales en existencia
- tamaño del lote
- punto de reorden
- tamaño del inventario de seguridad

compras proveerá:

- tiempos estimados de entrega
- costos (para determinar costos de los inventarios)

Con base en la historia de la demanda se calcula el nivel del inventario, teniendo en cuenta que a una mayor cantidad de órdenes disminuye el inventario más rápidamente; y a una menor cantidad de órdenes lo hace con más lentitud (suponiendo que el inventario disminuye a una tasa constante). Para obtener el tamaño económico del lote se emplea la fórmula de Harris, (a manera de suposición, dado que la fórmula real dependerá de la situación verídica) que dice:

$$C(Q) = (AD/Q) + (iCQ)/2$$

donde

D = tasa de la demanda, unidades por año

A = costo por orden colocada, pesos por orden

C = costo por unidad, pesos por unidad

Q = tamaño del lote en unidades

i = tasa de interés de mantener el inventario, porcentaje del valor en pesos por año

$C(Q)$ = costo total de ordenar más costo de mantener, en pesos por año.

Debe tenerse en cuenta que en la fórmula están implicados tanto el costo por mantener como el costo por ordenar. Esta fórmula tiene la desventaja que supone la demanda constante, y que el nivel del inventario disminuye a una tasa constante. Para el punto de reorden, es necesario obtener un nivel de servicio que establece el nivel de demandas satisfechas con los inventarios. Con base en la distribución conocida de la demanda se supondrá una distribución normal, por lo que:

$$R = m + s$$

donde:

R = punto de reorden

m = demanda promedio durante el tiempo de entrega

s = inventario de seguridad, que puede expresarse como:

$$s = zS$$

donde:

z = factor de seguridad

S = desviación estándar de la demanda del tiempo de entrega

por tanto

$$R = m + zS$$

Se destaca que tanto el tamaño económico del lote como el punto de reorden pueden obtenerse de otra forma; se menciona lo anterior únicamente para ejemplificar los valores a tener presentes en la base de datos. Estos valores son calculados

y mantenidos dentro de la base de datos junto con la explosión de materiales, para que el flujo de materiales pueda ser mejor manejado y tener un adecuado control en las hojas de trabajo.

Una vez que son liberados los materiales y emitidas las órdenes de fabricación y compras, deben descargarse de la base de datos de almacén y entrar a una base de datos de productos en proceso, que pueda informar en todo momento la ubicación exacta de la pieza correspondiente. Además de los datos arriba mencionados, es conveniente que se tengan las fechas de entrada, tanto del pedido como, una vez fabricado, del producto terminado; ésta última habrá que cuidar que coincida con la fecha prometida, pero con la de producción a ventas, no de ventas al cliente.

En la medida que las bases de datos sean alimentadas con información verídica, las fechas de promesa de entrega deben ser una realidad. No se pretende ser exhaustivo en lo correspondiente a software, pero sí que quede manifiesta la importancia de lo que podríamos denominar el sistema neuronal de la empresa.

IV.3 Equipo especial. Robots

Desde que **Karel Capek** en 1921 en su obra de teatro estimuló la imaginación humana con los robots²⁴ (palabra de origen checo *robot*, que quiere decir trabajo forzado o de esclavo) estos han adquirido mala fama, acrecentada posteriormente por **Isaac Asimov** en algunas de sus obras de ciencia ficción. El robot actualmente es empleado en una gran cantidad de industrias con gran eficacia; no ha llegado a ser el androide que la mayoría de la gente imagina, pero su aplicación se ha incrementado a últimas fechas.

Hay quien considera a las máquinas de control numérico como los primeros robots, que en esencia no son otra cosa más que "...un manipulador mecánico con control programable."²⁵ Los robots han tenido aceptación en la industria por su gran flexibilidad para ser empleados en diferentes aplicaciones, y sobre todo porque pueden reemplazar mano de obra en actividades consideradas de alto riesgo o muy repetitivas; incluso algunos autores señalan la ventaja de que no se cansan y tampoco piden aumento de sueldo.

²⁴Véase **Computer-Automated Manufacturing**. Powers Jr., John H.

²⁵Ídem, p. 164

Independientemente de la posición adoptada, los robots juegan un papel fundamental en un ambiente CIM debido a que incrementan en forma considerable la producción, e inclusive la calidad de los bienes elaborados, pues la precisión con que ejecutan las diferentes tareas para las que son programados incrementa la confiabilidad en el proceso.

Existe una gran variedad de robots que se pueden encontrar para ser empleados en la industria, en términos generales sus principales componentes son mecánicos, electrónicos, de control y de cómputo. Dependiendo de su configuración mecánica, los hay de sistemas de coordenadas rectangulares, coordenadas cilíndricas, coordenadas esféricas y antropomórficas o de brazo articulado.²⁶

Por la forma en cómo mueven sus componentes o lo que vayan a manipular, se les clasifica en neumáticos, hidráulicos y eléctricos. Dependiendo del grado de precisión requerido en los procesos es como se les escoge, dado que el costo aumenta si es neumático, hidráulico o eléctrico, en ese orden.

Por su sistema de control los hay servocontrolados y no servocontrolados, y su diferencia fundamental estriba en la capacidad de adaptación a la flexibilidad de los procesos en los que son empleados. Con este panorama en mente, seleccionar un robot no es la tarea más fácil, pero conociendo el proceso no debe dificultarse. Por otro lado los fabricantes tienen asesores para dar un mejor servicio, pues no se trata únicamente de seleccionar al robot sino de ver los sistemas de control de cómputo.

Como otro equipo especial se puede considerar el sistema para el manejo de materiales en general y en particular los mecanismos guiados automáticamente AGV. Estos son mecanismos que pueden ser cargados y descargados por robots, y que podríamos definir como:

"AGV es un vehículo o carro que se puede mover en complicadas y cambiantes trayectorias por todo el piso de producción."²⁷

La forma en cómo se pueden mover por la fábrica es por medio de alambres enterrados en el piso y que pueden ser detectados eléctricamente por el vehículo, por líneas que pueden ser detectadas por un sensor fotoeléctrico, o bien, por sistemas inalámbricos y controlados por computadora.

²⁶Powers Jr., John H. *Computer-Automated Manufacturing*. p. 166

²⁷Ídem. p. 263

Este último elemento sería muy sofisticado para ser empleado en nuestro caso, pero se menciona por ser parte integrante de un ambiente CIM. En el caso del robot podría pensarse lo mismo, pero dada su capacidad de adaptación a la variedad de los productos en pequeños lotes de producción, así como la precisión y rapidez con la que puede realizar las operaciones, convendría tomarse en cuenta (resolvería el problema cuello de botella que se presenta en el proceso de pincelado), además haría honor a su etimología, pues no es que el pincelado sea un trabajo degradante pero se puede evitar esa labor de tipo repetitivo con el beneficio extra de prevenir una posible neurosis.²⁸

IV.4 Implantación en la empresa

Se recomienda que la producción se lleve a cabo por celdas que posteriormente serán ligadas en un todo congruente. En lo que respecta a la primer celda de producción, tan pronto como sea emitida la orden de fabricación debe iniciarse el flujo de información, que como primera escala podría ser un robot que realice diferentes operaciones, en la primera de las cuales *tome* la materia prima (madera en este caso) y la coloque en el cepillo para que realice la operación; posteriormente el robot vuelve a tomar la pieza y la lleva a la cortadora para hacer las tiras del ancho determinado; en el programa deben ser consideradas las diferencias de los anchos correspondientes a la entrada y a la salida en el proceso de corte; el mismo robot puede ser programado para colocar las tiras en el trompo para que efectúe el corte del perfil del marco y, dentro de esa misma celda de producción, realice el corte a 45 grados para que después arme los marcos. La figura IV.1 muestra en forma gráfica el procedimiento anterior.

Una vez que ya se tienen las tiras con el corte a 45 grados con el perfil del modelo del pedido, los sobrantes, en caso de existir, son almacenados y dados de alta en el almacén. Empieza ahora la descripción para la celda de fabricación para el armado del marco. En esta segunda celda de producción, otro robot toma el material donde lo dejó el anterior y la primera operación de este segundo proceso sería hacer las perforaciones en los cortes, para que posteriormente sean colocadas las cuñas, cuyo efecto es darle una mayor resistencia al marco.

Ya que se tiene el marco armado, el robot lo coloca sobre la máquina que hará el proceso de grabado y posteriormente pinta el marco por la parte posterior; mientras se seca el material, en el programa del robot se debe contemplar que

²⁸Véase capítulo I.2

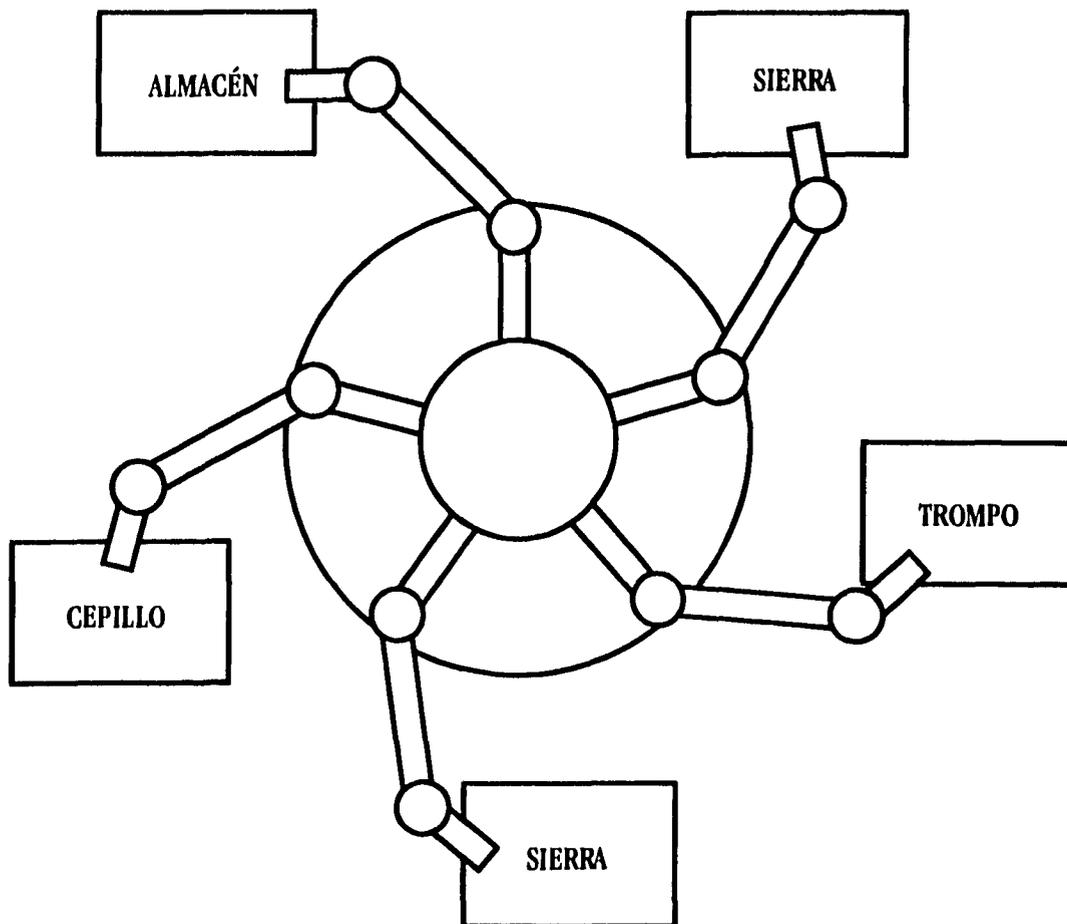


Fig IV.1 Primera celda de producción

haga el proceso de dorado y pincelado, que son los que mayor tiempo consumen y que por tanto representan un cuello de botella, que se pretende evitar con el empleo de este segundo robot. Luego de terminado este proceso, los marcos están listos para ser ensamblados con la litografía.

Dado que todos los cuadros llevan macocel, en el momento de emitir la orden de fabricación de los marcos, simultáneamente se efectúa la orden de corte del macocel; asimismo, de almacén se comprueba la existencia de litografía, para que, en caso de hacer falta, se emita la orden de compra correspondiente. Tanto el macocel como la litografía deben llevar el número de la orden de fabricación.

Como el proceso para la litografía y el macocel es más rápido, el tiempo para la emisión de la orden de fabricación debe ser contemplado en el programa de control, para que estén listos justo cuando el marco haya secado en el proceso de pincelado.

Con los tres elementos que componen al cuadro: marco, litografía y macocel, se procede al armado final. Se toma la litografía y es pegada al macocel para inmediatamente después ser colocada en el marco por medio de grapas; finalmente se pinta la parte posterior del macocel y se coloca el cuadro en una banda transportadora que lo llevará al proceso de patinado y sellado.

Conviene hacer una inspección de control de calidad al término de cada una de las celdas de producción, con el fin de detectar los posibles defectos antes de entrar a la siguiente celda y, en caso de que existan, que sean reportados al programa de control y se emita otra orden de fabricación para cubrir el pedido; también debe cuidarse que el material defectuoso sea descargado de la base de datos de productos en proceso.

En el momento que se cumple el tiempo para el secado final, se hace una última inspección de control de calidad, se descarga la base de datos de productos en proceso y se dan de alta en la base de datos de producto terminado. Conviene hacer un reporte de los incidentes de la orden de fabricación y elaborar un diagrama de espina de pescado con tales incidentes.

El diagrama espina de pescado es un segmento de recta que representa al proceso; lo ideal es que no existan perturbaciones en éste, pero en caso que existan, se coloca un segmento de recta en diagonal que se interseca con la que representa al proceso, y en este segmento se coloca un texto alusivo a la causa que ocasionó la perturbación; a su vez de esta perturbación se verifica si fue ocasionada por alguna causa y se coloca otro segmento de manera similar, continuando de esta forma hasta la causa primera de perturbación, no para

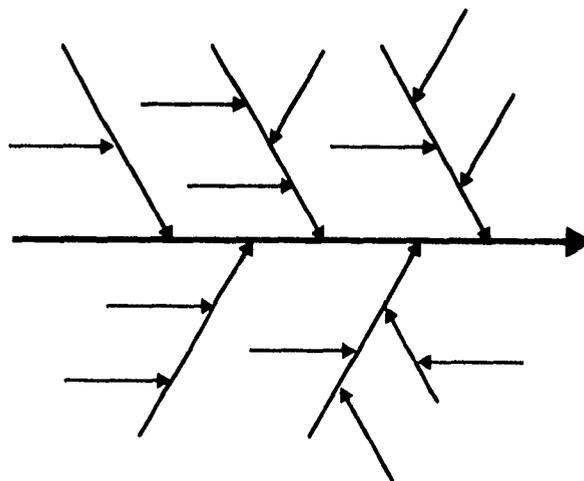


Fig IV.2 Diagrama de espina de pescado

posteriormente prevenirlos, sino para erradicarlos por completo del proceso. La figura IV.2 muestra un ejemplo (sin letreros alusivos) de un diagrama de espina de pescado.²⁹

Con la inclusión de los robots puede haber una disminución en las operaciones pues, por ejemplo, no habría necesidad del proceso de rebajado para que queden los lados del marco contenidos en un mismo plano; es un proceso que no cabría en una CIM y no por decreto, sino porque precisamente se emplea tecnología digital en el proceso para evitar tales fallas. La figura IV.3 muestra la distribución de la planta, ahora con la integración de los robots.

IV.5 El personal en la empresa

El hecho de considerar una automatización en la planta, no implica que los recursos humanos se vean desplazados, por ejemplo debido a la inclusión de los robots; se necesita supervisión para verificar la correcta posición de los materiales con los que trabajará, o de otra forma se requerirían sensores de visión, que incrementarían considerablemente su costo. En el caso del pincelado, no se perdería ese toque artesanal que pretende darse al marco, y el personal que ahí labora desarrollaría labores de inspección, dado que la vida útil del pincel así como la frecuencia con que debe limpiarse, incluso durante el tiempo del proceso, a pesar de que son susceptibles de ser considerados dentro del programa, elevarían su costo, por lo que se prefiere la supervisión humana.

Los datos con que se alimenta al sistema, sería conveniente que fueran hechos automáticamente, lo que acarrearía una mayor inversión en cuanto a hardware y software. Un adiestramiento al personal para alimentar al programa de control y la base de datos evitaría lo anterior, pues si se sabe en qué momento hacerlo y cómo hacerlo se puede evitar el gasto mencionado. Las condiciones de seguridad e higiene se verían mejoradas y ahora sí se tendría que hacer uso del sistema de absorción para desalojar el aserrín continuamente.

Una cultura de trabajo que considere máquinas sofisticadas con personal no se da de la noche a la mañana, y menos en nuestro ambiente. Requiere de mucho tiempo de dedicación y sobre todo de la voluntad para hacerlo. El cambio de actividades debe verse como eso, como un cambio, y no como un desplazamiento. Las personas encargadas de la capacitación deben contemplarlo y sobre todo estar

²⁹Véase *Qué es el control total de calidad*. La modalidad japonesa. Ishikawa, Kaoru.

convencidas de ello; el control de calidad se vería incrementado como una consecuencia de la interacción de la máquina con el hombre, por lo cual ésta sería otra de las nuevas actividades a desarrollar.

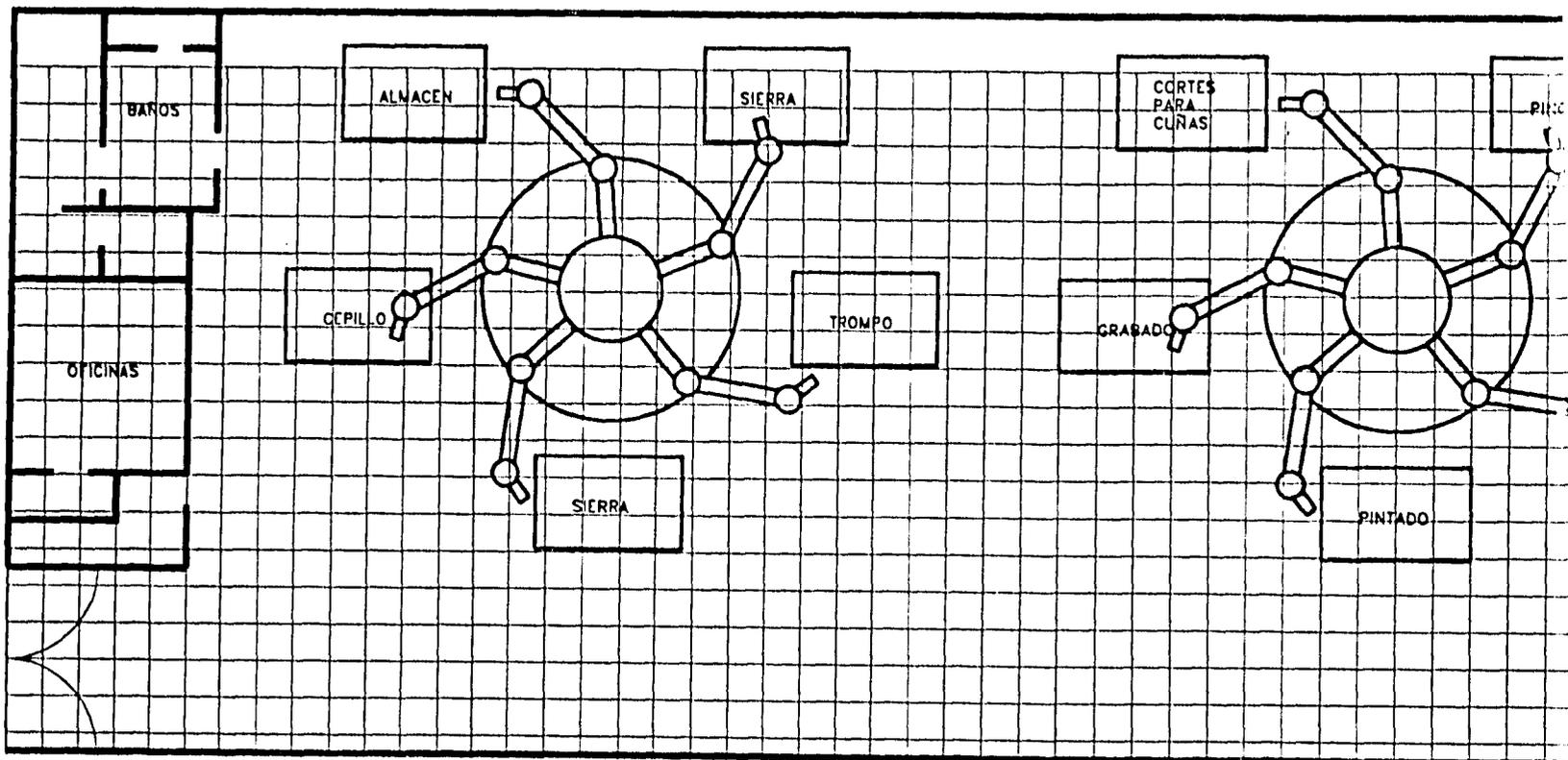
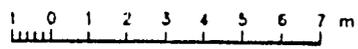
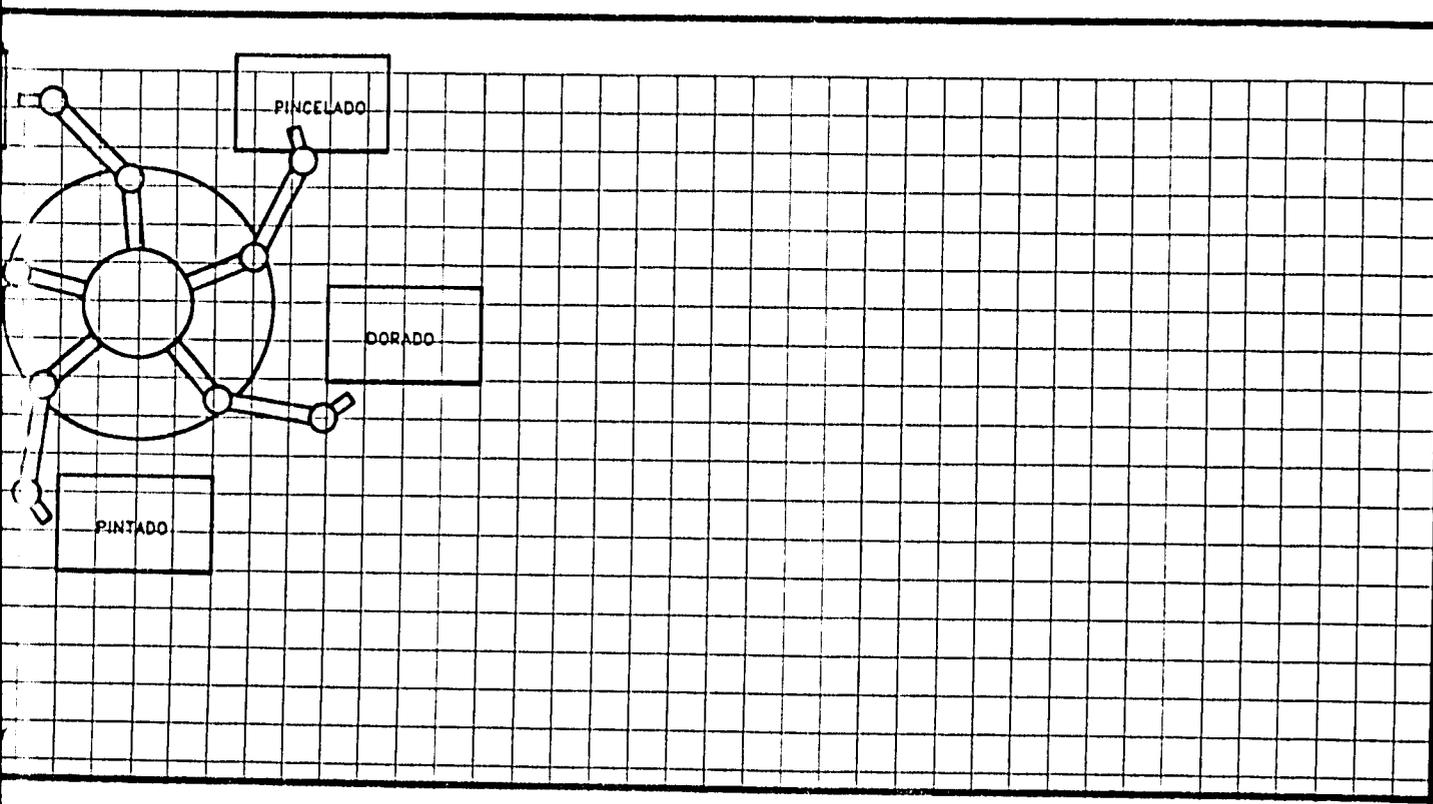


Fig IV.3 Distribución de la planta con los robots



CAPÍTULO V. COMENTARIOS FINALES

V.1 Prospectiva de la CIM

Para el inicio de 1995 son pocas las empresas que tienen un sistema CIM en el estricto sentido, pues implica una cuantiosa erogación que muy pocas de ellas se pueden dar el lujo de realizar. También tiene que seguir mejorando el complejo software para que se haga accesible.

"Conforme se desarrolle aún más el complejo software necesario para "ensamblar" todo el equipo físico (hardware) -en particular el protocolo de fabricación automatizada (MAP, manufacturing automation protocol)- sólo se necesitarán unos cuantos años más para que esta fantasía se convierta en realidad."³⁰

La cita anterior aparece por primera vez en la versión en inglés en 1987; han pasado esos "cuantos años" y ahora efectivamente es una realidad, pero sólo para unas cuantas empresas. Por otro lado existe mucho rechazo por parte de la población hacia este tipo de tecnología, lo que han retomado algunos escritores para señalar sus deficiencias; en este sentido se hace también la siguiente cita:

"El segundo frente de ataque importante contra la Fábrica del Futuro es la de aquéllos que sostienen que deteriora la calidad de vida laboral al disminuir la satisfacción que produce el trabajo y al descalificar los empleos. Este era un asunto que preocupaba a los escritores de los años cincuenta cuyo tema era la automatización, asunto que adquirió un nuevo ímpetu con la aparición de la escuela de administración que

³⁰Sociedad de alta tecnología, Forester, Tom, p. 208

*abogaba por las "relaciones humanas" y que destacaba la importancia del rediseño de los empleos para mejorar la satisfacción laboral.*³¹

Se entiende en la cita como "Fábrica del Futuro" a aquélla que emplea la tecnología de la CIM, y dado que hasta esa fecha eran pocas las empresas CIM, por eso se les denomina como escaparates. El mismo investigador señala:

*"No todos sienten un total entusiasmo por la Fábrica del Futuro o muestran un completo optimismo por lo que a sus perspectivas se refiere. Existe un escepticismo creciente entre algunos grupos, tanto respecto al ritmo de progreso hacia la CIM como acerca del posible impacto de la automatización en la calidad de la vida laboral. Conforme pasemos (aunque lentamente) de la fase de automatización "escaparate" o de muestra a la aplicación más general de nuevos sistemas en la industria manufacturera, los problemas técnicos y administrativos se acentuarán y el debate sobre los beneficios de la automatización se intensificará."*³²

Como se puede verificar, parece haber cierto escepticismo por la problemática inherente a la CIM y al ser humano; debemos recordar que la CIM es prácticamente una cultura, y de ahí la dificultad de su asimilación, pues, ¿acaso no son las diferencias culturales las que propician las guerras?

El desarrollo tanto de software, hardware y, ahora agregamos, las telecomunicaciones, se irán abatiendo en cuanto a costos para hacer más asequible la CIM a todas las empresas; las demandas de productos cada vez más crecientes será una motivación para éstas, y sus ganancias generadas un incentivo que permitirán el desarrollo de la tecnología CIM. Pensar que todas las empresas tendrán CIM con AGV's y sólo un mínimo de mano de obra parece muy lejano, y para las pequeñas empresas, casi imposible.

V.2 Conclusiones

La sociedad demanda satisfactores para cubrir sus necesidades básicas, pero al resolverse algunas de estas demandas por medio de nuevos procesos, se generan cambios de orden social en las relaciones laborales. La dependencia tecnológica

³¹Ídem p. 229

³²Ídem p. 226

del país, resultado de ser una nación en vías de desarrollo, nos condiciona a seguir las tendencias de los nuevos sistemas productivos generados normalmente en los países desarrollados. El concepto CIM muestra ser una excelente alternativa para producir los satisfactores antes mencionados ... y más; la desventaja principal que presenta, es su alto costo que, lamentablemente, la mediana industria en México no puede solventar.

Por otro lado, se vive una crisis económica que no ha permitido la adquisición de equipo para empezar a tener una infraestructura adecuada para la CIM; por si esto fuera poco, dicha crisis ha acentuado las de por sí ya precarias condiciones socioeconómicas de gran parte de la población del país. En este sentido, el panorama para la implantación de un ambiente CIM en la mediana industria parece poco prometedor, al menos por algún tiempo, en lo que mejoran las condiciones económicas en el país.

Mientras tanto es imperativo prepararse en horizontes de planeación de largo plazo, para ir elaborando el ambiente CIM en un futuro, esperando que no sea muy lejano; en el mediano plazo parece más factible resolver la problemática productiva con celdas de producción para posteriormente ligarlas en sistemas de manufactura flexible, que como se mencionó, son el primer intento de un ambiente CIM.

La calidad demanda una acción a corto plazo y de manera inmediata, de lo contrario las consecuencias serán letales tanto para la industria como para los consumidores: para la industria porque su estancia en el mercado depende en gran medida del incremento que en ese renglón adquiera, y para los consumidores porque irá más en detrimento de su nivel de vida. La calidad debe empezar a introyectarse como una forma de vida en toda la población; el cambio para mejorar en los procesos y en los productos empieza con un cambio en las actitudes ante el trabajo, y no debemos de esperar a implantar planes que le dieron resultado a los señores Deming, Crosby o Juran; el cambio de actitud empieza en un compromiso para con todos los demás y para con uno mismo, en el que asumimos las responsabilidades por llegar a la hora indicada al lugar de trabajo, por no tirar basura, por respetar los acuerdos tomados en consenso, entre otras. En cuanto podamos cambiar en este tipo de actitudes que parecen tan sencillas, entonces los catorce puntos Deming³³ serán considerados únicamente como una transición de nuestra forma de vida al lugar donde laboramos.

³³Véase *Cómo mejorar la calidad y la productividad con el método Deming*, Gitlow Howard S y Gitlow Shelly J.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El proceso histórico que nos ha sido legado, configuró la idiosincracia del mexicano actual; el proceso histórico que leguemos a nuestros hijos será el resultado de las acciones que hoy ejerzamos y de los errores que hayamos superado del pasado. Se ha visto que lo que ha dado buenos resultados en otros países no tiene porqué adaptarse tal cual en el nuestro; en el caso de la CIM, es el momento de actuar para diseñar tal concepto y aplicarlo a la sociedad en que vivimos; es el momento de incrementar los planes de capacitación acordes a los recursos humanos con los que contamos, y sobre todo es el momento de empezar a crear un México mejor del cual todos nos podamos sentir orgullosos.

Quizá falte mucho en México para ver en la mediana industria fábricas que tengan incorporada la tecnología CIM, no es cosa que deba preocuparnos, pero tampoco es algo en lo que no debemos actualizarnos; de lo contrario cuando llegue el momento, aparte de importar tecnología, tendremos que importar también los cerebros que la pongan a funcionar. Por otro lado, en las grandes empresas que hay en México y que sí puedan hacer uso de la CIM, necesitarán personas que puedan llevarla a cabo, por lo que la transición a la mediana industria no será tan difícil; en fin, el panorama no luce tan desalentador, y como ingenieros y como promotores del cambio estamos en un punto de inflexión para modificar el cambio en las actitudes, pero respetando la idiosincracia de nuestro mejor recurso: el recurso humano.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar Camín, Héctor

Después del milagro

Cal y Arena, México, 1990.

Baumgartner, H., Knishewski, K. y Wieding, H.

CIM. Consideraciones básicas

Marcombo S.A., Barcelona, 1991.

Careaga, Gabriel

Mitos y fantasías de la clase media en México

Cal y Arena, México, 1992.

Capron, H. L.

Computers. Tools for an information age

The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., California, 1987.

Chang, Tien-Chien, Wysk, Richard A., y Wang, Hsu-Pin

Computer-Aided Manufacturing

Prentice-Hall, New Jersey, 1991.

Feigenbaum, A.V.

Control total de la calidad

C.E.C.S.A., México, 1984.

Forester, Tom

Sociedad de alta tecnología

Siglo XXI, México, 1992.

Foston, Arthur L., Smith, Carolena L. y Au, Tony
Fundamentals of Computer-Integrated Manufacturing
Prentice Hall, New Jersey,

Freud, Sigmund
Civilization, society and religion
Penguin Books volume 12, London, 1991.

Gitlow Howards, S. y Gitlow Shelly, J.
Como mejorar la calidad y la productividad con el método Deming
Grupo Editorial Norma, Colombia, 1989

Harrington, H. James
Cómo incrementar la calidad productividad en su empresa
McGraw-Hill, México, 1988

Ishikawa, Kaoru
¿QUÉ ES EL CONTROL TOTAL DE CALIDAD?. La modalidad japonesa
Grupo Editorial Norma, Colombia, 1991.

Juran, J.M.
Juran y la planificación para la calidad
Díaz de Santos, S.A., Madrid, 1990.

Lévi-Strauss, Claude
Antropología estructural
Eudeba, Buenos Aires, 1977.

Luggen, William W.
Flexible manufacturing cells and systems
Prentice-Hall, New Jersey, 1991.

Machiavelli, Niccolo
The Prince
New American Library, New York, 1980.

Osborne, David J.
Ergonomía en acción. La adaptación del medio de trabajo al hombre
Trillas, México, 1990.

Paz, Octavio

El laberinto de la soledad

Fondo de Cultura Económica, México, 1992.

Powers Jr., John H.

Computer-automated manufacturing

McGraw-Hill, Singapur, 1987.

Ríos Szalay, Adalberto y Paniagua Aduna, Andrés

Orígenes y perspectivas de la administración

Trillas, México, 1983.