

Capítulo II

Revisión Bibliográfica

2.1 La Industria Automotriz en México

Actualmente, el automóvil es una necesidad para el ser humano; en el planeta no existe país que no tenga vehículos en circulación, prueba de ello son los más de 150 países sumando 600 millones de vehículos registrados en el mundo entero, que equivalen a un promedio de un vehículo por cada 8 habitantes de la tierra . Sin embargo, la distribución de automóviles varía según las condiciones socioeconómicas de cada país. Por eso, actualmente hay 905 habitantes por vehículo en Etiopía, mientras que en Estados Unidos la proporción es de sólo 1.3 y en México de 8.4. [OICA,2001]

Tabla N° 1.1: Producción mundial de vehículos en 2003 (millones)

[SISAM, 2003]

Por Armadora		Por País	
General Motors	8.4	1 E.U.A.	12.3
Toyota	6.8	2 Japón	10.3
Ford	6.7	3 Alemania	5.5
Volkswagen	5.0	4 China	3.8
Renault-Nissan	4.9	5 Francia	3.7
Daimler-Chrysler	4.9	6 Corea del Sur	3.2
Peugeot	3.3	7 España	2.9
Honda	3.0	8 Canadá	2.6
Hyundai-Kia	2.3	9 Reino Unido	1.8
Fiat	2.1	10 Brasil	1.8
Suzuki	1.7	11 México	1.8
Mitsubishi	1.6	12 Italia	1.4
BMW	1.1	13 Rusia	1.2
Mazda	1.0	14 Bélgica	1.1
Avtovaz	0.7	15 India	0.9
Resto	3.4		
Total	55.0	Total	55.0

Desde 1950 el número de vehículos ha aumentado no menos de diez veces [OICA,2001], mientras que la población mundial lo ha hecho a ritmo de dos [INEGI,2003]. La amplia disponibilidad de automóviles y camiones denota una industria creciente fácil de constatar. De 1950 a 1999 la población mundial creció de 2,500 a 6,000 millones de habitantes [INEGI,2003]; en el mismo orden, si se considera que la producción de unidades vehiculares creció de 10 millones en 1950 a 56 millones de unidades en 2001 [OICA,2001], se puede apreciar que el crecimiento de la industria automotriz fue del doble en relación al crecimiento poblacional.

Esta magnitud y dispersión de automóviles a lo largo de las últimas 5 décadas, justifica la cantidad inmensa de unidades ensambladas anualmente, que obviamente implica una industria global. Sin embargo, la razón por la cual se dice que la industria automotriz es global, obedece a cuestiones de mercado. Un mercado oligopólico, donde son pocas las empresas que dominan el vasto y diverso número de consumidores.

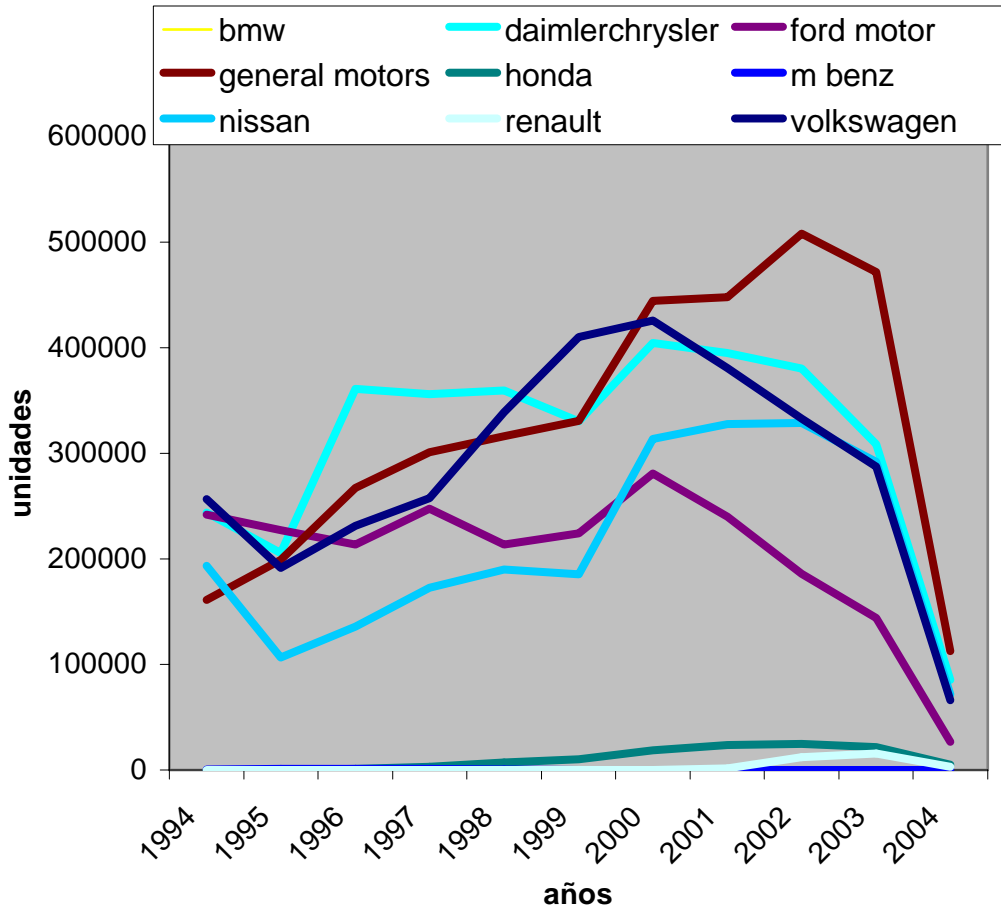
A consecuencia de la concentración de la producción automotriz en pocas empresas, se aplica el mismo esquema a los países. En 2001 sólo Japón y Estados Unidos fueron responsables de producir 25 millones de vehículos, que equivalen al 25% de la producción mundial [OICA,2001]; es lógico pensar que esa industria se encuentra altamente integrada y apoyada por sus respectivos gobiernos. Para dar una mayor visión, se presenta la siguiente gráfica.

Fig. N° 1.0: Producción mundial de vehículos anual

(datos de 2004 al mes de marzo)

[AMIA,

2004]



Los tratados comerciales que México tiene con otros países, principalmente en Norteamérica le dan un empuje fuerte a nuestra economía. El país es muy diferente a lo que era hace 20 años, México se está convirtiendo en un país industrializado, mientras que en la década de los 80's el 80% de la economía estaba basada en exportaciones de petróleo, hoy solamente el 25% de ésta se basa en ello. México exportó bienes en 2002 por una cantidad de 160 mil millones de dólares, muchas compañías trasnacionales se establecieron aquí a raíz de esto. [INEGI,2003]

Durante los últimos dos años se comercializaron más de un millón de unidades en el país; entre autos, camiones ligeros y vehículos para el autotransporte de carga y pasaje, sin embargo, si se compara las cifras de 2003 respecto al 2002, hubo una caída de 0.4% (4 mil 100 unidades menos). [SISAM 2003]

En lo que respecta al rublo de autopartes, la producción bajó 7.8% en el 2003, mientras que el valor de la manufactura de componentes subió a 11.5 mil millones de dólares. Otra caída reveladora se dio en la venta de autopartes, pues cayeron 6%, con monto de 11.6 mil millones de dólares; en tanto que la producción total de vehículos descendió 12.6% en este año.

En ese sentido, la venta de autos en el mercado doméstico decreció 4.5%; en camiones y autobuses la caída es del 3% en las ventas locales. [SISAM 2003]

El estudio de Sisam, señala que las importaciones de autopartes alcanzaron una penetración durante el 2003 de 55.1%, mientras que en automóviles subió la participación en 5 puntos porcentuales, del 54 al 59%.

De igual forma, para el sector del autotransporte se mantuvo en 6% la participación de las unidades importadas.

Analistas de la firma de consultoría automotriz (Sisam), advirtieron que la manufactura para el mercado interno muestra signos preocupantes, lo que lleva a pensar que “determinadas empresas abandonan continuamente la producción para el mercado doméstico”, al registrar 415.8 mil unidades, volumen semejante al de hace seis años.

No obstante, afirman que una salida para compensar el decremento interno son las exportaciones de productos automotrices, aunque en el 2003 se registraron diversos contrastes en el sector.

En autopartes el incremento fue de 3.4%, con un monto anual equivalente a los 10.5 mil millones de dólares; en el caso de vehículos el panorama es sinuoso, ya que volvieron a registrar volúmenes de exportación de hace tres años con una caída de 10.1%, pues en el 2003 se enviaron al exterior 1.19 millones de unidades contra 1.33 millones de 2002, que corresponden a 148.5 miles de autos, camiones y autobuses menos que en 2002. [SISAM 2003]

Sisam estima que las expectativas de la industria automotriz mexicana para el 2004, se presentan más favorables que en el trienio anterior, aunque cuestiona la etapa de desindustrialización en que se encuentra inmersa.

No obstante, observa a la producción como un proceso de valor agregado, puesto que los volúmenes crecientes de autos importados clarifican las tendencias de la apertura automotriz y evidencian las “estrategias de las armadoras de apostarle a los modelos no producidos en México para ganar participación en el mercado doméstico”.

El sector manufacturero juega un papel sumamente importante en la economía de México, su aportación al PIB ha crecido desde 1999 del 33% al 36% en 2003. En este sector, las industrias automotrices son las mejores en crecimiento y exportaciones, 17% más en relación a 1999 y 23% más en relación a 2001, a pesar de que en el último trienio han tenido un decremento del 12.6%. Como se puede apreciar, el crecimiento de la economía mexicana ha sido bueno, éste sin embargo está atado a la economía estadounidense, lo que quiere decir que México necesita extenderse con otros mercados como Asia, Latinoamérica y Europa, para disminuir tal dependencia.

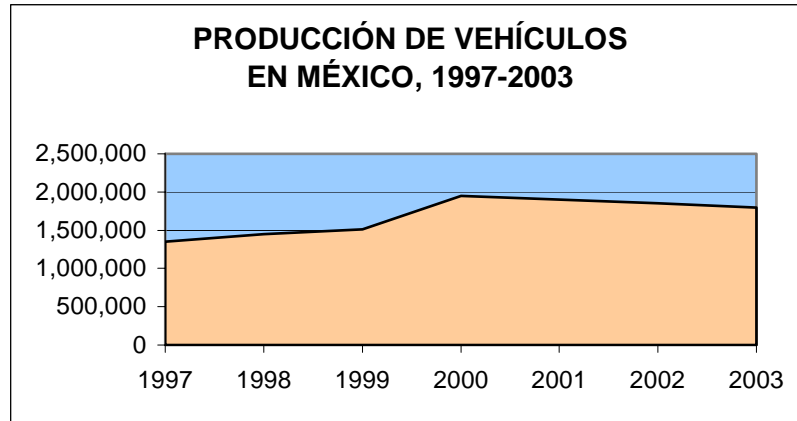


Fig. N° 2.1: Venta de vehículos en México de 1997 a 2003

[SISAM, 2003]

El fuerte aumento de exportaciones en los 90's se debió a que México había consolidado su posición de país exportador, no sólo de autopartes como motores y transmisiones, sino de automóviles terminados. Resulta difícil creer que México haya exportado vehículos antes de 1960, lo que nos hace pensar que la exportación no estuvo en los planes originales de las empresas que invertían en nuestro país. Su interés se orientó principalmente al mercado doméstico, más que por su tamaño, por su potencial de crecimiento. Como se puede ver en la gráfica siguiente, el mercado doméstico se recuperó notablemente después de la crisis de 1995, y creció en el 2001 con un alcance de 675 mil vehículos vendidos, para después decrecer en el 2002 y 2003, llegando a los 415,000 vehículos vendidos.[INEGI y SISAM, 2003]

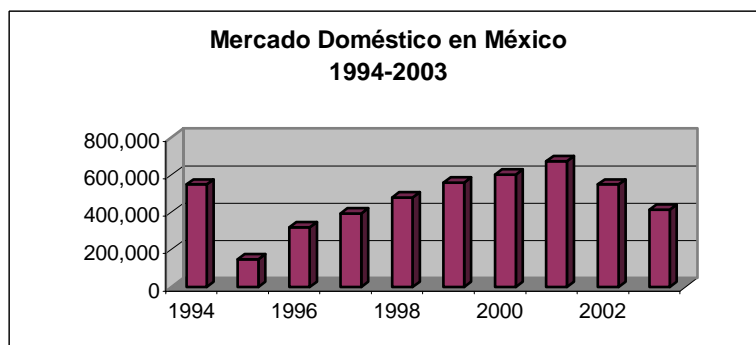


Fig. N° 2.2: Venta de vehículos en el mercado doméstico de 1994 a 2003 [SISAM, 2003]

Empresas trasnacionales, líderes en la rama automotriz han invertido y apostado por México, ya que la capacidad y las facilidades del país son muy atractivas. Su producción no se limita a su país de origen, ya que disponen de instalaciones de fabricación de partes, armado de vehículos, redes de distribución y hasta instituciones financieras que facilitan la venta de unidades nuevas en distintos países. En México, ésta es la distribución de algunas de estas empresas, [Acosta y Switek,1998]



Fig. N° 2.3: Industria automotriz en México

La industria de autopartes juega un papel sumamente importante en la economía del país, ya que obviamente, va de la mano y depende totalmente de las plantas ensambladoras. En la década de los 60's, la industria de autopartes tuvo un desarrollo, pero la mayoría siguió orientada al mercado de repuestos, no para el ensamble de vehículos nuevos, es decir, no como equipo original. La mano de obra que requiere esta industria mantiene un campo fértil para su desarrollo, cada vez mayor en México, dado el menor costo de la misma y su alta productividad.

Las cadenas de producción o vínculos de las empresas autoparteras a partir de sus proveedores parecen contar con grandes posibilidades de desarrollo, particularmente a través de alianzas estratégicas. Es un hecho comprobado que las empresas radicadas en México pueden alcanzar niveles internacionales de la más alta productividad, particularmente cuando se hace una selección escrupulosa del personal antes de la contratación, y una capacitación adecuada a sus necesidades.[CEESP,2001]

México es un comprobado competidor en los procesos intensivos en mano de obra. Las áreas más beneficiadas han sido el ensamble de vehículos, el armado de motores y la integración de subensambles tales como los arneses eléctricos y los paneles de instrumentos [INEGI,2003]. Los productores nacionales de primer nivel necesitan financiamiento más barato, más capacitación y un mejor ambiente general de negocios para enfrentar la competencia generada por los tratados comerciales de México con otros países, como el NAFTA.

La clave para la supervivencia y el desarrollo de muchas empresas automotrices ha sido, además de aprovechar estos tratados e integrar sus plantas en México a su cadena productiva en Norteamérica, Europa, Asia y otros países, desarrollar nuevos sistemas de manufactura que les ayuden a mejorar su productividad, ayudados por la más alta tecnología utilizada actualmente en la industria mundial, y que les ayuden a mantenerse en la competencia mundial. Esta es la razón por la que la mayor parte de los fabricantes de autopartes se han integrado a los métodos de producción globales, integración de cadenas productivas entre proveedores nacionales y armadoras trasnacionales.[CEESP,2001]

Los métodos de producción global utilizan sistemas de manufactura globales para su funcionamiento y están basados en el uso de tecnologías globales tales como :

- Sistemas CAD/CAM
- Rapid Prototyping
- Ingeniería Global
- Manufactura Virtual
- Manufactura Distribuida

Estos temas se estudiarán teóricamente a continuación, para después poder analizar los sistemas utilizados en México.

2.2 Sistemas CAD/CAM

A partir de las ventajas que nos ha dado la tecnología computarizada, los profesionales han querido automatizar los procesos de diseño, y utilizar esta información para desarrollar procesos automatizados de manufactura. Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM), implementados correctamente, pueden romper la barrera que normalmente existe entre el diseño y la manufactura de un producto. Cuando se usa el CAD/CAM se desarrolla una base de datos durante el diseño del producto, la cual se comparte en la manufactura del mismo.

Los gráficos computarizados interactivos (ICG) juegan un papel importante en el CAD/CAM. Con ayuda de ellos, los diseñadores pueden desarrollar una imagen del producto y al mismo tiempo guardar esta información electrónica, ésta puede ser dibujada en formato 2D, 3D o sólido. Las imágenes ICG están construidas a partir de geometrías básicas como puntos, líneas, círculos y curvas. Una vez creados, estas imágenes pueden

ser manipuladas en una gran variedad de formas, como son la ampliación, reducción o rotación de éstas, por mencionar algunas. Un sistema ICG tiene tres componentes básicos: el primero es el Hardware, que consiste en la computadora y sus componentes; el segundo es el Software, éste son los programas de la computadora y los manuales técnicos del sistema; y el tercero es el diseñador humano, el más importante de los tres. [Goetsch,1995]

El desarrollo del CAD/CAM inicia al final de los 50's y principio de los 60's en el Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT), cuando un grupo de estudiantes crea un lenguaje computarizado para simplificar las órdenes de un programa para una máquina de control numérico, el cual se le llamó Herramientas Automáticamente Programadas (APT). Este fue el primer lenguaje computarizado utilizado con este fin, que significó un gran paso para la automatización de procesos de manufactura.[Goetsch,1995]

La razón de usar un sistema CAD/CAM es la misma que justifica usar cualquier tecnología para una mejor manufactura. Nació de una necesidad de mejorar la calidad y productividad, y por lo tanto de ser más competitivo. Existen otras razones por las que una empresa introduce el CAD/CAM:

- Incrementa productividad

La productividad en el proceso de diseño aumenta, ya que los tiempos se minimizan notablemente. Los cálculos, el almacenamiento de datos y la ejecución son tareas que hace la computadora, así el diseñador cuenta con más tiempo para conceptuar mejor el diseño y completarlo en menos tiempo.

- Mejora la calidad

Ya que CAD/CAM le ahorra tiempo al diseñador, éste tiene la oportunidad de analizar más a fondo sus diferentes opciones y escoger la mejor, además como las tareas de labor intensiva las hace la computadora, se disminuyen errores.

- Mejora la comunicación

Los diseños hechos en CAD/CAM están más estandarizados y reúnen mayores especificaciones del producto y de su manufactura, por ello, existe una mayor comunicación entre el diseño y la manufactura del producto.

- Base de datos común

Esta es una de las más importantes ventajas del CAD/CAM, la base de datos generada durante el diseño del producto, puede ser usada en la producción de éste. Esto hace que la barrera que durante años hubo entre diseño y manufactura, desaparezca.

- Reducción de costos en prototipos

Con el diseño manual, se deben hacer prototipos para pruebas, añadiéndole costo al producto final, con CAD/CAM se pueden generar modelos 3D que reducen, y en muchos casos eliminan, la necesidad de construir prototipos. Algunas veces con programas específicos, los modelos sólidos pueden ser utilizados como prototipos.

- Rápida respuesta a los clientes

El tiempo de respuesta al cliente es crítico en la manufactura. Esta rapidez es una de las claves para ser más competitivo en este mercado tan fuerte. Actualmente, la empresa que más rápido responde es casi igual contratada como la que más barato vende.

[Goetsch,1995]

El CAD/CAM puede ser usado para muchas tareas, sin embargo, la mayoría de los diseñadores lo usan para las siguientes cuatro:

- Modelo del diseño

En el modelaje del diseño se desarrolla un modelo geométrico del producto, que describa la parte matemática de éste. La computadora convierte esta parte matemática en una imagen gráfica, que una vez hecha es fácil de manipular y editar.

- Análisis del diseño

El CAD/CAM ha simplificado esta tarea, el análisis del diseño del producto. Una vez que el diseño propuesto se hace, es necesario el análisis de éste bajo las condiciones en las que el producto realmente estará, métodos de transferencia de calor o de cálculos de esfuerzo-deformación, son métodos que implican muchos cálculos, los cuales absorben demasiado tiempo. Con CAD/CAM se pueden instalar programas especiales para este tipo de análisis que realicen todo el trabajo.

Uno de los métodos más utilizados para análisis esfuerzo-deformación de una pieza es el Método de Elementos Finitos (FEA). Para este método se requiere software especializado que constituya un conjunto de herramientas en un variado campo del análisis mecánico o estructural. Se pueden hacer muchos tipos de análisis con este software: lineal y no lineal, estático o dinámico. El análisis estático o dinámico lineal permite calcular las tensiones, desplazamientos o frecuencias naturales, como también predecir la respuesta dinámica a carga estática o dinámica. La [integración con paquetes de CAD](#) y las nuevas opciones de [análisis MES \(dinámica no lineal\)](#) potencian todavía más el software y hacen de él una herramienta versátil, cómoda y segura para el ingeniero del siglo XXI. El análisis estático, permite el estudio de esfuerzos, deformaciones,

desplazamientos y fuerzas axiales y de corte como resultado de la aplicación de cargas estáticas. Este tipo de análisis es adecuado cuando las cargas son bien conocidas y el máximo esfuerzo es evidente. Al ejecutar un análisis lineal se aplican cargas estáticas, como fuerzas o presiones, o desplazamientos conocidos "impuestos" a la estructura, o temperaturas que generarán tensiones térmicas. Se introducen también propiedades de material elásticas (densidad, módulo de Young, coeficiente de Poisson y coeficiente de dilatación térmica). Se introducen también la gravedad (con su dirección y sentido). Cuando las deformaciones son pequeñas las fuerzas se supone que no cambian a lo largo del proceso de deformación, así como tampoco cambia la rigidez del sistema. Además se cumplirá el principio de superposición, y se podrán combinar cargas para ver el esfuerzo unitario de cada una de ellas. Se puede suponer que el material no va a superar su límite elástico, y cualquier efecto dinámico a partir de la carga es insignificante. (Caesoft, 2004)

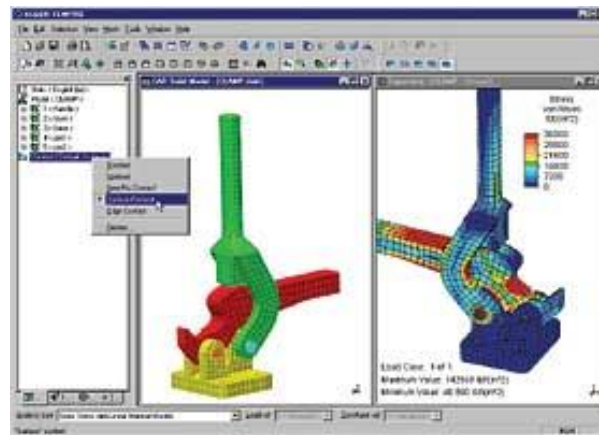


Fig. N° 2.4: Análisis por el Método de Elementos Finitos

Un ejemplo de este tipo de análisis es el de un equipo de competición de la copa Winston de NASCAR que optimizó el manejo y la estabilidad del vehículo utilizando

este tipo de análisis. El equipo SABCO, Mooresville, NC, empleó un análisis estático para mejorar el manejo de sus coches de carreras. Basándose en los resultados de deformadas, el equipo de diseño modificó el chasis trasero, consiguiendo un 25% más de rigidez. Esto hace al vehículo más fácil de manejar en las curvas, permitiendo al conductor mantener velocidades más altas.



Fig. N° 2.5: Vehículo NASCAR analizado por el Método de Elementos Finitos
- Revisión del diseño

Otro paso simplificado del diseño por el CAD/CAM es la revisión. El diseño se va haciendo con las dimensiones reales de la pieza o modelo, antes de ello se selecciona el sistema métrico deseado. Así, después de hacer el diseño en la computadora, se pueden poner las dimensiones en cuestión de minutos, ya que éstas quedan registradas en la base de datos al hacerlo. Otra ventaja de este paso son los diferentes layers que puede haber en un mismo diseño, los layers son diferentes tipos de línea, como son líneas punteadas, continuas, colores, grosores, etc. que el usuario establece en un solo layer. Así al hacer el diseño se va cambiando de layer para diferenciar las partes del diseño, o las

características que corresponden a ese layer. Con esto, podemos visualizar más ampliamente el diseño, ver las dimensiones y las características principales que tiene o deberá tener.

- Documentación del diseño

Este es quizá el beneficio más importante que nos ha traído el CAD/CAM. Y es que algo que se diseña no se tendrá que volver a hacer, ya que todo queda guardado en la computadora, hasta el más mínimo detalle quedará grabado en la base de datos.[Goetsch,1995]

Una vez que el diseño ha sido terminado y revisado, se guarda y se puede enviar a cualquier parte del mundo con ayuda de la tecnología global, para su uso y aprovechamiento por otra gente de la misma o diferente compañía; esta es la gran ventaja de usar CAD/CAM en las empresas automotrices, los diseños se pueden pasar por toda la cadena de la empresa trasnacional para que todos trabajen de la misma forma y con las mismas especificaciones, lo que lleva a un producto con igual calidad; además del ahorro de tiempo y trabajo que trae una disminución en el costo del producto final y por consiguiente una mayor competitividad en el mercado mundial.

Con el uso del CAM, actualmente, se pueden alcanzar muchos logros que antes no se podía, este sistema se utiliza en la producción de prototipos de materiales suaves como plásticos, o bien para producir lotes pequeños o producciones unitarias, ya que es un sistema muy flexible, siendo ésta una de sus ventajas más importantes. Las empresas en la actualidad ven el CAM como una necesidad, más que una ventaja, ya que sin éste no se logra tener competitividad en el mercado. La mayoría de las veces el CAM funciona con una base de datos generada en CAD, o directamente en lenguaje de Control Numérico

Computarizado (CNC). Cuando un diseño se hace en CAD, éste se fabricará por medio de comandos generados por el software que darán una pieza idéntica a la diseñada en computadora. Además, este programa ayuda a calcular tiempos de maquinado u otros parámetros, dependiendo del material y de la herramienta que se utilice. Esta misma pieza se puede hacer directamente con la máquina de CNC, con un dibujo en papel, se introducen los comando necesarios para que un centro de maquinado, con ayuda de su computadora, pueda simular el maquinado la pieza; se puede simular toda la operación antes del maquinado real para detectar errores de dimensión, posición o rutas de maquinado. El CAD es aprovechado también en las empresas que producen piezas de ensamble, ya que desde el diseño se pueden ensamblar dichas piezas, con esto se podrán reducir muchos defectos y la calidad en los ensambles se elevará considerablemente, además de que el ahorro en costos es muy alto, ya que en la actualidad existen Softwares especializados donde se pueden ensamblar vehículos completos con los modelos hechos en CAD, hacer análisis de geometría, de tolerancias o de rutas de ensamble; así se pueden hacer correcciones antes de fabricar los prototipos. Con ello, se ahorra el tiempo de fabricación y se tiene el producto con óptima calidad y menor costo.

El CAD/CAM ha revolucionado notablemente a la manufactura, los tiempos en que se hace un diseño han sido reducidos considerablemente, pero la ventaja más grande es que todos los datos del diseño se llevan o envían electrónicamente a la planta donde se vayan a manufacturar, en la que las máquinas pueden leer estos datos y permitan analizar a los diseñadores factores de funcionalidad o de seguridad por ejemplo. Con ayuda de la manufactura global, este intercambio de información en CAD puede ser llevado a cabo

por las grandes empresas automotrices en todas sus plantas, para que se puedan producir unidades en cualquier lugar del mundo como su mercado lo requiera.

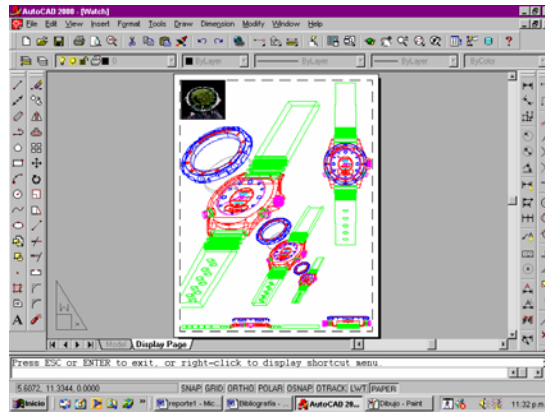


Fig. N° 2.6: Ejemplo de ensamblaje en un diseño hecho en CAD

Actualmente, una problemática del CAD es el intercambio de datos electrónicos. Este intercambio se debe realizar entre proveedores y compañía ensambladora en un mismo lenguaje, ya que al transformar datos de un software a otro, puede perderse o modificarse información. Es por ello, que organizaciones mundiales como la Odette, en Inglaterra, están realizando esfuerzos para diseñar un nuevo sistema estándar para el intercambio de datos electrónicos. De ello se habla en los próximos párrafos.

2.2.1 Intercambio de Datos Electrónicos (EDI)

Mover datos de un sistema CAD/CAM/CAE a otro, sin perder datos, y permitiendo a los usuarios acceder o intercambiar datos del producto desde cualquier sistema, puede traer serios problemas en la manufactura. Estas dificultades pueden ocasionar retrasos, cuellos de botella, errores, pérdida de datos, problemas de calidad y un intensivo retrabajo. Basada en EU, la empresa Pratt & Whitney estima que una

interoperabilidad correcta traerá una reducción de 2 veces al tiempo de mercado, de 5 veces al costo de mercado y de 200 veces en órdenes de cambios de ingeniería. Con estos datos de tiempo y costo, solucionar el problema de interoperabilidad de datos CAD/CAM/CAE del producto es vital para la industria manufacturera.

Un estudio reciente hecho por *US National Institute for Standards and Technology (NIST)* estima que los costos en intercambio de datos en la cadena de abastecimiento automotriz de EU son de 1 billón de dólares por año, y la proporción mayor de estos costos es para reparar o recrear archivos de datos que son inservibles para los receptores. De acuerdo al estudio de NIST, un fabricante estadounidense de automóviles estimó que ocurren más de 453 mil intercambio de datos anualmente dentro de la compañía y sus proveedores.

Una solución, adoptada por algunas grandes compañías es la necesidad de otros proveedores para adoptar el software usado por el fabricante principal . Esto sin embargo, tiene un gran costo para estas compañías, particularmente si deben adquirir equipos con elevados sistemas CAD/CAM/CAE para satisfacer las necesidades de sus clientes.[Robles, 2003]

Por qué es necesario el intercambio de datos?

El desarrollo temprano de intercambio de datos de ingeniería fue en áreas donde la calidad del producto y el reducido desarrollo trajeron tiempos críticos y donde el intercambio de datos demostró que era práctico y beneficioso. Por ello, la industria de motores comenzó a intercambiar diseños de panel para la manufactura de herramientas de

prensa y troqueles. Esto ha ido creciendo y ha sido usado en muchas aplicaciones por muchas industrias.

Tres ejemplos diferentes ilustran cómo es necesario este intercambio de información:

- Hay una necesidad de intercambiar las definiciones de las especificaciones de ingeniería cubriendo forma, materiales, acabados, desarrollo y expectativa de vida del fabricante al proveedor y a través de la cadena de abastecimiento de ingeniería.
- También hay una necesidad del proveedor de hacer una pieza con el diseño del cliente. Una aplicación particular de esto es la manufactura de herramental asociado a un componente específico o ensamble. Esto incluye el intercambio de diseños para prensas, moldes y herramientas de corte.
- Un fabricante desea crear una base de datos del producto total incluyendo los diseños de componentes de los proveedores. Se vuelve entonces necesario incorporar la definición de componentes estándar y de desarrollos diseñados por los proveedores, todos tienen que poder recibirse usando un intercambio digital de datos. [Robles, 2003]

2.2.1.1 Aspecto Técnico en el Intercambio de datos del producto

La creciente complejidad de automóviles, el proceso de diseño, y la cadena de abastecimiento automotriz ha elevado la importancia de un eficiente Intercambio de Datos del Producto (PDE). A medida que crece el volumen de PDEs, miembros de la

cadena de abastecimiento automotriz gastan más y más recursos traduciendo y transfiriendo datos del producto y resolviendo los problemas técnicos asociados con este intercambio. Estos problemas técnicos han tomado por ello gran importancia, porque afectan el costo y el tiempo requeridos para diseñar y manufacturar un automóvil.

Dados los muchos diferentes formatos en los que los datos del modelo del producto está desarrollado y almacenado, cada transferencia de datos requiere una decisión acerca del tipo de intercambio que será usado. Miembros de la cadena de abastecimiento automotriz deben intercambiar datos electrónicamente vía una red de comunicaciones segura, como la *Automotive Network Exchange (ANX)*, o deben hacerlo por la vía física, con cintas magnéticas, CD's o diskettes.

No importa de qué medio sea usado, las partes de la transferencia deben escoger un método para transferir los datos de un sistema a otro. La elección de todas las opciones disponibles depende de un número de factores, incluyendo el envío específico y los sistemas de recepción, la complejidad de los datos, y la disponibilidad de traductores. La decisión afecta los costos directos e indirectos asociados con el intercambio, porque diferentes métodos para el intercambio de archivos imponen diferentes labores y requisitos, además de imponer diferentes probabilidades de error y retrasos subsecuentes.

Teóricamente, problemas adicionales pueden convertirse en errores en el archivo no detectados. Estos errores son detectados después, en el proceso de producción, ya sea en la etapa de prototipos, en la fabricación de herramental o ya en la producción. Mientras más tarde se detecten estos errores en el proceso, costarán más las consecuencias en términos de costos directos e indirectos. [Robles, 2003]

2.2.1.2 STEP

Una solución de intercambio de datos que se lleva a cabo actualmente, la ofrece el sistema internacional STEP (Standard for the Exchange of Product model data). STEP permite al usuario integrar datos administrativos y técnicos y cubre todos los aspectos del ciclo de un negocio, desde el análisis de diseño, manufactura, ventas, y servicio. STEP va más allá de los formatos neutrales disponibles de varias maneras. Primero, incluye más tipos de datos requeridos para desarrollar, analizar, manufacturar, documentar, y apoyar muchos tipos de productos. Segundo, en vez de operar sólo en los elementos comunes para dos sistemas, STEP provee un modelo de base que incorpora un grupo de sistemas existentes y extensiones para apoyar las necesidades de aplicaciones especiales.

En su nivel actual de desarrollo, STEP ofrece un número de esfuerzos clave para compartir y almacenar datos.

STEP también permite a los fabricantes a colaborar con ingenieros de manufactura y herramientas durante el proceso de diseño. Ya que STEP permite operar a todas las disciplinas en un ambiente digital, los resultados de manufacturabilidad son solucionados priorizando la fabricación física. Por ello, la Ingeniería Concurrente (esfuerzos cooperativos y simultáneos por todas las áreas que conciernen a un producto) e Ingeniería Colaborativa (coordinación de los esfuerzos en toda la cadena de abastecimiento) son posibles en un sentido económico y casi a tiempo real. El análisis del impacto de cambios de diseño y proceso puede evaluarse. Los resultados pueden compartirse por el proveedor y su cliente, y por supuesto con toda la cadena de abastecimiento.

Los componentes eléctricos y la electrónica son parte de muchos ensamblajes complejos. Los elementos hidráulicos son comunes en el espacio aéreo y en las industrias automotrices. La mayoría de los sistemas CAD mecánicamente orientados, son incapaces de representar todas las intrincaciones de componentes eléctricos e hidráulicos. STEP permite la integración de componentes mecánicos, eléctricos/electrónicos e hidráulicos como sólidos verdaderos. La colocación de un componente eléctrico puede ser evaluada de acuerdo a todos los componentes circundantes de modos antes no posibles. La tubería puede ser evaluada en términos de vibración y generación y absorción de calor.

Por motivos legales, los datos CAD tienen que ser archivados en la industria automotriz hasta aproximadamente 30 años. No hay ninguna garantía del vendedor del software que será posible leer datos antiguos en todas las nuevas versiones de sistema durante todo ese período. A menudo, un vendedor de software sólo garantiza la compatibilidad de una versión a la siguiente.

LA estabilidad a largo plazo de los datos neutrales en el formato STEP es una mejora significativa sobre otras opciones de almacenamiento de datos. Mientras que los formatos de archivos CAD originales pueden cambiar cada uno o dos años, la información de STEP es siempre fácilmente recuperable y completa. Los conceptos empleados en el desarrollo, aquellos usados y aquellos desechados, pueden ser conservados. Ellos se vuelven parte del conocimiento del producto. La información retenida puede ser utilizada posteriormente, reconsiderada y, si es necesario, modificada sin un esfuerzo de desarrollo significativo. [Robles, 2003]

Los sistemas de manejo de datos del producto (PDM) desempeñan un papel fundamental en la reducción del tiempo al mercado de nuevos productos facilitando la

ingeniería concurrente. Los sistemas PDM mantienen una sola copia de los datos del producto maestro en una central segura; los datos son entonces distribuidos a aquellos departamentos que los requieran. Los datos de diseño modificados, actualizados son entonces salvados de nuevo en la central. Los sistemas PDM mantienen una historia del producto y facilitan el manejo de los datos.

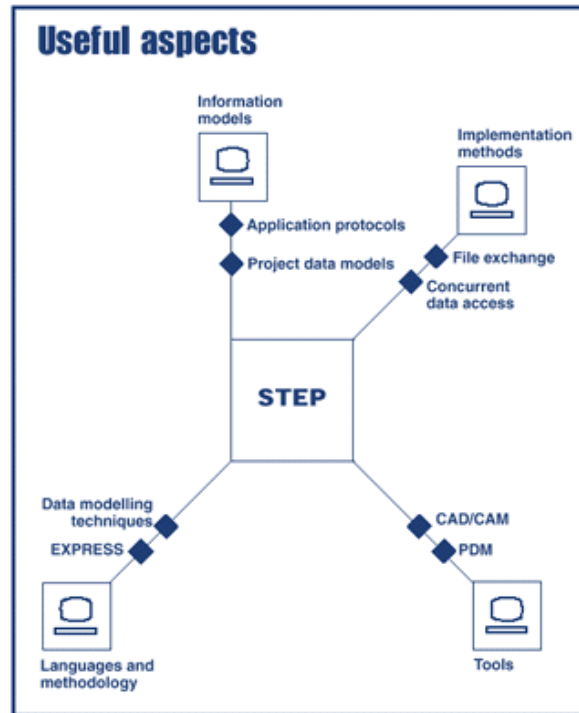


Fig. N° 2.7: Datos compartidos en STEP

[Robles, 2003]

2.3 Rapid Prototyping

Desde la introducción de Rapid Prototyping (RP) hace aproximadamente 20 años, esta tecnología se ha convertido en una parte esencial en el desarrollo de los diseños en muchas industrias, principalmente en la automotriz. Con RP se pueden fabricar prototipos de diseños rápidamente a bajo precio, para validarlos, medirlos y en algunos casos, también utilizarlos como modelos geométricos y a veces funcionales también. RP es un

ahorro importante en la manufactura de un producto, ya que permite al diseñador y al fabricante ver cómo será el producto que se quiera manufacturar antes de su producción. También permite hacer cambios en el diseño o cancelaciones de producción cuando los diseños son demasiados complejos o caros.

Recientemente, los principios de RP se han extendido para otros campos manufactureros, como son el Rapid Tooling (RT) y el Rapid Manufacturing (RM). RT ofrece métodos para manufacturar rápidamente moldes, mientras RM ofrece técnicas para una producción unitaria o de lotes pequeños de la pieza a producir. Algunos observadores de industrias ven estos conceptos (RP, RM y RT) como 2 principales ventajas: Primero está el aspecto de la comunicación, con técnicas de RP se pueden ver los diseños ya hechos prototipos ahorrándose tiempo y costos en tecnologías. La segunda ventaja, relacionada más con RM y RT, implica que la parte de manufactura puede mejorarse, dándole precisión o resistencia al producto. [Aronson,1997]

En la industria automotriz, el RP tiene una gran importancia y un desarrollo acelerado. La gran demanda que hay en la actualidad y las descripciones tan particulares de los clientes, obligan a fabricar vehículos complejos e individuales. Al mismo tiempo, la vida del vehículo se acorta, lo que hace necesario una aceleración del desarrollo del proceso en la industria del automóvil. El mercado formal se ha dirigido a la demanda específica del cliente, donde el vehículo tiene las características específicas que el cliente requiere, la tarea principal es ser el primero en lanzar ese vehículo al mercado. En tiempos anteriores, los pasos para el desarrollo de un producto estaban en un orden lógico y cronológico; un siguiente paso no se empezaba sin que se completara el anterior, así que había poca demanda de tecnologías rápidas. La desventaja de esta estrategia era la ineficiencia, ya

que los cambios causaban serios retrasos, entonces, el promedio del periodo de desarrollo era de aproximadamente siete años. [Burton,2000]

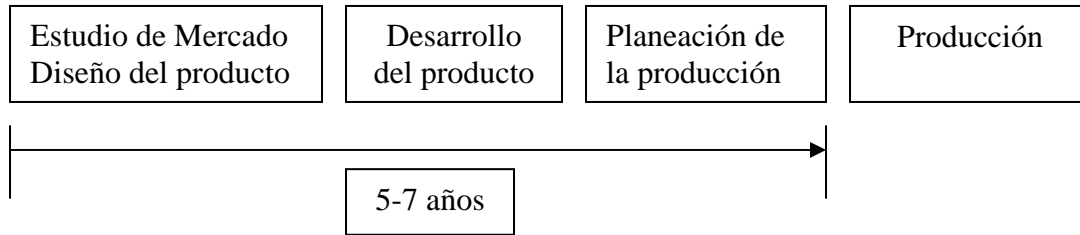


Fig. N° 2.8: Proceso del desarrollo de automóvil (en el pasado)

Ventaja: Secuencia lógica de todos los pasos

Desventaja: Ineficiente en caso de cambios

⇒ Poca demanda de tecnologías rápidas

Hoy en día hablamos de Ingeniería Simultánea, cuando el departamento de marketing está todavía discutiendo el diseño, el departamento de ingeniería ya está trabajando en conceptos y diseños, y ya está planeando la nueva línea de producción que se implantará. La consecuencia es una reducción en el proceso del desarrollo de un producto a tres años. Esto implica que cada departamento tiene que trabajar con información incompleta, y para una revisión más adecuada del diseño se necesitan tecnologías rápidas para entender el diseño completamente. [Burton,2000]

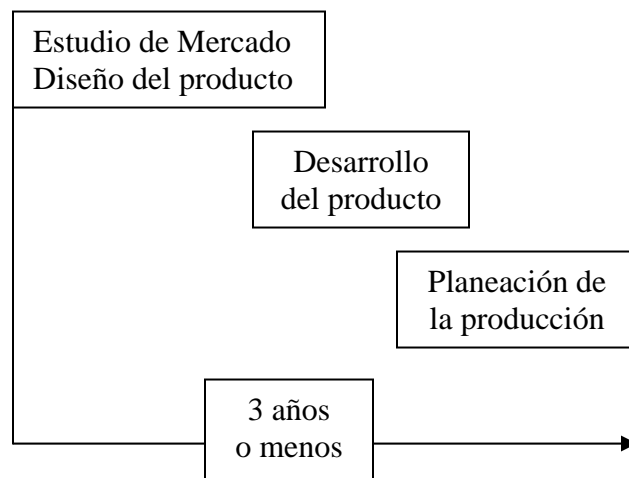
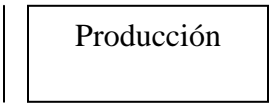


Fig. N° 2.9: Proceso del desarrollo de un automóvil (hoy)

Anteriormente, los prototipos eran usados para crear las formas de un producto así como los primeros vehículos de prueba, pero hoy, la verificación de propiedades tecnológicas y los programas avanzados de prueba dominan esta área. Más allá de revisar



Producción

la forma y las mediciones, el comportamiento del producto en un entorno real es simulado. Hasta las características de un prototipo de motor están muy cerca de las de un motor en producción en serie. Antes de salir, los prototipos reales son probados en condiciones climáticas extremas así como en superficies difíciles. En el departamento de pruebas, el trabajo también es simultáneo. En lugar de realizar un programa completo en una prueba de un vehículo, se utilizan varios prototipos para recibir toda la información necesaria en poco tiempo. Esto significa también un incremento en la demanda de productos rápidos.

No sólo los procesos internos han sido modificados, también las relaciones con los proveedores han cambiado. A los productores les interesa la competencia, la disminución de producción los lleva a los proveedores, quienes ya están envueltos en el desarrollo del producto antes que ellos, y entre proveedores hace falta un prototipo físico para poder competir. Una pieza física es mucho más fácil de vender viéndola, tocándola que un simple archivo en la computadora o un dibujo. Mas allá de prototipos de forma, lo que les interesa son prototipos de ensamble para revisar el montaje y prototipos funcionales para revisar una pieza que en ese momento sea necesaria. Así que las

modernas tecnologías rápidas son decisivas en la competencia de la industria del proveedor.

Con ayuda del CAD (Computer Aided Design) con hardware y software especializados para el diseño de modelos sólidos, se pueden hacer prototipos virtuales. Estos modelos digitales llamados “Digital Mock Up” son creados con todos los detalles geométricos de los componentes de todo el automóvil, para así tener el modelo virtual completo en una base de datos. Las grandes ensambladoras tienen los modelos de todas las versiones de un mismo automóvil, para así, poder hacer los cambios necesarios y realizar un montaje virtual en donde se puedan detectar problemas de colisión o de distancias más pequeñas que las requeridas por las normas entre piezas.

Este montaje virtual hecho antes de cualquier prototipo físico ayuda a disminuir el tiempo y los costos de desarrollo de un nuevo modelo. La calidad del producto se incrementa ya que se pueden detectar errores tempranos, pedir asesoría rápida y experta, intercambiar datos simplificados y tener una influencia temprana de un producto que todavía no existe.

El modelo digital o “Digital Mock Up” es un almacenamiento estructurado de datos del CAD, una ilustración completa en sólido que representa las diferentes variantes del modelo. Con este modelo se pueden visualizar las etapas del desarrollo, analizar los espacios de construcción, colisiones y espacios entre partes. Todo esto es parte de un análisis estático del montaje, pero también se puede hacer un análisis dinámico de algunas piezas, simulando el movimiento que tendrá una o varias piezas en movimientos bruscos del motor. Esto se hace por medio de envolturas que se dibujan alrededor de las

piezas que se moverán; éstas describen el comportamiento de dicha pieza con el motor trabajando. [Pürschel, 2002]

El uso de computadoras durante el proceso de desarrollo sigue creciendo. No sólo el diseño está ayudado por sistemas CAD/CAM, también es ayudado por software de cálculos y de simulación para evaluar la parte técnica del producto. El “Digital Mock Up” puede hacer un ensamble virtual del vehículo para revisar la geometría de todas sus partes. Así que podríamos preguntarnos si existe un futuro para las tecnologías rápidas en el desarrollo virtual de un producto. En caso de un desarrollo ideal virtual, la respuesta es No. La simulación sustituirá a las pruebas, que harán superfluos los prototipos. Pero, todavía no alcanzamos esa perfección en software de cálculos y simulación para reemplazar los prototipos. Las decisiones finales de funcionalidad siguen estando basadas en las pruebas físicas, en piezas como prototipos. Cualquier cálculo o simulación sigue estando validada por pruebas de partes reales y con esa experiencia.



Fig. N° 2.10: Diseñador y máquina de Rapid Prototyping

Usando simulación moderna y tecnologías rápidas, el tiempo de desarrollo de un automóvil se verá reducido a 3 años. Las pruebas con prototipos se harán sólo para confirmar estos cálculos y simulaciones y se ahorrará tiempo y dinero en la detección de errores tempranos, pero no podrán ser reemplazadas por ellos completamente. La consecuencia de un vehículo virtual, será la necesidad de mejores y más rápidas tecnologías de prototipos, ya que la competencia entre las tecnologías virtuales y rápidas estará basada en los resultados más cercanos a la realidad y en menos tiempo. Para alcanzar estos requerimientos, el proceso de RP tiene que ser optimizado. La selección de un método adecuado de tecnología rápida es la clave para ello. Sea sinterizado por láser, estereolitografía o cualquier otro el método que se vaya a escoger, depende de la intención de la aplicación y para lo que se quiera utilizar. Ya que esta selección es compleja por las diferentes variables necesarias, es bueno que el usuario (p.ej. Ingeniero) se apoye en software para tomar esta decisión. Parámetros como la aplicación, tamaño, grosor de pared, complejidad, número, material o superficie son importantes para la pieza, y parámetros como habilidad del proceso de simulación, retrabajo, tiempo, costos y calidad son importantes en el proceso de la pieza. [Burton,2000]



Fig. N° 2.11: Ejemplo de un prototipo obtenido por Estereolitografía

2.3.1 Técnicas de Rapid Prototyping

Actualmente muchos de los productos nuevos que demanda el mercado son de geometría muy compleja, es por ello que se utilizan las técnicas de Rapid Prototyping para solucionar esta problemática, ya que una máquina CNC no siempre puede alcanzar los requerimientos en tiempo y costo de la pieza prototipo.

Esta técnica es en esencia la fabricación de modelos, apoyada en el estado del arte en Mecatrónica, y está basada en la modelación del prototipo en sólido 3D (3 dimensiones) en un paquete de CAD, donde es generado el modelo virtual del prototipo a fabricar, este sólido se malla o particiona en centenares o millares de superficies en formato STL. Este archivo (STL) se envía a la máquina de Rapid Prototyping donde se procesa de acuerdo al principio de funcionamiento del método a utilizar.

Existen principalmente 3 categorías de fabricación que son: Sustractivo, Aditivo y Compresivo, siendo los más comunes el sustractivo y el aditivo. Del sustractivo el mejor

ejemplo es el maquinado de control numérico (CNC). En el aditivo el sólido es dividido en pequeñas rebanadas horizontales la cual se fabrica una por una uniendo la última elaborada a la previa de acuerdo al proceso a utilizar en el diseño y construcción de un prototipo del producto en un tiempo mínimo. En el proceso compresivo se utilizan moldes hechos por CNC o fundición y se comprimen polvos de plásticos o metales para fabricar la pieza, también se hacen prototipos por inyección de plástico, pero este proceso toma más tiempo debido a la fabricación del molde.

Antes, hacer un prototipo costaba meses, ya que era lo mismo que producirlo, pero ahora con la creación de las técnicas Rapid Prototyping se puede ahorrar tiempo y se puede tener una idea más real de lo que va a ser el producto en cuestión de días u horas. Existen decenas de métodos Rapid Prototyping hoy en día, sin embargo sólo 8 son los más comunes en el mercado mundial, por sus características de precio, velocidad, acabado y materiales.

1. ESTEREOLITOGRAFÍA (SLA)

Este método quizá es el más utilizado en los modelos Rapid Prototyping, el costo de la máquina necesaria para éste es muy elevado.

Esta técnica consiste en la actinización o solidificación de una resina fotosensible bajo la acción de un rayo láser o luz ultravioleta. En las máquinas con sistema tridimensionales un pequeño tanque contiene el fluido polimérico y dentro de él hay un

cilindro que tiene la libertad de subir y caer. Este cilindro se puede mover hasta justo debajo de la superficie, dejando así una pequeña capa de fluido.



Fig N° 2.12: Máquina de Rapid Prototyping por Estereolitografía

[3D Rapid,2000]

La fabricación se realiza por capas, estas capas son calculadas por el software, las cuales pueden medir desde 0.25 hasta 0.75 mm de espesor. El láser traza la forma de la primera capa en la delgada capa del fluido polimérico, y cuando el láser toca el fluido, éste se asienta y se solidifica. Cada capa o layer una vez solidificado se sumerge en el recipiente de resina para dar lugar a uno nuevo, y así sucesivamente, hasta fabricar el sólido completo.

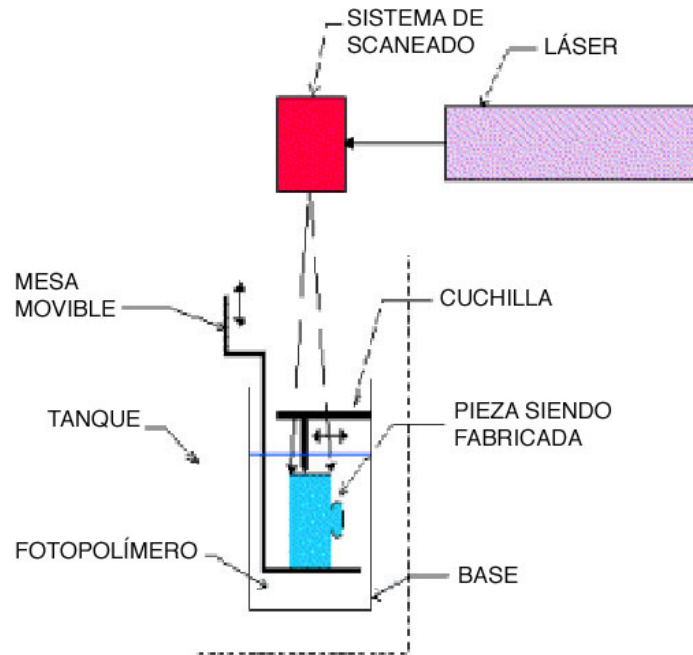


Fig N° 2.13: Técnica de Estereolitografía (SLA)

[3D Rapid,2000]

2. MODELACIÓN POR DEPOSICIÓN FUNDIDA (FDM)

La tecnología FDM (Fused Deposition Modeling) de Stratasys produce partes mediante el depósito de múltiples materiales de filamentos a través de dos “Extrusion Tips” calentados. La máquina coloca una pequeña capa de extrusión, ya sea de plástico, o de cera cuando se desea hacer fundición a la cera perdida. Este material se va agregando por capas hasta formar la pieza que se desee. Las piezas que se pueden hacer mediante este proceso son de capas más gruesas que el de Estereolitografía, su espesor es de 0.13 mm. Esta es una de las técnicas más rápidas de Rapid Prototyping y es más segura, ya que maneja polímeros líquidos o en polvo con más variedad que en el caso de Estereolitografía, sin restringirse sólo a resinas fotosensibles.

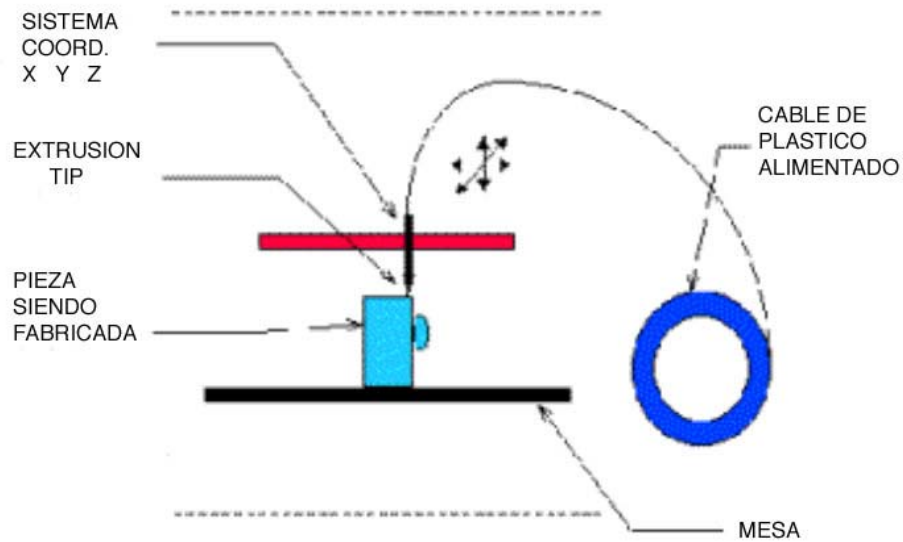


Fig N° 2.14: Técnica de Modelación por deposición fundida (FDM)

[3D Rapid,2000]

3. LAMINADO DE OBJETOS (LOM)

Este método consiste en adición de láminas de papel, plástico o cera sobre una plancha donde es cortada por medio de un láser. Cada lámina es previamente adherida sobre la anterior y al final del proceso las secciones que no pertenecen al sólido fabricado son retiradas como gajos. Después de que cada hoja se ha colocado en posición con un rodillo calentado.

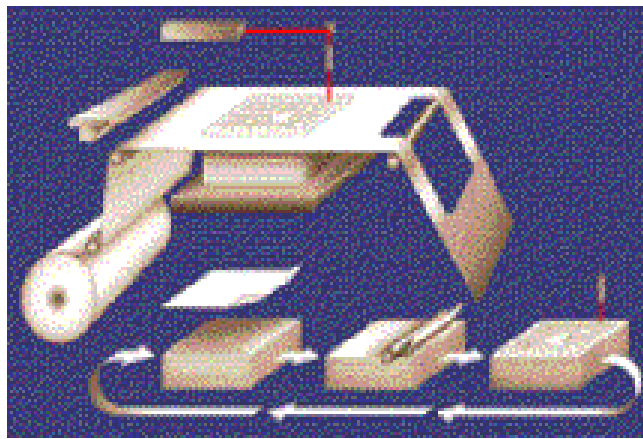


Fig N° 2.15: Proceso de Laminado de Objetos (LOM)

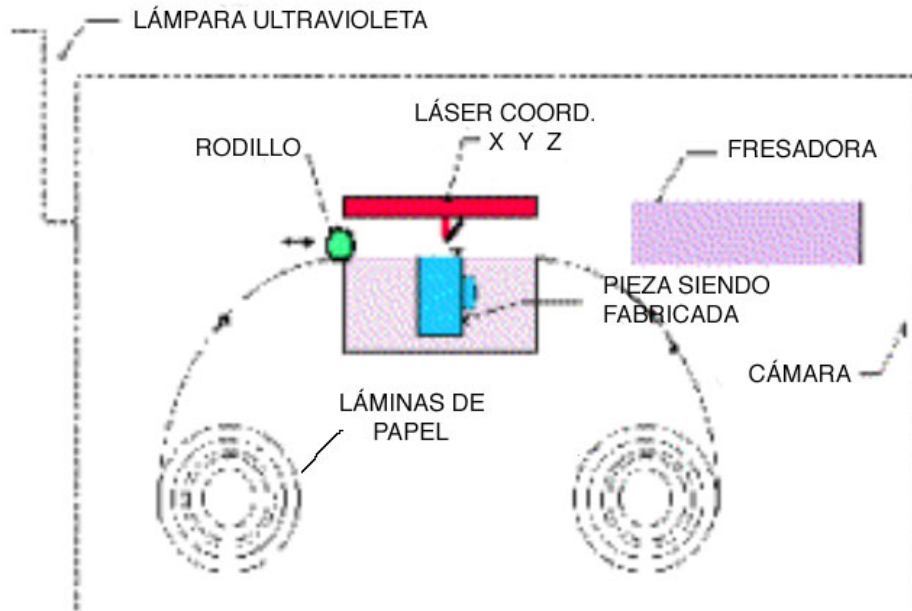


Fig N° 2.16: Técnica de Laminado de Objetos (LOM)

[3D Rapid,2000]

4. SINTERIZACION POR LÁSER (SLS)

Selective Laser Sintering (SLS) de DTM usa polvos de plásticos o metales para la producción de objetos sólidos. En esta técnica se toma el modelo de CAD en capas, la máquina se apoya en una capa delgada del polvo polimérico y una computadora dirige un láser sobre la superficie de la nueva capa. El calor del láser ocasiona que el polvo se funda juntamente formando una capa. Después de completar una sección con la misma forma, se repite la misma operación hasta que sea completada la geometría deseada. El polvo que permanece sin cambios por la acción del láser, actúa como un soporte para la parte sinterizada y después se cepilla cuando la pieza esta completa. Los materiales que comúnmente se utilizan en este proceso son: nylon, poliamidas o ceras para envolver en

procesos de fundición. Las capas en estos prototipos rápidos están entre 0.1 y 0.2 mm de espesor.

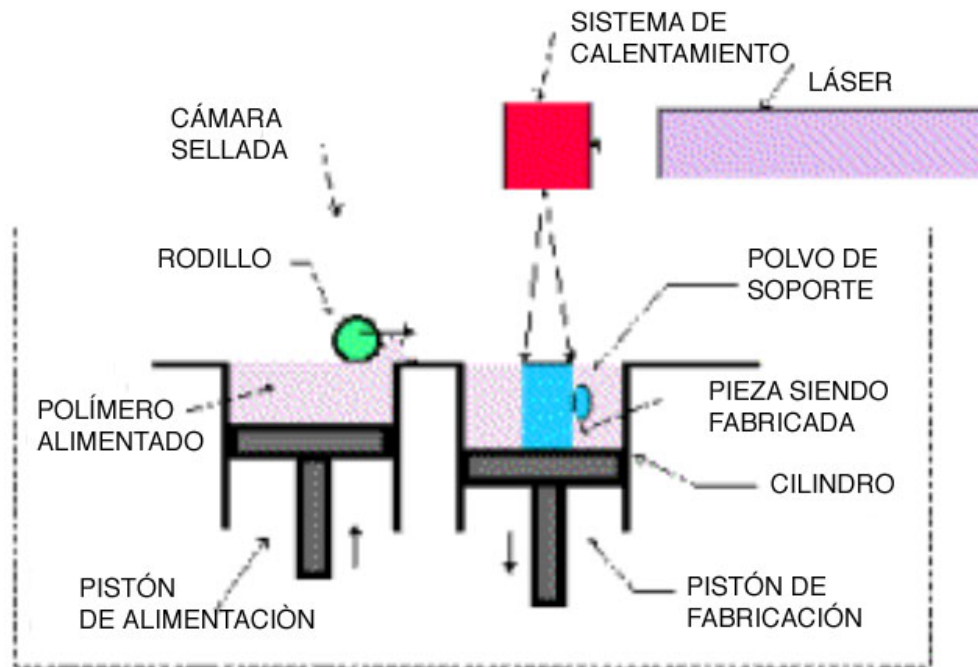


Fig N° 2.17: Técnica de Sinterización por Láser (SLS)

[3D Rapid,2000]

5. IMPRESIÓN 3D (3DP)

Este método consiste en depositar un líquido adhesivo sobre una capa de cera en polvo, proceso similar al de una impresora de tinta, logrando objetos tridimensionales en tiempos cortos y a bajo costo. Este proceso tiene un costo bajo y es uno de los más rápidos de Rapid Prototyping. La desventaja en esta técnica es que las piezas fabricadas son muy frágiles, debido a los materiales que se utilizan en el proceso y también debido a la rapidez de éste. El principal uso que se le da a esta técnica es para visualizar la fundición y la tolerancia de fabricación es de 0.007 pulgadas.

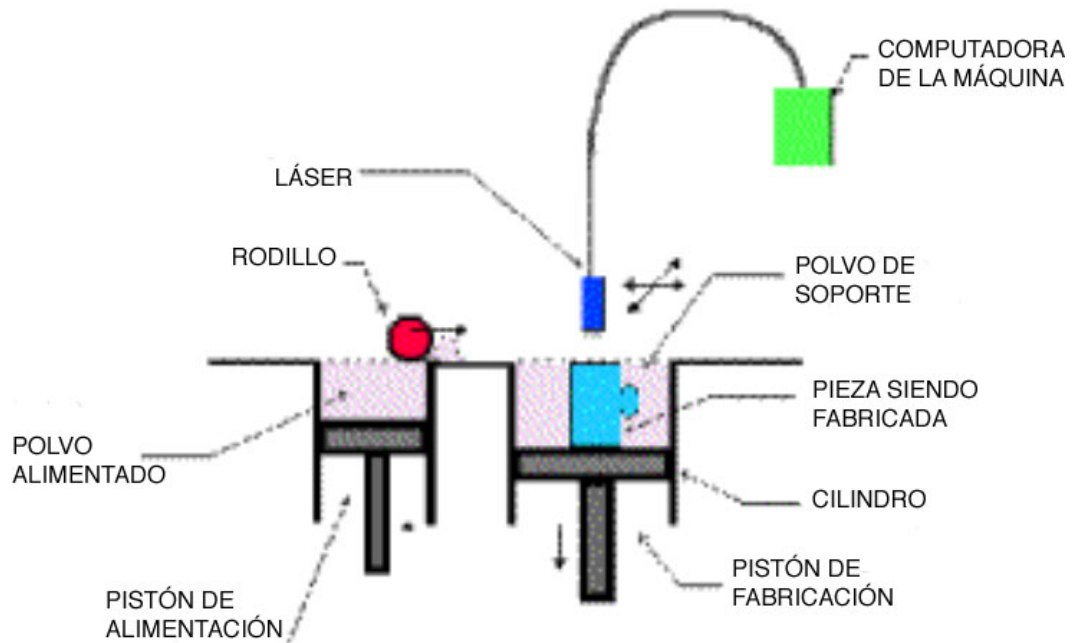


Fig N° 2.18: Técnica de Impresión 3D (3DP)

[3D Rapid,2000]

6. MODELACIÓN POR DEPOSICIÓN (SDM).

La mayoría de los métodos Rapid Prototyping tienen ciertas limitaciones, como son: Variedad en los materiales, funcionalidad del producto, tolerancia de fabricación, requieren equipo especial. Por ello se pensó en un método con el que se pudieran combinar materiales y formas complejas, con SDM se pueden hacer prototipos con una gran variedad de materiales, funcionales, con una tolerancia comparable a la de un maquinado convencional, usando herramientas de maquinado convencional y también se pueden insertar componentes como sensores, actuadores o piezas de electrónica antes de fabricar el modelo.

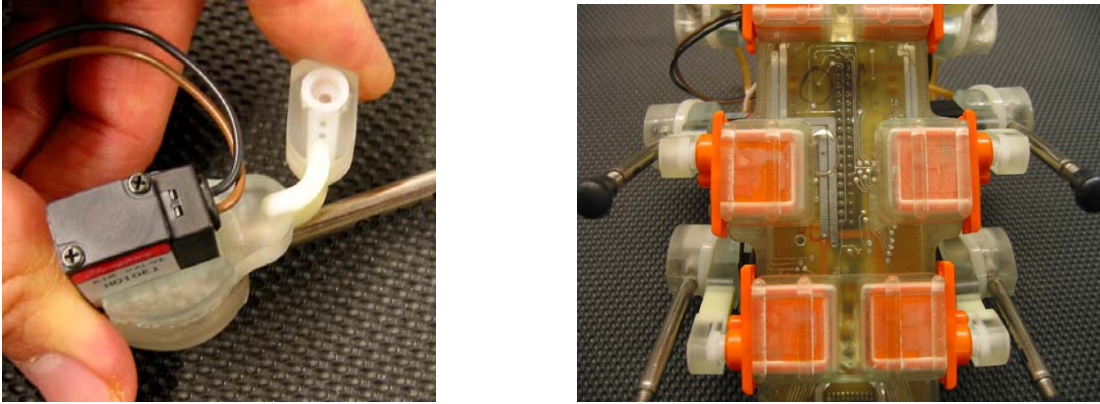


Fig N° 2.19: Ejemplos de productos con técnica de modelación por deposición

Con esta técnica se pueden alterar localmente las propiedades de la pieza gracias a la fabricación multi-material. Además, los componentes se pueden ensamblar sin ninguna sujeción de ensamble, simplemente se fabrica una parte del modelo con un material y después otra con otro tipo de material, éstos dos se unen debido a las condiciones de fabricación y a los materiales. Por ello, los modelos pueden llegar a ser muy complejos. [Hatanaka, 2003]

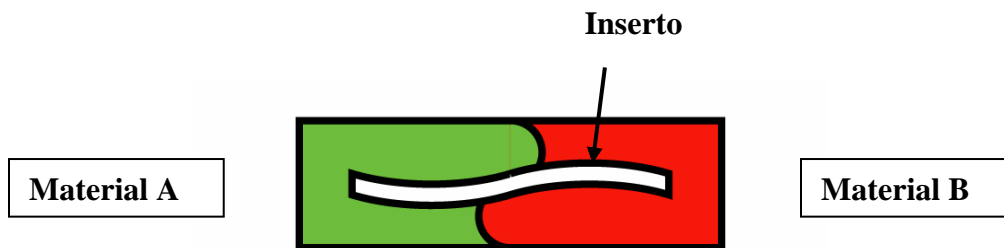


Fig N° 2.20: Modelo hecho con diferentes materiales e inserto

7. RAPID TOOLING

Dos métodos ya mencionados de Rapid Prototyping son estereolitografía y modelación por deposición fundida. Ambos son métodos valiosos para visualizar forma o

ensamble de piezas. Con las continuas novedades en la tecnología, las partes creadas por cualquiera de estos métodos, muestran un incremento en resistencia y precisión, y algunas son utilizadas para pruebas. Sin embargo, aún hay un espacio entre prototipado y manufactura. Es difícil producir muchas piezas de alta calidad para pruebas con las técnicas de Rapid Prototyping. También, las piezas hechas por estas técnicas, no tienen las propiedades materiales requeridas para pruebas funcionales. Rapid Tooling cubre este espacio. Usando tecnologías de Rapid Prototyping, se crean moldes en diferentes formas en tiempos mucho más cortos que los necesarios para moldes tradicionales. Después, éstos son usados para producir piezas para series pequeñas de producción o en grandes cantidades.

Algunos métodos de Rapid Tooling crean moldes que producen 1 o 2 piezas por día, a los cuales se les llama Herramentales suaves. Para esta técnica, se utilizan moldes de base Silicón o Uretanos fabricados al alto vacío, cuyo objetivo es el de crear decenas o centenas de partes idénticas geoméricamente al de un Prototipo Rápido a una fracción del costo del Prototipo, y con propiedades similares a las del producto final. El proceso comienza con la fabricación de un modelo hecho por Rapid Prototyping, por ejemplo por SLS. Una vez hecho el modelo se encajona y se mete a una cámara de vacío para quitarle todas las burbujas que pudiera tener el molde, principalmente en la superficie de la pieza. Después se abre la caja, se quita la pieza y se mete a hornear para que el molde gane resistencia.

La principal ventaja de este proceso es que, con este molde, se pueden fabricar muchas piezas idénticas a un bajo costo, esto permite valorar más objetivamente el

producto antes de liberar la fabricación de los herramientas finales (moldes de inyección p.ej.)

Aunque ha habido gran progreso en la fabricación directa de piezas, hasta la técnica más rápida de Rapid Prototyping todavía es lenta y limitada en otras maneras: Simplemente no pueden producir piezas en una gran variedad de materiales, en un tiempo rápido, para cubrir el enorme conjunto de necesidades de la industria. Los procesos convencionales como moldeo y fundición son los únicos caminos disponibles para hacer eso. Sin embargo, Rapid Prototyping, es quizá el punto de inicio para hacer estos procesos de manufactura más rápidos, baratos y mejores. De hecho, la fabricación de herramental es quizá la aplicación más importante de manufactura directa.

El Rapid Prototyping se usa de dos maneras para hacer herramental: Moldes fabricados *directamente* por una técnica de RP, o piezas hechas por técnicas de RP pueden ser usadas como patrones para fabricar moldes, a lo que se llama *indirectamente* o *procesos secundarios*.

Procesos de fabricación directa

Procesos especializados de RP se han desarrollado para encontrar la aplicación y requisitos de material específicos para moldeo y fundición. Estos son formas de procesos básicos de RP, como estereolitografía o sinterización por láser, o muchos métodos de RP únicos desarrollados para una aplicación específica.

Procesos de fabricación indirecta o secundarios

A pesar de que las propiedades de los materiales de RP se expenden continuamente, un gran número de aplicaciones siempre tienen que transferir piezas fabricadas con un material usado en un proceso de RP a otro material. Además, normalmente, es necesario usar materiales muy específicos en la fabricación de herramientas. Consecutivamente, se han desarrollado numerosas tecnologías de transferencia de materiales. Típicamente, una pieza hecha por técnica de RP es usada como patrón o modelo en estos procesos. Como en el caso de fabricación directa explicada arriba, existen muchos procesos secundarios en diferentes etapas del desarrollo.

El resultado final es que existen varias rutas para llegar a la pieza funcional o herramental final desde la definición de CAD. La decisión depende de:

- La aplicación
- Volumen de piezas producidas
- Requisitos de material y características finales
- Procesos de Rapid Prototyping usados

Y otros numerosos factores. Decidir no es fácil, ya que la mayoría de las tecnologías son inmaduras todavía, tienen limitaciones significativas, y normalmente hay varias alternativas compitiendo. [Rapid Tooling, 2004]



**Fig N° 2.21: Ejemplos de productos con técnica
de Fabricación de Herramental Suave**

[3D Rapid,2000]

Por encima de las restricciones de cantidad de Herramentales suave está el Herramental duro. Los Herramentales duros son construidos de materiales duros, hechos para resistir un riguroso y largo tiempo de vida de moldes para producción de piezas. El diseño tradicional de herramentales duros consume bastante tiempo y dinero. Un bloque grande de acero , por ejemplo, es maquinado con CNC para crear una pieza con geometría compleja. Si se comete un error, todo el bloque tendría que desecharse y repetirse el proceso otra vez. Es por ello, que se buscan técnicas más avanzadas como Impresión en 3D o sinterización por láser para producir piezas tan complejas como una pieza hecha con Herramental duro con un proceso tan eficiente y rápido como Rapid Prototyping.

8. MAQUINADO CNC

El Maquinado CNC consiste en maquinar por medio de una herramienta cuya trayectoria y velocidad es controlada por un software de CAM en una computadora. Este método es considerado uno de los más comunes métodos de RP con las ventajas de que el material del que se produce el RP no cambian debido al proceso; las máquinas son relativamente económicas comparadas con los otros métodos, sin embargo, para algunas aplicaciones aún con 5 ejes simultáneos no es posible reproducir geometrías complejas por las que la herramienta no puede entrar. Además, el herramental necesario para

trabajar con máquinas CNC es mucho y se desgasta fácilmente, lo que implica un mayor costo.



Fig N° 2.22: Máquina y técnica de CNC [3D Rapid,2000]

La industria automotriz está desarrollando sus productos en todo el globo, las veinticuatro horas del día. Así que, si esto sigue estando en práctica, los ingenieros tendrán que estar en diferentes partes del mundo a todas horas trabajando par un mismo proyecto, y la necesidad de piezas prototipo estarán ligadas al número de centros de desarrollo del producto alrededor del mundo y las pruebas que se requieran en cada uno de ellos.

2.4 Ingeniería Global

La ingeniería ha jugado un papel sumamente importante en la vida del ser humano desde hace mucho tiempo. Desde sus comienzos, el hombre tenía oficios en los que iba progresando y adquiriendo una mayor habilidad para su área, después fue dividiendo las tareas dependiendo del área que le correspondiera. También se ha evolucionado en la industria, la automatización ha alcanzado un nivel bastante tecnológico; casi cualquier cosa se puede hacer con rapidez, muy buena calidad, y en

altos niveles de producción. Esta evolución sigue día con día, y se ve afectada directamente por la economía, junto con el nivel de educación y las habilidades que se puedan desarrollar en el trabajo.

La inherente globalización de la ingeniería se ha apoyado básicamente en el uso de computadoras. Hoy en día cualquier ingeniero puede tener una en su escritorio y trabajar con aplicaciones de alta velocidad, por ejemplo CAD para poder diseñar. Las computadoras han evolucionado de una manera impresionante, hoy en día se puede tener una computadora del tamaño de una libreta, en donde se pueden tener programas que hagan tareas y cálculos a una velocidad extremadamente elevada. Pero hay que tomar en cuenta que no se puede ni se debe confiar en resultados si no se sabe su origen o su interpretación, ya que se puede caer en errores fatales que podrían costar bastante dinero. [Manufacturing Engineering, 1999]

El internet en la actualidad ha tomado un rol muy importante en la vida ingenieril, con esta herramienta se puede trabajar en ambientes colaborativos de trabajo, donde puedan estar del otro lado del mundo unos de otros y aun así puedan comunicarse fácil y rápidamente para lograr un buen diseño por ejemplo, donde se tiene que saber la opinión de todos los que vayan a tener que ver con el proceso del producto, se tiene que aplicar una Ingeniería Simultánea para alcanzar una calidad y productividad mayor.



Fig N° 2.23: Globalización en el desarrollo de un producto

Las industrias que utilizan computadoras en una forma global, crecen mucho más rápido que otras; la mayoría de las veces, se puede decir que este tipo de empresas generan mayores utilidades y pagan mejores salarios que las empresas que aun trabajan de forma tradicional. Estas industrias por lo general son las que van naciendo, las nuevas industrias, que al fundarse, lo hacen ya con la tecnología más avanzada, lo que necesita una inversión grande de dinero, mientras que las viejas empresas pueden seguir trabajando con sus sistemas tradicionales sin ningún problema. Pero tarde o temprano, estas últimas se verán sustituidas por las nuevas, es por ello que las industrias que envuelven una tecnología actual, reciben mayor atención de inversión, crecen más rápido y en la mayoría de las veces generan mayores ganancias. [Manufacturing Engineering, 1999]

En esta globalización de la ingeniería, la industria está contratando a ingenieros que sean capaces de comunicarse eficientemente y que tengan habilidades en negocios y principalmente en computadoras, ya no son suficientes las habilidades necesarias para realizar tareas específicas, ahora la gente debe tener habilidades multidisciplinarias y con la capacidad de resolver problemas de la vida real, por lo que la experiencia en el mundo es necesaria, es por ello que ahora existen muchos puestos para ingenieros internacionales, ya que éstos tendrán la capacidad de resolver cualquier problema en cualquier parte del mundo, no sólo en su entorno natal.

En el campo del diseño, estas ventajas se han aprovechado al máximo, porque el ciclo mismo del diseño se vuelve cada vez más veloz, debido a las demandas de la

competencia mundial y con ello los softwares también, ya que van a la par diseñador y máquina. Algunos sitios de internet tienen software en su propio servidor, y por una cuota, el ingeniero puede trabajar con la aplicación sin necesidad de descargarlo a su computadora el tiempo que sea necesario, esta ventaja ahorra también tiempo y costos, si se va a usar ese programa un tiempo relativamente corto, se puede rentar este programa y ahorrarse el pago de licencia, además se puede trabajar mejor si la computadora no tiene retrasos debido a la corrida de análisis o funciones de este programa. [Manufacturing Engineering, 1999]

Un avance relativamente reciente es la capacidad de crear el diseño de un producto en una aplicación de CAD, un modelo sólido de este diseño es una ventaja para todos. Un modelo sólido computarizado proporciona una mejor vista del diseño, así se puede analizar mejor por todos lo que vayan a trabajar en la producción de este nuevo producto y también, la gente que va a invertir o la que se encarga del mercado de la compañía pueda tener una mejor idea y sea más eficiente el desarrollo del producto.

Estos modelos sólidos, se pueden mandar a través de la red en segundos, por lo que se puede pensar en una Ingeniería Concurrente más eficiente, podemos hacer esto en cualquier parte del mundo. Podemos ensamblar un vehículo con la colaboración de diferentes diseñadores e ingenieros en distintas partes del globo, además se puede tener en red el modelo de una pieza o un automóvil para el mercado y así poderlo ofrecer mejor. Esta facilidad de acceder a esta información y poder trabajar en forma global es una ventaja enorme que ofrece la Ingeniería Global. [Manufacturing Engineering, 1999]

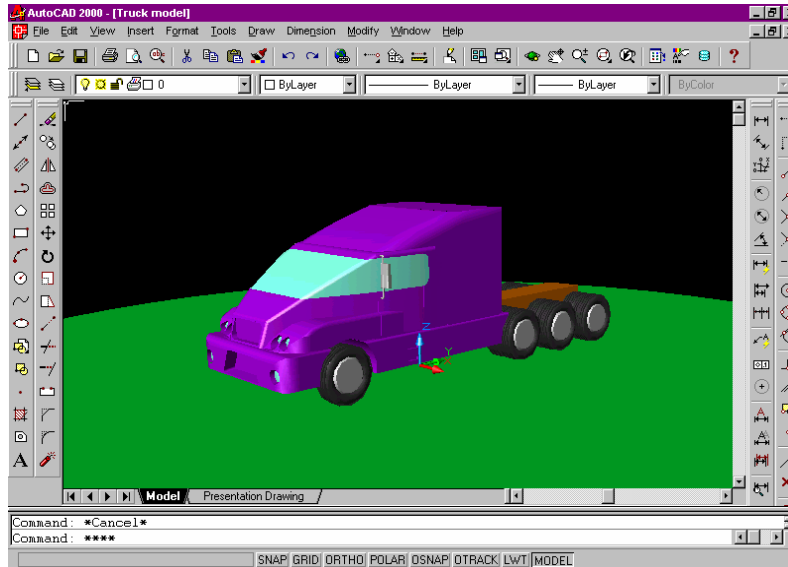


Fig N° 2.24: Modelo sólido hecho en CAD

2.5 Manufactura Virtual

Una técnica muy avanzada en la industria global es la Manufactura Virtual (MV). La tecnología existente en el diseño está enfocada principalmente en apoyar la actividad de diseño detallado. Los sistemas software de CAD proveen significados cada vez más sofisticados de manipulación de forma y geometría representadas en la computadora, pero son pobres al representar la información crítica en el diseño conceptual. Para que la Manufactura Virtual pueda tener un impacto en esta fase crítica del diseño, será de gran importancia en los sistemas de la próxima generación integrar herramientas de análisis en la etapa del diseño conceptual en algún sistema de diseño que pueda ayudar a los diseñadores en crear y manejar las ideas que eventualmente dejarán que una pieza sea manufacturada.

En técnicas de evaluación de manufacturabilidad, existe un intercambio entre los requisitos y certeza computacionales. Algunas examinan el diseño directamente: éstos son menos intensivos en lo que a computación se refiere, pero en algunos dominios es

difícil para ellos dar buenos resultados. Otros enfoques generan y evalúan planes de manufactura: estos pueden dar resultados correctos en los casos donde los estudios directos tengan problemas, pero pueden requerir grandes cantidades de tiempo en computación. Cuando el costo del poder computacional continúa disminuyendo, anticipamos que los requisitos computacionales llegarán a ser menos que una limitación, y los enfoques así basados del plan llegarán a ser cada vez más atractivos.

La Manufactura Virtual requiere una infraestructura robusta de información que comprende modelos ricos en información para productos, procesos y sistemas de producción. A pesar del esfuerzo tan grande de la Organización Internacional de Estándares (ISO) para desarrollar modelos de información de producto, ha habido una demora sustancial en la adopción de estos modelos por proveedores de CAD y la industria. Además, aunque el modelado de procesos de manufactura ha sido sujeto a una investigación vasta en los campos de ingeniería y ciencia de materiales, ha habido poco trabajo en usar modelos sofisticados de procesos en una moda integrada con el diseño del producto. Finalmente, hay por lo menos dos panoramas del sistema de producción que necesitan ser apoyados por la manufactura virtual: la representación de las capacidades del sistema y desempeño (panorama estático), y la representación de la conducta dinámica del sistema (panorama dinámico). El trabajo existente en esta área necesita ser aumentado e integrado. Así, investigación sustancial es necesaria para desarrollar la infraestructura de información de Manufactura Virtual. [Lin,1995]

Los esquemas de calificación de manufacturabilidad existente tratan ampliamente con procesos de manufactura individuales. Los esquemas en el futuro deben ser capaces de dirigir procesos múltiples y su intercambio. Además, ya que los problemas

descubiertos por un análisis de Diseño para Ensamble (DPE) están relacionados al análisis de manufacturabilidad, es necesaria una mejor comunicación entre evaluaciones de DPE y evaluaciones de manufactura. Con la tecnología actual, las calificaciones de manufacturabilidad a menudo no son atadas a ningún aspecto específico de la parte a valorar y de aquí en adelante puede ser difícil para los diseñadores determinar exactamente lo que está causando problemas de manufactura. Los esquemas de calificación son necesarios ya que habilitará a los diseñadores a identificar y eliminar los cuellos de botella y más allá de la estimación rudimentaria del costo y esquemas de calificación, es necesario desarrollar algoritmos que ayuden a automatizar la tarea de rediseño. La manufactura virtual, cuando crece, espera ayudar en gran medida a la manufacturabilidad de un candidato de diseño y a proporcionar estimaciones exactas para los tiempos de proceso, tiempos de ciclo y costos (incluyendo inventario), así como para la calidad del producto. Esto es porque la manufactura virtual es capaz de modelar ambos, los procesos empleados para la manufactura del producto y el proceso de producción. El potencial de la Manufactura Virtual para apoyar la evaluación de manufacturabilidad y proporcionar el costo exacto; esto deja tiempo y estimaciones de calidad que sean una mayor motivación para la investigación y desarrollo adicional en esta área. [Lin,1995]

Diseñadores comienzan raramente a conceptualizar un producto como una geometría. Los modelos que habilitan a los diseñadores a hacer un “dibujo de servilleta” y cálculos son necesarios. Estas nuevas representaciones incluirán varias capas de abstracción, como el diseño progrese, estas capas serán cada vez más detalladas. Una evaluación verdadera de manufacturabilidad, es decir, de la capacidad de manufacturar

una pieza, incluye un agregado de costo para la calificación del proceso, el tiempo que tardará en producir una pieza y la calidad del producto completo y en cada nivel de abstracción. Crear herramientas que puedan valorar inteligentemente los intercambios entre requisitos opuestos de diseño y limitaciones de manufacturabilidad y producir una calificación informada y útil de manufacturabilidad es un grandioso reto a traer al lugar de trabajo de la Manufactura Virtual.

La planeación del proceso es una tarea muy difícil que requiere un considerable conocimiento experimental y para un futuro previsible, la mayoría de los sistemas de planeación de procesos asistidos por computadora aun requerirán una gran supervisión por un usuario humano experimentado. Desde que la planeación variable del proceso es básicamente, un esquema para recuperar planes de proceso existentes de una base de datos, el papel de la manufactura virtual en apoyar enfoques tradicionales a la variable planeación de procesos parece ser algo limitado, pero en casos de enfoques de variable generativa e híbrida, la Manufactura Virtual tendrá un papel claro y crítico en producir planes y evaluaciones más reales.

En la revista CIT, publicada en La Serena, Chile en 2003, aparece un artículo que se refiere a la elaboración automática de planes de proceso llamado *Planes de Proceso de Mecanizado para Elementos de Transmisión de Potencia utilizando Sistemas Basados en Conocimiento*.

Este artículo reporta un Sistema Experto creado para elaborar automáticamente los planes de proceso de manufactura para los ejes, y diseñar una secuencia conceptual para la fabricación de los engranajes de una transmisión por engranajes cónicos. El punto

de partida es un sistema experto creado con anterioridad que diseña la transmisión y que dibuja de forma automática los planos de la misma.

Sin duda el Sistema Experto creado representa un avance en el área de diseño y manufactura de transmisiones de potencia. Sin embargo dada su adaptabilidad es posible que el sistema vaya creciendo incluyendo nuevas reglas de inferencia a medida que se vaya generando más conocimiento en el área. Actualmente el Sistema Experto puede generar planes de proceso detallados de los ejes y planes de proceso conceptuales de los engranajes, por ser los elementos principales. Se pueden ir incluyendo en el futuro más reglas para que se puedan generar los planes de proceso de todas las partes de una transmisión mecánica. [Acosta y Jiménez, 2003]

La Manufactura Virtual juega un papel significativo en distribución de manufactura, ya que puede mejorar los diseños y la planeación de proceso. Estas mejoras tienen como resultado mejores diseños y la selección mejor informada del proceso. Además, la Manufactura Virtual espera apoyar al diseño distribuido si proporciona protocolos y ayuda por computadora en la negociación. [Lin, 1995]

Ambientes virtuales pueden proporcionar tecnología de visualización para la Manufactura Virtual y el prototipado virtual puede proporcionar tecnología para hacer prototipos virtuales, que es un componente esencial en el ciclo de vida de un producto virtual, para la manufactura virtual. Las tecnologías de la empresa virtual, tal como los protocolos de intercambio de información y estándares, pueden beneficiar a este tipo de manufactura. La Manufactura Virtual puede proporcionar un ambiente de aplicación para las tecnologías de la realidad virtual y del prototipado virtual.

La Manufactura Virtual proporcionará información acerca del producto, el proceso, la producción y el control del piso del taller para ser compartidos en red. La tecnología objetiva puede proporcionar herramientas poderosas de representación y clasificación para la manufactura virtual. Ésta también proporcionará una plataforma común para el compartimiento de información entre los centros de manufactura virtual. Además, la tecnología objetiva puede proporcionar un camino mejor para almacenar, recuperar y modificar información, conocimiento y modelos, y poder reutilizarlos.

2.6 Simulación Virtual

Otra forma de trabajar con Manufactura Virtual es por medio de la Simulación. Un software utilizado para la simulación es Arena^{MR}. Con la simulación de Arena^{MR} se puede predecir el impacto de nuevas ideas, reglas y estrategias antes de su implementación, sin causar rupturas en el servicio. Cuando la vida del negocio está estancada, este software ayuda a seleccionar las estrategias más beneficiosas, potenciando el negocio, optimizando inversiones y fortaleciendo las relaciones con los clientes. En lugar de estar adivinando qué pasará si se hacen cambios al proceso, se puede usar Arena^{MR} para predecir el impacto de cambios propuestos, sin modificar el estado actual del negocio, y después tomar la mejor decisión para llevarla a cabo en la realidad.

La simulación por Arena^{MR} proporciona la tecnología requerida para apoyar cualquier aspecto en el proyecto de simulación. Una metodología de modelación con gráfica de flujo, modelación jerárquica, y una librería gráfica son utilizados en la simulación.

Creación de Modelos por Simulación:

- Completamente escalables, a cualquier aspecto de un negocio.
- Editor de gráfica de flujo intuitivo, para describir el proceso
- Modelación de variables costosas y críticas, y recursos como staff, equipo, y otras inversiones
- Modelación robusta para estudios detallados de sistemas complejos
- Agregación jerárquica y descomposición para agregar o expandir componentes del sistema
- Entrada opcional de datos de una hoja de cálculo

Integración de datos y modelación

- Editor gráfico para describir inventario asociado con staff y equipo, así como llegadas de clientes, partes u otras entidades del sistema
- Analizador de datos de entrada, que automáticamente acomoda los datos en la mejor distribución estadística
- Reusa el conocimiento existente y los datos a través de la creación de una hoja de cálculo e interfase a bases de datos estándares como Excel^{MR} y Access^{MR}
- Genera un usuario cliente e interfaces de datos con Microsoft Visual Basic para Aplicaciones^{MR} (VBA)

Corriendo Simulaciones:

- Animación automática de gráfica de flujo para una dinámica visualización del flujo del proceso

- Animación del sistema para presentaciones y validación del sistema con una vasta colección de íconos y gráficas dinámicas para negocio.
- Fácil distribución de modelos para visualizar y experimentar con otros

Visualizando Resultados y Haciendo decisiones:

- Capacidad de reportar comprensivamente por medio de Cristal Reports, incluyendo gráficas publicables en HTML^{MR}, Word^{MR}, Excel^{MR} y otros.
- Acomodo automático de estadísticas a través de un proceso jerárquico, para poder ver costos, tiempos, y otra información en el nivel más bajo. También poder ver su acumulación en departamentos, centros de trabajo o instalaciones.
- Costeo basado en actividades detalladas, estadísticas de cliente, e intervalos confidenciales automáticos.
- Análisis poderoso de salida de herramientas para comparar resultados desde diferentes escenarios.
- Encuentra respuestas óptimas con el paquete de la industria líder para optimizar OptQuest^{MR}

Con las nuevas estrategias y reglas desarrolladas rápidamente a través de cualquier aspecto de la empresa, virtualmente cada función dentro de la organización ha sido afectado. Debido a que el desarrollo de una organización es medido por todas las reglas que promueven la eficiencia (en tiempo) y la eficacia (en calidad) en la manufactura, distribución y logística de un producto o servicio para el cliente, ninguna función puede ser manipulada eficientemente sin considerar su impacto en otra. Por ello,

la simulación es otra opción para desarrollar una manufactura virtual para hacer cambios a una compañía ya existente o para diseñar una nueva. [Arena Software, 2004]

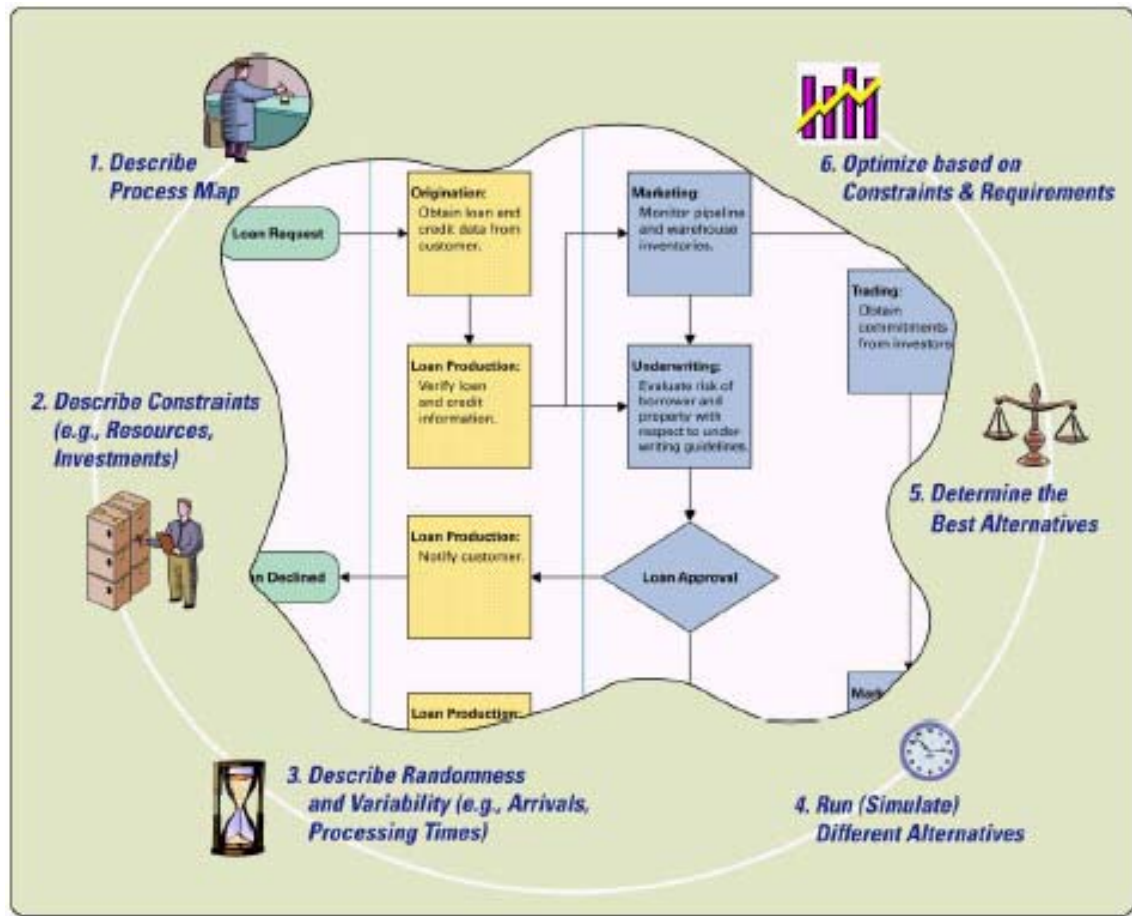


Fig. N° 2.25: Proceso y ventajas de la simulación por Arena^{MR}

2.7 Manufactura Distribuida

En el mercado global y altamente competitivo de hoy, las empresas deben estar enteradas de las oportunidades momentáneas de mercado, y reaccionar rápida y correctamente a las demandas del cliente. Analizando estas tendencias, la distribución ofrece las siguientes ventajas:

- *El incremento de la diversidad de producto* amplía riesgos y costos asociados, que son a veces prohibidos. Sin embargo, si se distribuyen responsabilidades a múltiples entidades, los riesgos y costos llegan a ser aceptables y la oportunidad de mercado puede ser alcanzada.
- *El incremento de complejidad tecnológica* fuerza a la empresa a adquirir conocimientos en dominios no conocidos, lo cual incrementa el período para sacar el producto al mercado. Sin embargo, si se distribuyen capacidades a diferentes empresas, cada una mantiene su capacidad mientras se aprovecha la oportunidad en el mercado.
- *La globalización de mercado* virtualmente aumenta oportunidades y riesgos para la empresa. Cada empresa tiene que funcionar en el mercado global con empresas globales proveedores de productos globales. Sin embargo, desarrollando relaciones con tales empresas, divide los retos y riesgos mientras todos se benefician de un mercado más amplio.

Se han adoptado diversas tendencias gerenciales, relacionadas con diferentes niveles de la sociedad, confianza y dependencia entre las empresas:

- *Gerencia de cadena de abastecimiento*, caracterizada por una relación rudimentaria entre proveedor y proveído, tareas y distribución de capacidades tecnológicas, pero centralizando estrategias y riesgos.
- *Empresa extendida*, donde las entidades desarrollan una relación más duradera, acoplada y mutua, compartiendo esfuerzos tecnológicos y estratégicos. Todavía, la entidad proveída mantiene una posición dominante sobre los proveedores.

- *Empresa Virtual*, es una organización muy dinámica y reestructurada, donde proveedor y proveído son indiferentes y no existe una posición dominante.

Aunque la descripción anterior se relaciona con un contexto inter-empresarial, las mismas características y comportamientos (distribución, descentralización, autonomía y dependencia) son también sugeridas en un contexto intra-empresarial. Los grupos de trabajo intra-empresariales acentúan las capacidades propias combinando esfuerzos para una respuesta global a los requisitos externos.

La Manufactura Distribuida es un concepto abstracto, caracterizado por un grupo de características y comportamientos comunes, con varias caracterizaciones específicas, llamadas paradigmas de organización. A continuación se describen las propiedades y comportamientos de un sistema de Manufactura Distribuida. [Sousa, 2003]

2.7.1 Propiedades de la Manufactura Distribuida

Este tipo de sistemas están caracterizados por varias propiedades y comportamientos. Tales características se relacionan con el sistema total y con cada entidad que compone. Las propiedades básicas incluyen:

- *Autonomía*- una entidad se dice que es autónoma, si tiene la habilidad de operar independientemente del resto del sistema y si posee una cierta clase de control sobre sus acciones y su estado interno. Es decir, la autonomía es la habilidad de una entidad de crear y controlar la ejecución de sus propios planes y/o estrategias, en vez de ser ordenado por otra entidad.
- *Distribución*- Un sistema se dice que es distribuido si diferentes entidades operan en el sistema.

- *Descentralización*- Descentralización significa que una operación se puede realizar por múltiples entidades. Un solo sistema puede ser centralizado y descentralizado simultáneamente. Es decir, la (de) centralización se refiere a operaciones, no al sistema en sí.
- *Dinamismo*- Se refiere a cambios en la estructura del sistema de manufactura y su comportamiento durante la operación. Esto expresa diversas capacidades, responsabilidades y relaciones entre las entidades.
- *Reacción*- Una entidad se dice que es reactiva si ajusta sus planes según sus percepciones.

Otras propiedades merecen una descripción cuidadosa, para lo cual se presentan los siguientes párrafos.

FLEXIBILIDAD

La flexibilidad es la capacidad del sistema durante la operación, que permite cambiar procesos fácil y rápidamente en un grupo predefinido de posibilidades, cada uno especificado como procedimiento de rutina, definida con tiempo, así las necesidades para manejarlo están cubiertas.

En la manufactura, la flexibilidad se relaciona con maquinaria física flexible. Flexible es en el sentido que las máquinas (o células) son capaces de ejecutar varias operaciones. Además, pueden cambiar rápido entre diferentes planes de producción de acuerdo al tipo de pieza a manufacturar en un tiempo determinado. El concepto de Sistema de Manufactura Flexible es muy popular en compañías que producen lotes pequeños de cada producto, mezclando diferentes lotes en el flujo de la producción. Uno

de los principales problemas en la flexibilidad está relacionado con el transporte. Puesto que un producto necesitará pasar por varios sitios de trabajo para ser fabricado, y diferentes productos tendrán diferentes rutas, los acoplamientos de transporte entre los sitios de trabajo deben ser tan “libres” como sea posible. La siguiente figura muestra la ruta de lotes de producción de acuerdo al tipo (líneas diferentes), a lo largo de diferentes sitios de trabajo en un taller.

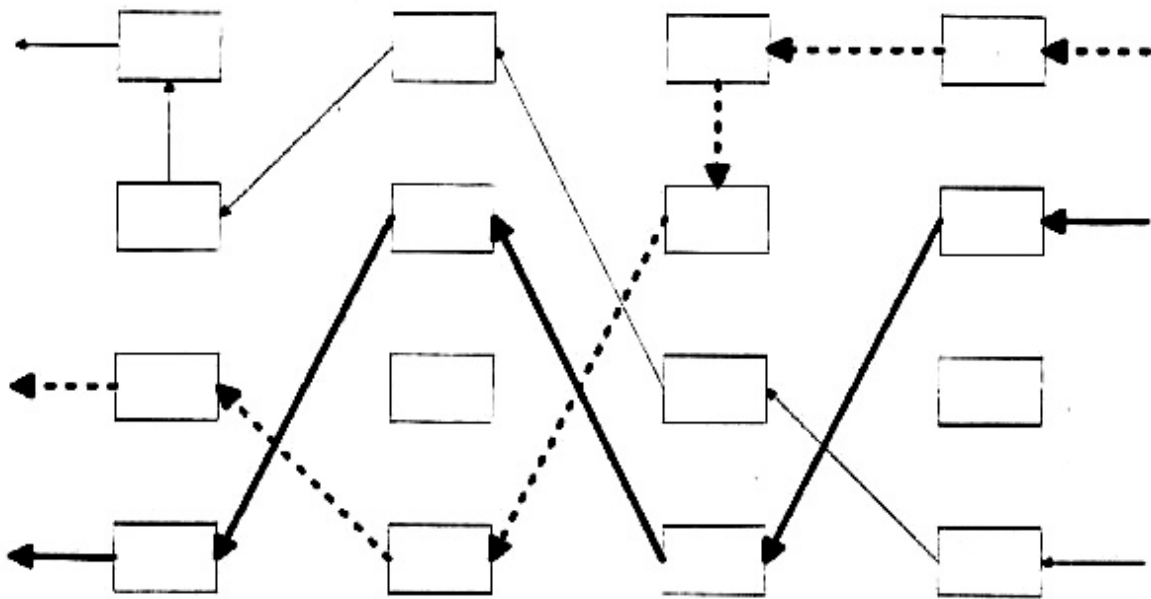


Fig. N° 2.26: Sistema Flexible de Manufactura

[Sousa, 2003]

ADAPTABILIDAD

La adaptabilidad es la habilidad de un sistema de manufactura de ser mantenido fácil y rápidamente, para responder a los requisitos de fabricación, basados en los apremios del piso del taller. La adaptabilidad se refiere a la reconfiguración y escalabilidad de las instalaciones de producción; la mano de obra que tiene el incentivo y

flexibilidad para responder creativamente a las necesidades del cliente y para eso se necesita flexibilidad.

Se dice que un sistema es adaptable si puede continuar operando con disturbios que cambian su estructura, propiedades y comportamientos de acuerdo a nuevas situaciones que se encuentre durante su tiempo de vida. Un disturbio es cualquier evento no especificado previa y formalmente (p.ej. interrupción de una máquina o un nuevo tipo de producto a manufacturar). Sin embargo, es muy difícil predecir cada disturbio que pueda ocurrir .

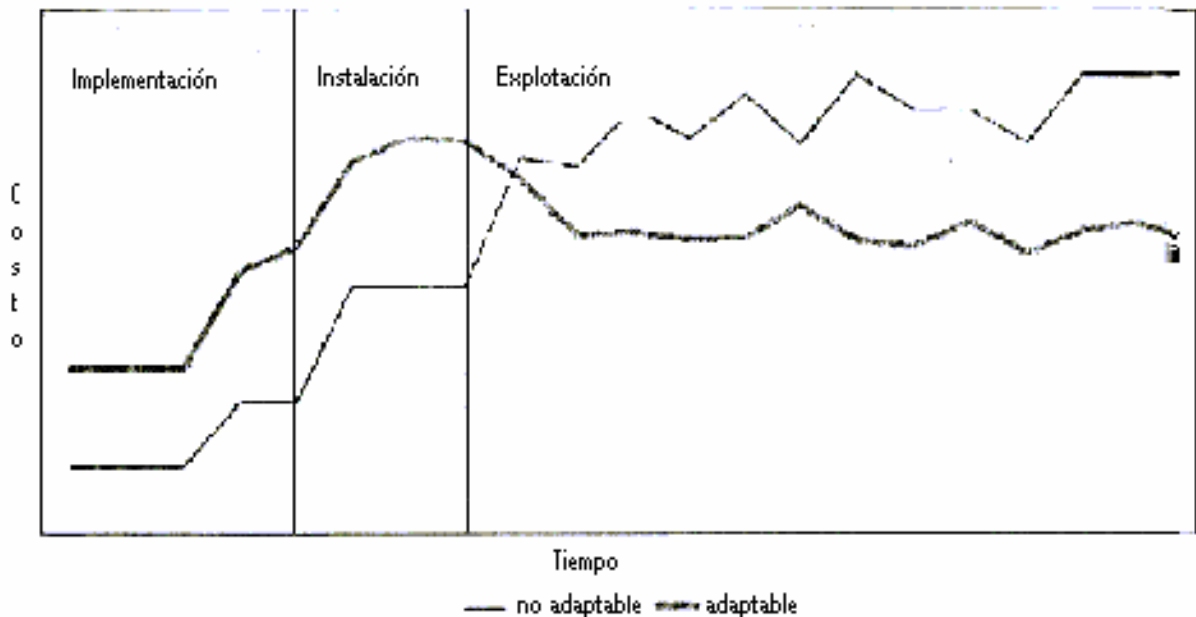


Fig. N° 2.27: Costo/Tiempo esperado para sistema adaptable y no adaptable

[Sousa, 2003]

La figura 26 muestra el costo esperado para desarrollar, instalar y correr un sistema “adaptable” (línea negrilla) y uno “no adaptable” (línea fina), los valores son empíricos e intuitivos. El primer sector (de la izquierda a la primera línea vertical) representa la fase de desarrollo; aquí los costos de desarrollar un sistema adaptable son más altos que uno

rígido. La razón principal de esto es que el esfuerzo de programación para tolerancia, reconfiguración, etc. es mayor que el que se invierte si el problema fuese simplificado sin agregarle esta funcionalidad. En el segundo sector (instalación), el costo del sistema adaptable es todavía mayor que uno no adaptable. El esfuerzo para configurar todos los componentes y la codificación necesaria para la retroalimentación de información adicional del hardware es la razón principal de este costo mayor. En la tercera etapa (explotación), se espera que el sistema adaptable dé lugar a costos más bajos manejando disturbios con la mínima intervención humana, sin parar la producción o causar grandes retrasos y largas filas en espera. Puesto que ésta es la fase más larga (el sistema se supone trabajar varios años), los altos costos de las fases iniciales se atenúan.

La adaptabilidad es un cambio importante para un sistema de manufactura, especialmente cuando se considera que un paro en la línea de producción, en la industria automotriz, cuesta cerca de 5,000 dólares por minuto.

Una funcionalidad importante de un sistema adaptable, relacionada al mantenimiento y la extensibilidad, es la forma de “plug & play”. Debe ser posible agregar o reemplazar hardware y los módulos correspondientes del software en marcha, sin parar el sistema. El sistema debe también ser capaz de reconfigurarse a sí mismo para los nuevos recursos, o de inhabilitar los recursos, poniendo nuevas rutas para los productos. Esto puede tener un efecto colateral de balanceo. Para adaptarse, el sistema necesita flexibilidad. Algunos disturbios pueden ser manejados sin ningún tipo de cambio en la estructura de manufactura. Sin embargo, existen casos donde es obligatorio cambiar el layout físico (o rutas) del piso del taller.

La siguiente figura muestra un escenario de dos líneas idénticas de producción. Cuando una máquina tiene un paro, el sistema puede adaptar la situación sólo si el sistema físico es suficientemente flexible para rehacer rutas de la producción. Si esta flexibilidad no existe, el sistema puede adaptarse sólo rechazando todo en la línea de producción 1, ciertamente no muy buena solución.

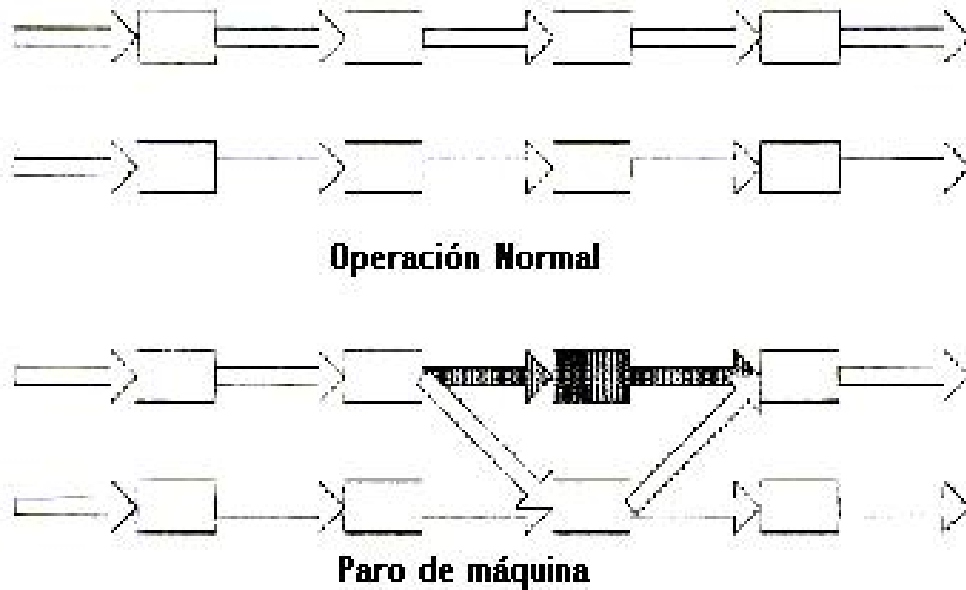


Fig. N° 2.28: Adaptabilidad necesita Flexibilidad

[Sousa, 2003]

AGILIDAD

La agilidad se entiende como el paradigma de la gerencia, consiste en diferentes acercamientos en dominios múltiples organizacionales. Sin embargo, la Agilidad presume la potencia del sistema, alcanzado por una observación continua buscando nuevas oportunidades de mercado. Empresa de manufactura ágil se desarrolla continuamente para adaptarse y para perseguir sociedades estratégicas para prosperar en una economía extremadamente dinámica y exigente.

La agilidad necesita cooperación. Para cerrar los espacios entre visible y posible, es necesario desarrollar un pensamiento y trabajo cooperativo. Lo impredecible tiene que ser limitado por una consulta mutua, por escenarios de mutuo acuerdo, por un sentido y lenguaje comunes.

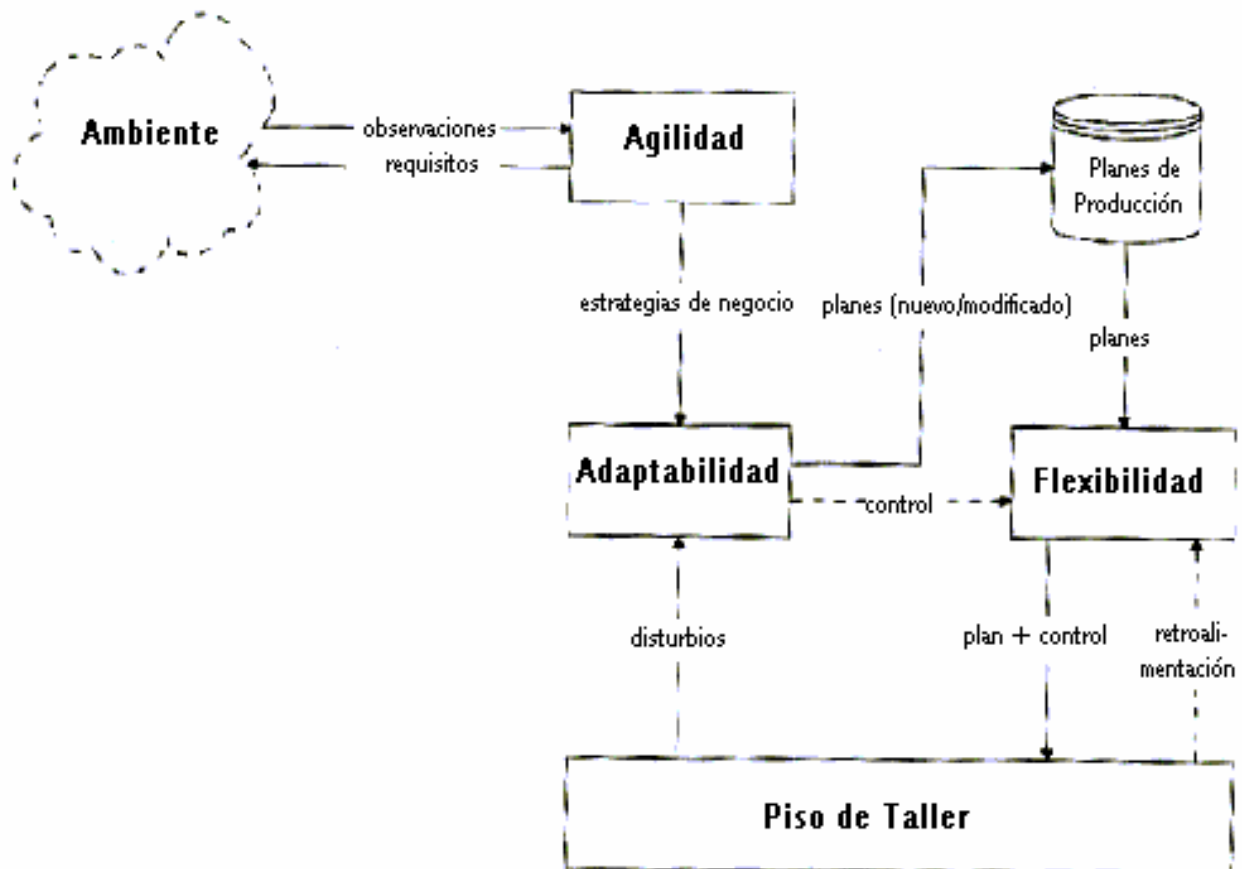


Fig. N° 2.29: Agilidad, Adaptabilidad y Flexibilidad

[Sousa, 2003]

AGILIDAD, ADAPTABILIDAD Y FLEXIBILIDAD

La figura 28 representa las propiedades de Agilidad, Adaptabilidad y Flexibilidad, especificando sus propósitos y relaciones en el sistema. Las tres propiedades se

relacionan con el cambio de gerencia necesario para ajustar el sistema de manufactura, para resolver los disturbios del negocio.

La flexibilidad es el acercamiento más simple y se relaciona directamente con el piso del taller. Permite al piso del taller a reaccionar de acuerdo a un grupo predefinido de posibilidades para detectar los disturbios primarios en la producción. La retroalimentación del piso del taller viene comúnmente con la identificación del lote actual, que servirá como base de decisiones para hacer el plan de producción correcto.

Por el contrario, la adaptabilidad está basada en la sub-especificación, es decir el sistema no está completamente definido, lo que permite especificación en tiempo de corrida y cambios de acuerdo a los requisitos momentáneos. La adaptabilidad debe ser capaz de entender los disturbios en el piso del taller, generando nuevos planes de producción para la situación actual si es necesario.

Agilidad es el concepto supremo y se relaciona con opciones de estrategia. Percibiendo su ambiente de negocio, la empresa tiene que desarrollarse continuamente, adaptándose internamente y persiguiendo sociedades estratégicas que complementen sus propias capacidades.

La adaptabilidad también juega un papel importante, entendiendo las estrategias de negocio generadas por el “módulo de agilidad”. Usando estas estrategias, se suman nuevos o modificados planes de producción a la base de datos de planes de producción para ser usados en el piso del taller. Estos nuevos planes pueden ser maneras alternativas de fabricar los productos actuales, o planes para la producción de nuevos productos.

[Sousa, 2003]

En los párrafos siguientes se plantea la problemática de los temas revisados en este capítulo, ya que hasta ahora sólo se han visto las características y sobre todo las ventajas que tienen las tecnologías globales.

2.8 Realidad Virtual

La Realidad Virtual, tiene multitud de aplicaciones que la hacen valiosa. La mayoría de estas aplicaciones son indirectas a nosotros pero finalmente sirven para mejorar nuestras vidas. Una aplicación de Realidad Virtual (RV) puede facilitar muchas actividades; por ejemplo, se pueden capacitar eficazmente a empleados de una empresa, generando menos costos, si una empresa se dedica a la enseñanza de conducción aeronáutica, entonces podría capacitar estudiantes en un simulador que contenga un ambiente virtual y después hacer la práctica real en un vuelo; disminuyendo así los gastos y previniendo daños reales en los aviones o avionetas de entrenamiento. También en áreas de diseño y presentación de datos, medicina, arquitectura, educación, publicidad, televisión y en general en cualquier organización que manipule información compleja o que desee presentar de una forma más natural los procesos.

En un entorno virtual se puede aprender a manipular equipos sofisticados, aprender a conducir, realizar operaciones, conocer una construcción antes de que se realice y muchas cosas más. Actividades que parecen imposibles, como el recorrer un planeta, hacer un viaje entre las arterias humanas o simplemente estar entre la estructura molecular de algún elemento químico, se convierten en posibilidades al alcance de cualquier persona que tenga acceso a una computadora y haga uso de la RV. Los equipos especiales en un programa de RV son opcionales y dependen de la tarea que se pretenda

realizar. Así que no se está obligado a conseguir equipos costosos como cascos, guantes u otros implementos.

De esta manera se muestra a continuación ejemplos de estas posibles aplicaciones que son en su totalidad creadas con Realidad Virtual:

- La Web
- Industria automotriz.
- Industria de la manufactura.
- Aviación.
- Juegos mecánicos
- Entrenamiento de soldados
- Medicina.
- Física y química.
- Geografía.
- Oceanología.
- Comunicación
- Arte
- Arquitectura
- Cine
- Ingeniería

A continuación, veremos ejemplos de algunas de estas aplicaciones, relacionados con nuestra investigación. [Arteaga, 2000]

En la industria automotriz

En la industria automotriz se valen de la RV utilizando simuladores virtuales que se conectan a elementos corporales de individuos para proporcionar así sensaciones reales. Se puede imitar todo un automóvil sin necesidad de construirlo completamente, solamente quizá, el tablero de mando, con esto, la persona que virtualmente maneja el vehículo puede experimentar sensaciones reales de movimiento, velocidad, confort y demás detalles, pero con ciertas ventajas como, no poner en riesgo su vida, no caer en gastos innecesarios de diseño o construcción, etc.

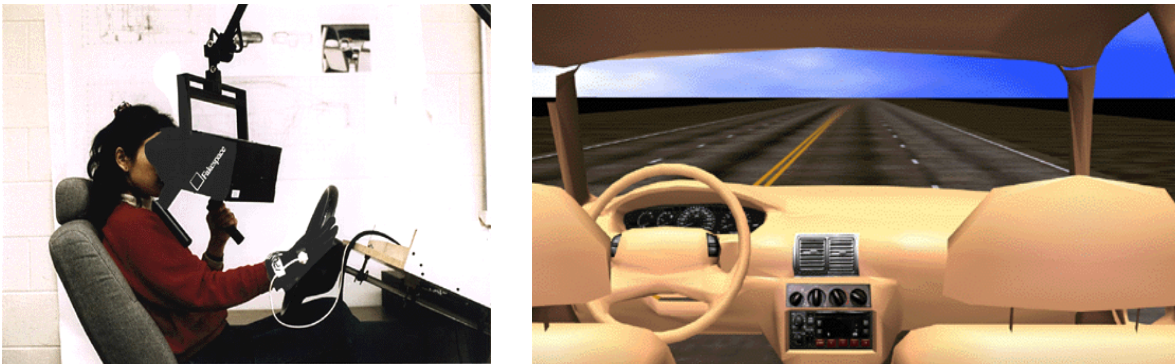


Fig. N° 2.30: Simulación Virtual de un automóvil con el que el conductor interactúa.

[Arteaga, 2000]

Existe un prototipo virtual de interiores automotrices en el que se utilizan maquetas detalladas del interior para estudiar diferentes diseños, evaluar factores humanos y ediciones ergonómicas. Estos prototipos físicos son costosos, desperdiciadores de tiempo y difíciles de modificar. La realidad virtual de inmersión proporciona un alternativa eficaz, porque con un prototipo virtual puede sustituir una

maqueta física para el análisis de los aspectos del diseño como: disposición y eficacia de las bolsas de aire; visibilidad de instrumentos, de controles y de espejos; efectos de colisiones; funcionamiento humano; estética y más.

En la industria de la manufactura

Otro ejemplo lo encontramos en la industria, hablando de la construcción de piezas metálicas, se sabe que existen empresas en las que se requiere que los trabajadores no tengan ningún tipo de falla en el moldeado de líneas debido a su alto costo, lo cual, implicaría grandes pérdidas. Para impedir estas pérdidas, se puede entrenar a la gente virtualmente en el proceso, con visores que simulen la operación completa incluyendo sensaciones de movimiento, imagen y sonido de manera que el trabajador quede totalmente sumergido en el ambiente que tendría enfrente cuando elabore la pieza real. Esta simulación tiene su principal ventaja y se justifica tan sólo en el costo que ahorra al evitar las cantidades de material que se pueden desechar si los trabajadores aprendieran el proceso en forma real.



Fig. N° 2.31: Representación virtual de toda una fábrica de manufactura

[Arteaga, 2000]

Aplicaciones en Ingeniería

Dentro de las áreas de ingeniería hay proyectos de manipulación remota como lo son la manipulación de robots, o procesos de ensamblado; también existen áreas dedicadas al desarrollo de prototipos virtuales. Estas aplicaciones facilitan la automatización de diferentes formas; por ejemplo, cuando se tiene un proceso de ensamblado de algún producto, se presentan distintos acontecimientos como puede ser las deformaciones de plástico, fricción externa, fenómeno termal, absorción y factores como el desgaste de herramientas, ocasionando errores de dimensión y forma.

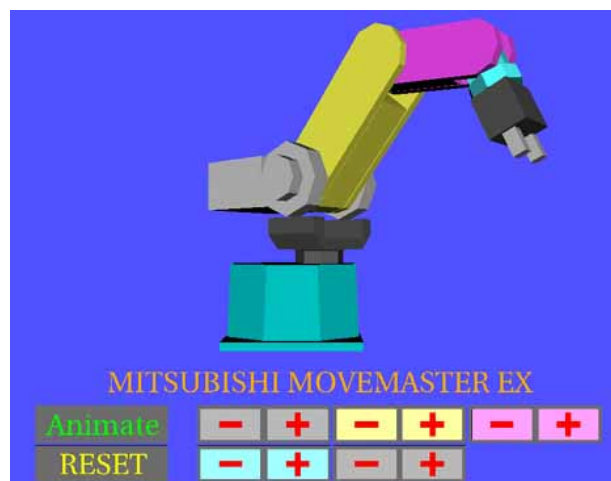


Fig. N° 2.32: Brazo prototipo para ensamblado, construido inicialmente en forma virtual

Si se tiene información adicional sobre el efecto de los parámetros antes mencionados sobre la variación en los valores de tolerancia y dimensión, se pueden desarrollar mecanismos para el ensamblado automático. Usando un modelo de elementos finitos se pueden visualizar las fuerzas que actúan en el proceso de manufactura y la deformación del equipo bajo la acción de estas fuerzas. Si se tiene un ingeniero en diseño y manufactura que pueda observar el ensamblado de una de las partes por medio de la computadora y dispositivos especiales, puede sugerir cambios en la tolerancia de los valores basándose en las condiciones de las máquinas, herramientas, fisuras y requerimientos de diseño. Un tipo de aplicación como ésta puede permitir obtener una configuración de ensamblado óptimo para satisfacer los requerimientos funcionales, por lo que, es un tipo de herramienta efectiva para el proceso de toma de decisiones. Este tipo de proyectos son totalmente inmersivos.

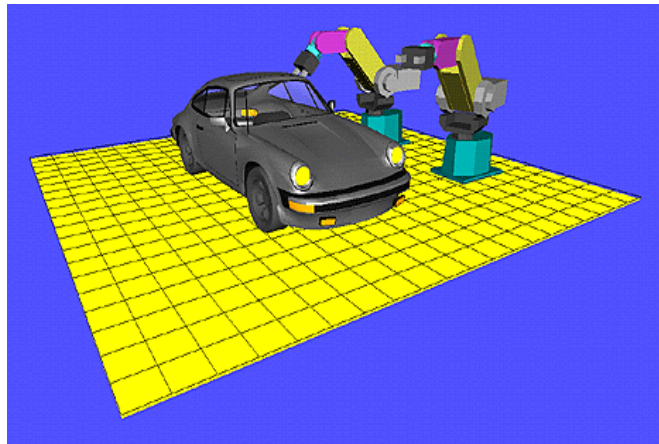


Fig. N° 2.33: Representación virtual del funcionamiento del brazo

En Ingeniería se utiliza mucho este tipo de aplicaciones, aquí, el diseño de prototipos es combinado con un modelado virtual de éstos, permitiendo al diseñador participar activamente en el detallado del diseño y la optimización del proceso. Las bondades de RV permiten generar ambientes computarizados para que el diseñador investigue y pruebe múltiples cambios a los diseños que está realizando mientras observa y manipula objetos virtuales al usar movimientos humanos naturales. Los diseños interactivos permiten cambiar los parámetros de diseño e inmediatamente determinar el efecto de los cambios.

Existen compañías que utilizan la realidad virtual como una herramienta en el diseño de dispositivos de control de contaminación y de calderas. De esta forma, la compañía puede garantizar el funcionamiento de sus productos, incluso antes de haberlos construido. Trabajando con las especificaciones de los productos, se modelan nuevas calderas y se simula su temperatura, dirección y velocidad de consumo de los gases.

De esta forma, al realizar distintos experimentos con la colocación de los inyectores y otras características físicas, se crea el mejor sistema controlador de contaminación para la caldera y se integra dentro del diseño antes de que la caldera sea construida. Antes de la realidad virtual, se utilizaban modelos computacionales estadísticos que tomaban semanas para calcular. Con este proceso, se puede completar el análisis en un día o menos, incluso con mayor exactitud.

Existen empresas dedicadas a crear y explotar los beneficios del software de 3D para crear sistemas de modelado, una de ellas es GraphicsNet. En este tipo de aplicaciones se realizan productos simulados gracias a la interacción hombre-máquina. Una vez creado un producto se tiene interacción con él, usando las propiedades de

reconocimiento de gesturas por parte del software. Avanzados sistemas de modelado 3D son la base para la planificación y detallado diseño de productos. Las actividades de Ingeniería virtual dentro del GraphicsNet se apuntan a desarrollar nuevas técnicas de innovación para la interacción del humano-computadora para soportar el proceso de desarrollo del producto entero. La interacción inmersiva 3D, cuenta con reconocimiento de gestos y la realización de esbozos a pulso para facilitar las fases tempranas del diseño de un objeto.

La conjunción de la interacción 3D y las técnicas de modelado abren paso a nuevas formas de realizar un producto en forma intuitiva tridimensional, obteniendo así un desarrollo de alto nivel. De esta manera surgen nuevos conceptos del lugar de trabajo: las áreas de trabajo virtuales, dentro de las que el humano es capaz de presentar prototipos virtuales, repasarlos y modificarlos.



Fig. N° 2.34: Prototipo 3D creado en computadora

[Arteaga, 2000]

Los componentes importantes de desarrollo del producto integrado son los prototipos digitales, el sistema DMU (Alta Simulación Digital) es usado en industrias como aviación y automovilismo. Por ejemplo, se puede realizar en él presentaciones de alta calidad, simulación de posibles colisiones o de otros tipos, donde estas herramientas servirán de base para tomar ciertas decisiones al momento de crear un producto final. Las tecnologías de Realidad Virtual permiten presentaciones y representaciones en tres dimensiones y tiempo real.



Fig. N° 2.35 Representación virtual de un auto en el que se evalúan diversas características para elaborar el producto final

Estos sistemas ahora permiten el soporte en grupo para empresas virtuales. Algunas empresas comienzan sus proyectos con bajos presupuestos, desconfianza o simplemente no desean realizar las inversiones que implican el instalar y configurar la gestión de redes avanzadas y soluciones en grupo dentro de su organización. En su lugar utilizan las bondades del Internet como el correo electrónico, las páginas Web y la transmisión por FTP. En este ámbito surgen otros factores que intervienen en el proceso, como lo son una comunicación asíncrona, amenazas a la seguridad de la red o usuarios

que no desean trabajar en la instalación y mantenimiento de la red. En una red de Internet o Intranet sólo se usa un navegador Web, protocolos HTTP, mecanismos de seguridad, conectividad con una base de datos y enlaces dinámicos para lograr un buen producto a la hora de comunicarse con los distintos colaboradores sin recurrir a gastos excesivos.

Varios desarrolladores han explotado su creatividad al crear varios trabajos en interfaces de RV sabiendo que su potencialidad como medio interactivo va más allá de una aplicación local, porque va hacia Internet. En un principio la Realidad Virtual fue usada en su mayoría para aplicaciones militares o incluso de entretenimiento; sin embargo, en los últimos años se han diversificado las áreas en que se utiliza. [Arteaga, 2000]

2.9 Problemática de la Manufactura Global

La problemática que tiene la manufactura global es compleja, ya que comprende la problemática de cada uno de los aspectos de los sistemas globales que existen en el mundo. Entonces, para su estudio en este apartado, se dividirá en 3 temas:

- Problemática Económica
- Problemática Socio-cultural
- Problemática Técnica

Se puede decir que la problemática de la manufactura global empieza con el concepto de globalización. Actualmente, la globalización es algo con lo que vivimos día a día, en cualquier aspecto de nuestras vidas tenemos globalización, ya sea económico, social o político, este proceso lleva a una resistencia natural al cambio. A pesar de ello, la globalización en la industria es cada vez mayor, debido a los mercados globales que

exigen una manufactura global. La industria automotriz es quizá la que más se ha globalizado, las fronteras ya no son un obstáculo para vender automóviles, con la influencia que tienen las grandes compañías ensambladoras sobre los gobiernos, los cuales hacen tratados para facilitar el comercio entre los países, se venden autos en cualquier parte del planeta. La globalización es, actualmente, una necesidad para sobrevivir en este mercado tan competitivo.

Problemática Económica

Para comenzar a analizar la problemática, es bueno tomar en cuenta la problemática en el ámbito económico, ya que la globalización de la economía dio lugar a una manufactura global debido a las exigencias propias del mercado. Una globalización económica conduce a trabajar, producir y vivir bajo un mismo modelo económico, capitalista, el cual se ve obligado a competir en un mercado libre.

Los tratados que México tiene con otros países o sociedades, tales como el Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Canadá, EU y México, o la Organización Mundial de Comercio (OMC), la Unión Europea (UE) entre otros, son acuerdos que llevan a una manera de comercializar globalizada, y por lo tanto de producción de bienes y servicios.

La Organización Mundial de Comercio es quizá la principal institución de globalización de comercio. Surgió en 1995 a partir de la GATT (Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio), con la cual comparte su objetivo, el de eliminar las barreras al comercio.

Un gran obstáculo en este proceso económico, que deriva en problemas de tipo social, político, cultural, ecológico y tecnológico, es la diferencia que existe en esta libre competencia de mercado, en donde los países sub-desarrollados tienen desventaja frente a las potencias mundiales, y a países como México se les dificulta crear empresas que puedan competir fuera del país. Dentro del país si son capaces de competir pero fuera de él, tienen dificultades para poder sobresalir; esto no significa que no puedan lograrlo. Por ello, se importan empresas de clase mundial, consorcios, asociaciones, y corporativos gigantes para que comercialicen en los países sub-desarrollados. Con esto se genera una elevada competencia entre las empresas mundiales en nuestro país, y así se impulsa a nuevas empresas dentro del país, atracción de capital de inversión. Esto es un beneficio para el país, ya que se generan empleos, y la población tiene a su alcance los mejores productos, pero habría más beneficios si empresas mexicanas pudieran competir con las grandes compañías y así el dinero se reinvertiría en nuestro país. Además, las empresas de países como México, se encuentran con muchas dificultades para poder vender sus productos fuera del país, ya que tienen una gran competencia por parte de las grandes empresas. Esto deriva al establecimiento de maquiladoras en nuestro país, lo que genera una gran cantidad de empleos, pero mal pagado y que solamente generan crecimiento del país, pero no desarrollo de la economía de la población.

Otro gran problema de tipo económico es el tipo de cambio. Todo el comercio se establece en base a la moneda internacional, el dólar, o al euro, que día a día van a la alza y son muy inestables. En países como México, la economía no es estable, y hay una falta de poder adquisitivo de la población, lo que puede llevar a tremendos endeudamientos de los cuales es difícil salir en un período regular de tiempo. Por estos motivos, se han

creado instituciones globales como la Unión Europea (UE), que unificó la moneda para que las condiciones económicas sean lo más parecidas entre los diferentes países y entonces la población se beneficie directamente de la globalización.

Problemática Socio-cultural

Otro problema que se puede dar con la globalización de la manufactura se encuentra en el aspecto socio-cultural de México. En este aspecto nos enfocaremos a los trabajadores que laboran en compañías globalizadas de nuestro país. Cuando una compañía es llevada a un país como México, generalmente, el país de donde viene es un país de primer mundo, con una economía estable y consolidada. Estas compañías instalan plantas en países sub-desarrollados para un menor costo de mano de obra y de impuestos. Normalmente, las personas que dirigen estas grandes compañías son extranjeros, del mismo país de donde viene la empresa. Ellos son quienes manejan la compañía y están por encima de los trabajadores, que en su mayoría son mexicanos. Así, la fuerza laboral queda en un término secundario, siendo a veces discriminada por los extranjeros, no se respeta muchas veces a los trabajadores mexicanos, que necesitan el empleo y se conforman con un salario muy bajo, lo que también afecta su economía. Por ello, la relación entre trabajadores extranjeros y nacionales no es muy buena, por estas diferencias.

Hay veces que los trabajadores quedan por debajo de la maquinaria, ya que la máquina puede ser muy valiosa y requerir más atención que un obrero, o quizá pueda ser desplazado por la misma máquina o limitar su trabajo con un salario más bajo. En la globalización de la manufactura, se trabaja con tecnología especializada, y esto conlleva a

una mano de obra especializada, por lo que no se puede contratar a cualquier obrero y dar una capacitación, sería más caro que contratar a un técnico que ya sepa cómo utilizar la máquina, y muchos de ellos son extranjeros, del país de origen de la máquina o de la compañía. Todo esto resulta en un probable desempleo y una preferencia a cierto tipo de trabajadores, lo cual crea un impacto social difícil de combatir, sobre todo cuando la globalización va creciendo.

Sabemos que cada país tiene su propia forma de pensar y de combatir sus problemas, a lo que podríamos llamar un tipo de racismo. Esto lleva a otra problemática socio-cultural que crea la globalización. Existe un impacto por ambas partes cuando se instala una empresa en un país extranjero. Los extranjeros se deben acoplar a la forma de vida del país a donde los han movido, y la gente de ese país también sufre un impacto social al convivir con gente de otro país, y obviamente existen diferencias culturales. Debido a que la compañía es extranjera, quiere imponer su ideología y su forma de trabajar, pero no puede rechazar la forma de pensar del país en donde está y de su gente.

Por otra parte, la gente del país donde se labora, tiene que aprender a trabajar con una ideología diferente a la suya, pero que es obligatorio ya que de eso depende su crecimiento en la compañía y su propio futuro como trabajador. También, para las compañías extranjeras, es difícil lidiar con aspectos religiosos o políticos, pero que son importantes para la gente local, y a veces obligatorio para la compañía.

Todo esto va generando choques entre diferentes culturas, y existen diferencias entre grupos cada vez más reducidos, hasta que llegan a ser personales. Además de las diferencias naturales que tiene cada persona, estas diferencias crean un ambiente conflictivo nada deseado por las compañías, ya que aunque sabemos que nadie es

indispensable en una empresa, la fuerza laboral es quien sostiene y da empuje a una empresa, sobre todo en países como México.

La globalización influye de manera importante al aspecto socio-cultural, ya que lo que pretende es que se viva bajo una ideología en común, que sería mundial, pero debido a las diferentes culturas de los países, esto es casi imposible, lo que se puede intentar es la adaptación a otros ambientes socio-culturales.

Problemática Técnica

El aspecto más costoso que tiene la problemática global es obviamente, el técnico administrativo. El impacto en esta área se refleja en costos y tiempos de producción. Los cambios técnicos que tiene que sufrir una compañía para poder globalizarse son fuertes, y dependen del país de donde es originaria la compañía y para el mercado al que se quiere lanzar sus productos. El mercado exige cada día mejores productos, con la más alta tecnología, y para ello, el productor debe crear nuevos productos e instalar nuevas máquinas y aparatos, quizá el reto más grande para una industria manufacturera.

Lo que identifica a una marca, es que sus productos sean iguales, es decir, que se fabriquen con el mismo herramental. Si una compañía tiene plantas en diferentes países, fabricar un herramental idéntico en uno y otro país, es muy difícil. Los proveedores cambian, la maquinaria cambia, y los fabricantes cambian. Lo más lógico es que el proveedor encargado de fabricarlos sea el mismo y esté coordinado en los dos o más países, pero aun así el material es de diferentes proveedores y la gente debería estar igualmente capacitada, para ello, tendría que tener el mismo departamento de recursos humanos. Una opción, quizá la más viable, es que el herramental se produzca en un solo

lugar y se envíe a todas las plantas, pero esto eleva los costos demasiado y se ve reflejado en el precio del producto y por lo tanto en las ventas. Para que los costos del producto no se vean afectados, la calidad y duración del herramental debe ser la óptima y sólo se logra mediante una rigurosa selección de proveedores.

Otro problema que encontramos en el aspecto técnico es la necesidad de capacitar al personal, algunas veces a pocos empleados, pero otras, a todo el personal de la planta. Esto cuesta caro, empezando desde el transporte de los empleados a la capacitación, o para llevar a la gente que va a capacitar a la planta. Muchas veces, la gente que va a capacitar es extranjera, y el idioma y cultura es un choque también problemático, que ya hemos tocado anteriormente.

Otro punto a considerar es la incorporación de nuevas tecnologías y nuevas herramientas a una empresa, esto implica además de la inversión para la adquisición de estas herramientas, capacitación al personal o contratación de nuevo para manejarlas y un mantenimiento adicional que la mayoría de las veces es muy costoso. Sin embargo, si se adquieren este tipo de máquinas y tecnologías, es porque son rentables y a corto o largo plazo se recuperará la inversión. A pesar de que las compañías se podrían automatizar en su totalidad, aun no se ha dado, ya que cada empresa tiene un sindicato y no lo permitiría, causaría un gran desempleo y se generaría pobreza en la población, lo que llevaría a una crisis de consumidores.

Finalmente podemos decir que la problemática de la manufactura global, afecta todas las áreas en una empresa y que es necesario atacar. En resumen, la problemática es la dificultad para sincronizar las acciones para generar un mismo producto para cualquier mercado en un tiempo mínimo y con diferentes participantes, en diferentes países. Se

trata de que el cliente quede satisfecho en cualquier parte del mundo y que los costos no se eleven demasiado para conseguirlo.[López, 2001]

2.10 Conclusiones del capítulo

A través de este capítulo se estudiaron diferentes técnicas de manufactura global. Esta información es teórica, ya que es una visión bibliográfica mundial la que se muestra en este capítulo. Con estas herramientas se puede entrar en la globalización de manera competitiva, estas tecnologías son requerimientos mínimos para una empresa automotriz que quiera competir en el mercado mundial. Otra solución para entrar a competir a un mercado global, es la de aliarse con otras compañías. Esto se refleja en los grandes consorcios, que cada vez son más.

Aquí en México existen empresas automotrices globalizadas, que pertenecen a compañías trasnacionales o consorcios gigantes. Sus plantas aquí trabajan con tecnologías globales, ya que sus productos (automóviles) son vendidos en todo el mundo, la razón principal por la que establecen aquí ensambladoras es por la mano de obra barata y las facilidades de exportación por parte del gobierno. Esta es una ventaja para el país, ya que eleva el nivel de empleo como ya se ha comentado anteriormente.

Las tecnologías que utilizan estas compañías en México, deben ser las mismas que utilizan en otros países, ya que lo que pretende la globalización, es que las compañías se homogenicen y los productos tengan la misma calidad no importa en qué país se hayan fabricado, eso es lo que identifica a cualquier marca de automóvil. Pero dado que la mayoría de los trabajadores son mexicanos, el producto, aunque es diseño de otros países, es manufacturado por mexicanos, ingenieros, técnicos y obreros, lo que los hace

particularmente productos mexicanos. De la calidad de los procesos y productos que aquí se realicen, depende que les den más proyectos a las plantas en México.

Para poder visualizar mejor cómo se trabaja con tecnologías globales en México, se investigaron diferentes tecnologías en empresas automotrices en nuestro país. Para ello, se realizó una búsqueda de los mejores candidatos a investigar. En el siguiente capítulo, se describe el proceso de búsqueda y selección de las empresas a las que se hicieron los casos de estudio.