

# **CAPITULO 1**

## **INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTOS**

El diseño de nuevos productos es crucial para la supervivencia de la mayoría de las empresas. Aunque existen algunas firmas que experimentan muy pocos cambios en sus productos, la mayoría de las compañías deben revisarlos en forma constante. En las industrias que cambian con rapidez, la introducción de nuevos productos es una forma de vida y se han desarrollado enfoques muy sofisticados para su presentación.

El diseño del producto casi nunca es responsabilidad única de la función de operaciones, sin embargo ésta se ve afectada por la introducción de nuevos productos y viceversa. Al mismo tiempo, estos nuevos productos se ven limitados por las operaciones existentes y la tecnología, por lo tanto, resulta importante comprender el proceso de diseño de nuevos productos así como su interacción con las operaciones.

Las decisiones sobre el producto afectan a cada una de las áreas de toma de decisiones de operaciones, por lo tanto, deben coordinarse de manera íntima para asegurarse de que ésta área quede integrada con el diseño del producto.

Así, el diseño del producto es un prerrequisito para la producción al igual que el pronóstico de volumen. El resultado de la decisión del diseño del producto se transmite a operaciones en forma de especificaciones, donde se indican las características que se desea tenga el producto, y así se permite que se proceda con la producción.

### **1.1 Concepto de producto**

Se puede definir al producto desde un aspecto psico-social donde a la persona le mejora su imagen, su estatus, su exclusividad y vanidad.

También se puede decir que el producto representa a la empresa donde se muestra la imagen y la calidad, siempre con la meta de satisfacer las necesidades de los consumidores.

#### **1.1.1 Elementos que caracterizan la personalización del producto**

La personalidad del producto es la capacidad de dar lo que se desea de él, y está caracterizada por los siguientes elementos:

- **Diseño:** es aquello que hace que sea llamativo para los consumidores.

- Variedad: tiene que ver con la comercialización, para cada segmento de mercado se debe elaborar un producto específico.
- Calidad: implica brindar a los clientes directos e indirectos productos que estén en conformidad con los estándares y normas establecidas.

### **1.1.2 Factores de éxito y fracaso de un producto**

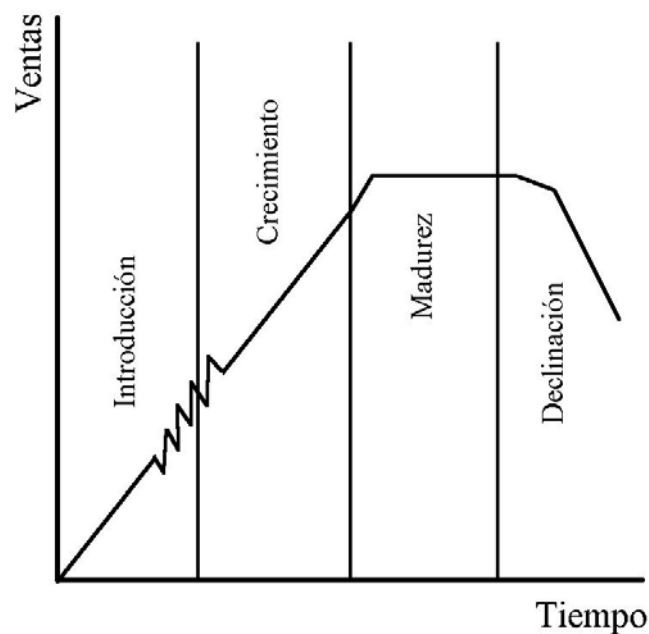
La introducción exitosa de productos al mercado puede ser afectada por diversos factores como:

- Costo de producción más bajo, induce a tener un menor precio en el mercado.
- Originalidad del producto, que sea algo nuevo y no una imitación.
- Complejidad de hacer el producto, que afecta el precio de mercado.
- Flexibilidad del proceso de producción, de tal forma de poder hacer un surtido de productos.

### **1.1.3 Ciclo de vida de un producto**

El ciclo de vida del producto sugiere que éste tiene una vida finita. Si se monitorean las ventas durante un periodo determinado (ver figura 1.1), se descubrirá que el patrón de la mayoría de los productos sigue una curva consistente de introducción, crecimiento, madurez y declinación. Es evidente que al principio las ventas son bajas; de forma gradual se van aumentando hasta llegar a un periodo constante y luego comienzan a decrecer.

Este concepto es cautivador en su sencillez, pero es una noción de difícil aplicación en la práctica. La principal desventaja es que es muy difícil anticipar el ciclo de vida de un producto. Muy pocos gerentes diagnostican con claridad la fase precisa en la cual se encuentran sus respectivos productos. Por medio de evidencias circunstanciales se supone que el producto se desplaza desde el crecimiento hasta la madurez. Si, por ejemplo, se observa que un competidor aumenta su presupuesto para anuncios y/o su oferta de descuentos especiales, se infiere que la fase de crecimiento está por terminar. Todas éstas son señales de sentido común, pero de dudoso valor científico.



**Figura 1.1 Ciclo de vida de un producto**

La tendencia hacia ciclos de vida más cortos es una de las limitaciones al concepto. Todas las evidencias indican que los ciclos de vida de los productos cada vez se vuelven más y más cortos. Esto es particularmente cierto en el campo de los aparatos domésticos y de productos de alta tecnología.

Un producto que alcanzó su fase de declinación antes de que la inversión destinada a su desarrollo y explotación haya sido recuperada difícilmente logre el éxito. Así, el producto debe ser capaz de ganar suficientes fondos antes de la fase de declinación, para recobrar la inversión completa que la compañía le dedicó, incluyendo no solo el costo de manufactura e inventario, sino también el costo y tiempo de diseño.

La importancia de este hecho implica tener que sacar más productos más rápidamente, lo que generalmente conduce a la pervivencia de diferentes modelos de modo simultáneo. Además las repercusiones de un retraso en el lanzamiento son relevantes, puesto que el producto puede quedar obsoleto antes de salir.

#### **1.1.4 Estrategias para la introducción de nuevos productos**

Existen tres maneras fundamentales de enfocar el proceso de introducción de nuevos productos: se le puede considerar como un impulso del mercado, un impulso de la tecnología o uno de naturaleza interfuncional.

##### **1.1.4.1 Impulso del mercado**

De acuerdo con este enfoque se debe: “fabricar lo que se puede vender”. En este caso los nuevos productos quedan determinados por el mercado, dando muy poca consideración a la tecnología existente y a los procesos de operaciones. Las necesidades del cliente son la base primordial (o única) para la introducción de nuevos productos. Se puede determinar el tipo de nuevos productos que se necesitan a través de la investigación de mercados o la retroalimentación de los consumidores, después se producen estos productos.

##### **1.1.4.2 Impulso de la tecnología**

Este enfoque sugiere que se debe: “vender lo que se puede hacer”. De acuerdo con esto, los nuevos productos deben derivarse de la tecnología de producción, con poca consideración al mercado. La tarea de mercadotecnia es la de crear un mercado y “vender” los productos que se fabrican. Este enfoque queda dominado por el uso vigoroso de la tecnología y la simplicidad en los cambios de operaciones. A través de un enfoque agresivo en investigación y desarrollo y en operaciones, se crean productos de tipo superior que tienen una ventaja “natural” en el mercado.

##### **1.1.4.3 Interfuncional**

Con este enfoque, la introducción de nuevos productos requiere de la cooperación entre mercadotecnia, operaciones, ingeniería y otras funciones. El proceso de desarrollo de nuevos productos no recibe ni el impulso del mercado ni el de la tecnología, sino que queda determinado por un esfuerzo coordinado entre funciones. El resultado deben ser productos que satisfagan las necesidades del consumidor mientras que se utilizan las mayores ventajas posibles en la tecnología.

El enfoque interfuncional casi siempre produce los mejores resultados, y también resulta más difícil de implementar.

### **1.1.5 Proceso de desarrollo de nuevos productos**

Independientemente de cuál sea el enfoque organizacional que se utilice para el desarrollo de nuevos productos, los seis pasos que se siguen son casi siempre los mismos.

#### **1.1.5.1 Generación de la idea**

Las ideas se pueden generar a partir del mercado o de la tecnología. Las del mercado se derivan de las necesidades del consumidor, y pueden llevar al desarrollo de nuevas tecnologías y productos para satisfacer estas necesidades.

Por otro lado, las ideas también pueden surgir de la tecnología disponible o nueva. La explotación de la tecnología es una fuente muy rica de ideas para nuevos productos.

#### **1.1.5.2 Selección del producto**

No todas las ideas deben ser desarrolladas para convertirlas en nuevos productos. Antes de colocar la idea de un nuevo producto en el diseño preliminar, se le debe someter a los análisis necesarios que se organizan alrededor de por lo menos tres pruebas: 1) potencial del mercado, 2) factibilidad financiera y 3) compatibilidad con operaciones.

El propósito del análisis de selección de productos es identificar cuáles son las mejores ideas y no el de llegar a una decisión definitiva de comercialización y producción de un producto. Después del desarrollo inicial se pueden hacer análisis más extensos a través de pruebas de mercado y operaciones piloto antes de tomar la decisión final de introducir el producto. De esta manera, el análisis de selección de productos puede tener una naturaleza bastante subjetiva y basarse en información ciertamente limitada.

La idea de un nuevo producto también puede someterse a un análisis financiero típico mediante el cálculo de un rendimiento aproximado sobre la inversión. Para hacer esto, es necesario estimar un flujo de efectivo de la inversión, y los ingresos y costos de las ventas del producto en el futuro. En las etapas iniciales del desarrollo del producto puede ser difícil (si es que no imposible) estimar el flujo efectivo con una exactitud razonable debido a la gran falta de seguridad que habrá sobre la aceptación en el mercado, los volúmenes, las utilidades y los costos. Sin embargo, es necesario hacer las estimaciones lo más pronto posible para poder sentir el potencial financiero de un producto, las cuales pueden actualizarse si se dispone de mayor información.

### **1.1.5.3 Diseño preliminar del producto**

Como resultado de la selección del producto solamente se define su esqueleto, en el diseño preliminar se identifica por completo el mismo.

En esta etapa se desarrolla el mejor diseño para la idea del nuevo producto tomando en cuenta un gran número de compensaciones entre costo, calidad y rendimiento. El resultado debe ser un diseño de producto que resulte competitivo en el mercado y que se pueda producir. Si se puede construir se dará una considerable importancia a los esfuerzos de mercadotecnia.

Como parte del diseño preliminar es probable que se construya un laboratorio para probar la integración y desempeño de componentes del producto. Si las pruebas tienen éxito, se harán dibujos de diseño preliminar.

### **1.1.5.4 Construcción del prototipo**

El prototipo es la primera versión o modelo del producto, que refleja las características físicas y funcionales más importantes que éste deberá presentar en su estado final, por lo que se fabrica a partir del concepto de diseño generado en la fase anterior. Sin embargo, es factible que algunas cualidades no se puedan reproducir en el prototipo, por lo que se considera más un elemento para la recolección de información, y la determinación de las fortalezas y debilidades del producto.

En proyectos de gran envergadura, una gran parte de los prototipos se realizan a escala, por lo que es importante que las diferencias entre proporciones estén detalladamente reflejadas a fin de que no induzcan a errores en desarrollos posteriores del producto.

A veces interesa, además, representar el proceso productivo y las condiciones necesarias para la manufactura del producto, en este caso se procede a la construcción de plantas pilotos, que son reproducciones a escala de la hipotética planta en la cual éste será fabricado.

### **1.1.5.5 Pruebas**

Las pruebas en los prototipos buscan verificar el desempeño comercial y técnico del producto.

Una manera de apreciar el desempeño comercial es construir suficientes prototipos como para apoyar una prueba de mercado para el nuevo producto. El propósito de ésta es obtener resultados cuantitativos sobre la aceptación que tiene el producto entre los consumidores.

También se prueba el desempeño técnico del producto en los prototipos. Los cambios de ingeniería que se inician como resultado se incorporan entonces al paquete de diseño final.

#### **1.1.5.6 Diseño definitivo del producto**

Durante la fase de diseño definitivo se desarrollan dibujos y especificaciones para el producto. Como resultado de las pruebas en los prototipos se pueden incorporar cambios al diseño. En este caso, el producto puede someterse a pruebas adicionales para asegurar el desempeño. Luego, la atención se enfoca en la terminación de las especificaciones de diseño para que se pueda proceder con la producción.

Sin embargo, la investigación y desarrollo no solo debe definir especificaciones de diseño. Debe desarrollarse un paquete de información, que contenga detalles relacionados con la tecnología de proceso, datos de control de calidad y procedimientos de prueba del rendimiento, para asegurar la factibilidad de producir el producto.

#### **1.1.6 Interacción entre diseño del producto y el proceso**

Se ha estudiado el proceso del desarrollo de nuevos productos antes de la producción inicial. Sin embargo, los productos también se desarrollan y sufren cambios después de su introducción inicial durante su ciclo de vida; esto podría llamarse **rediseño de un producto**.

La innovación de los productos y su interacción con los procesos operativos, casi siempre sigue tres etapas.

##### **1.1.6.1 Etapa I**

La vida inicial de los productos se caracteriza por un cambio constante ocasionado por la incertidumbre de las condiciones del mercado y los avances tecnológicos. El proceso de producción casi siempre se acopia a un bajo nivel de volumen y tiene una naturaleza “poco coordinada”. Por lo general, el producto se hace en un equipo genérico, el cual se puede cambiar conforme se modifica el producto. Es posible describir la situación tanto del

producto como del proceso como una situación fluida. Las velocidades de innovación en el proceso son altas y existe una gran diversidad de productos entre los competidores. El proceso de producción está muy poco coordinado entre las distintas operaciones, existen cuello de botellas y exceso de capacidad debido a la falta de un flujo estable en el producto. Las decisiones operativas se orientan hacia la flexibilidad, que es el objetivo principal en esta etapa.

#### **1.1.6.2 Etapa II**

Conforme tiene lugar el desarrollo, la competencia en los precios se vuelve más intensa. Los administradores de operaciones responden con una mayor conciencia del costo. El resultado es una mejor integración del flujo del producto, tareas más especializadas, mayor automatización, y más estricta planeación y control de la producción. El proceso se caracteriza mejor en esta etapa mediante el término “islas de mecanización”. Algunos subprocesos pueden volverse altamente automatizados con equipos de proceso muy específico, mientras que otros siguen dependiendo del equipo genérico. Esta automatización no puede ocurrir, sin embargo, hasta que la vida de los productos sea lo bastante madura como para tener un volumen suficiente y algunos diseños de productos estables. Esta etapa podría describirse mejor con la frase “estandarización del producto y del proceso con una automatización cada vez mayor”.

#### **1.1.6.3 Etapa III**

Conforme el producto alcanza su madurez, la competencia se vuelve aun más fuerte. Se requiere una mayor estandarización y se enfatiza la reducción de costos, mientras se mantienen estándares aceptables de servicio y calidad. En este punto, el proceso se vuelve altamente integrado y automatizado. Es probable que un cambio en cualquiera de las partes tenga impacto en todo el proceso puesto que el producto y el proceso se vuelven interdependientes y es difícil separarlos. Los cambios adicionales en el producto son difíciles y costosos. El cambio surge más lentamente pero puede también originarse en alteraciones repentinas en los insumos, reglamentos del gobierno o del mercado.

#### **1.1.7 Análisis del valor**

Existe la necesidad de mejorar constantemente los productos para seguir siendo competitivos. La innovación es una necesidad básica en todo lo que se hace. El análisis del



valor o ingeniería del valor proporciona una manera conveniente de organizar la innovación, enfocada a mejorar el valor de los productos.

El análisis del valor es una filosofía que busca eliminar todo aquello que origine costos y no contribuya al valor ni a la función del producto o del servicio. Su objetivo es satisfacer los requisitos de rendimiento del producto y las necesidades del cliente con el menor costo posible.

Existe una diferencia importante entre el costo y el valor. El costo es un término absoluto y mide los recursos que se utilizan para crear un producto, frecuentemente incluye la mano de obra, materiales y costos indirectos. El valor, por otro lado, es la percepción que tiene el cliente de la relación de utilidad del producto con su costo. La utilidad incluye la calidad, confiabilidad y rendimiento de un producto para el uso que se le busca dar. Es lo que busca el cliente: satisfacer sus necesidades al menor costo. Por lo tanto el valor de un producto, se puede mejorar incrementando su utilidad con el cliente al mismo costo o disminuyendo el costo con el mismo grado de utilidad. Esto se hace eliminando funciones que no agreguen valor al proceso.

En el análisis de valor se utilizan los siguientes términos o definiciones:

- Objetivo: el propósito por el que existe el producto o servicio.
- Función básica: es aquel que le permite al producto tener una utilidad en función de su objetivo.
- Funciones secundarias: son aquellas que apoyan la función básica debido a la manera en que se diseñó el producto en particular.

El análisis del valor casi siempre se realiza en cinco pasos: planeación, información, diseño creativo, evaluación e implementación. La etapa de planeación comienza al orientar a la organización hacia el concepto del análisis del valor. Se informa a la alta y media gerencia del potencial de análisis del valor y de los procedimientos involucrados para que puedan dar el apoyo necesario. Después se forma un equipo de análisis del valor integrado por aquellos afectados por los cambios potenciales.

La fase de información del estudio empieza al identificarse el objetivo del producto, las funciones básicas y las secundarias. Las funciones se describen normalmente con dos palabras: un juego de verbo y sustantivo.

La tercera fase del análisis del valor busca generar opciones creativas. Durante esta fase debe mantenerse una atmósfera abierta y de innovación en el equipo para no asfixiar las ideas.

En la etapa de evaluación se observa la posibilidad de las ideas, su costo y la contribución que da valor. Se consolidan las mejores ideas en un plan para la mejora del producto o del servicio. El plan resultante lo ponen en operación los miembros del equipo con la gente que tendrá que llevar a cabo los resultados del estudio del análisis del valor. Esto genera entusiasmo y compromiso en el proceso de su implementación.

## **1.2 Ergonomía**

La palabra ergonomía proviene del griego “Ergos” que significa trabajo y “Nomos” que significa leyes, entonces, ergonomía en su definición literal sería “Las leyes naturales que rigen al trabajo”.

A finales de la segunda guerra mundial, durante los años 40, se comenzó a tener en cuenta en las etapas de diseño aquellos factores humanos que impactan en el uso de productos y sistemas, con el objetivo de reforzar la seguridad de los usuarios, evitar errores e incrementar la productividad de sus procesos. En Estados Unidos de Norteamérica el término “Factores Humanos” es sinónimo de ergonomía, y se utiliza más frecuentemente.

Así, una definición sucinta del término ergonomía sería: diseñar instrumentos, sistemas técnicos y tareas de tal manera que se mejore la seguridad humana, la salud, la comodidad y el desempeño.

Actualmente la Asociación Internacional de Ergonomía la define de una manera integral de la siguiente manera: ergonomía en los factores humanos, es la disciplina científica relacionada con el conocimiento de la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica la teoría, principios, datos y métodos para diseñar buscando optimizar el bienestar humano y la ejecución del sistema global.

Se considera que son diversos los factores que tienen parte en la ergonomía, se incluyen: la postura del cuerpo y su movimiento (sentado, parado, levantando, halando, empujando, etc.) factores ambientales (ruido, vibración, iluminación, clima, sustancias químicas, etc.) información y operación (percibida a través de los sentidos, controles y su relación con su disposición, etc.) así como tareas y trabajos (tareas apropiadas, trabajos

interesantes). Estos factores determinan de manera general seguridad, salud, comodidad y desempeño eficiente en el trabajo y la vida diaria.

### **1.2.1 Significado social de la ergonomía**

La ergonomía puede contribuir a la solución de un gran número de problemas relacionados a la funcionalidad, salud, seguridad, comodidad y eficiencia, así como a la prevención de inconvenientes y ayudar a mejorar el desempeño en el trabajo. Situaciones diarias como desastres, accidentes en el trabajo, en el tráfico y en casa, son frecuentemente atribuidas al error humano. El análisis de estas fallas parece reflejar una relación pobre e inadecuada entre el operador y su tarea objetivo. La probabilidad de los accidentes puede ser reducida tomando en consideración las capacidades humanas y sus limitaciones, al diseñar productos, así como los ambientes de trabajo y de la vida diaria. En el diseño de sistemas complejos la ergonomía se ha convertido en uno de los factores más importantes para reducir el error del operador.

Muchas situaciones de la vida diaria son peligrosas para la salud. En los países occidentales las enfermedades del sistema óseo y muscular (especialmente dolor de espalda) y las enfermedades psicológicas (estrés) constituyen la causa más importante de ausencia en el trabajo clasificadas como "discapacidad ocupacional". Estas condiciones pueden ser en parte atribuidas a un mal diseño del equipo, de los sistemas técnicos y de las tareas. Aquí también, la ergonomía puede ayudar a reducir los problemas mejorando las condiciones de trabajo. Por lo tanto, en un gran número de países, los servicios de salud ocupacional están obligados a contratar ergónomos.

Algunos datos ergonómicos se han convertido en estándares oficiales, cuyo principal objetivo es estimular la aplicación de la ergonomía. Un gran rango de temas ergonómicos está cubierto por los estándares ISO (International Standardization Organization), el CEN (Comité Européen de Normalisation), ANSI (American National Standard Institute) y el BSI (British Standard Institute). Además se cuenta con estándares ergonómicos específicos que se aplican en compañías independientes y sectores industriales.

### **1.2.2 Ergonomía y trabajo**

El trabajo involucra el uso de herramientas, la ergonomía se preocupa del diseño de estas herramientas, y por ende de todo artefacto o ambiente para el uso humano en general.

Si un objeto es diseñado para ser utilizado por el ser humano, se presume entonces que será utilizado para el desempeño de alguna función, tarea o actividad. Esta tarea se define como trabajo en el ámbito de la ciencia de la ergonomía.

En el diseño del trabajo y de las situaciones de la vida diaria, el enfoque de la ergonomía es el hombre. Situaciones peligrosas, poco saludables, incómodas e ineficientes para el trabajo y para la vida diaria se evitan considerando las capacidades físicas y psicológicas de los humanos.

La ergonomía difiere de otras ciencias por su aproximación interdisciplinaria y su naturaleza de aplicación a la realidad. En la ergonomía convergen conocimientos de diversas áreas en las ciencias humanas y tecnológicas: antropometría, biomecánica, psicología, fisiología, toxicología, ingeniería mecánica, diseño industrial, información tecnológica y administración industrial. Para aplicar estos conocimientos se requieren de diversas técnicas y métodos. La interdisciplinariedad describe sus múltiples facetas en su aplicación en beneficio al ser humano, como consecuencia el resultado del estudio ergonómico es la adaptación del espacio de trabajo y su ambiente a la persona, y no al revés. El objetivo será siempre alcanzar la mejor coordinación posible entre el producto y los usuarios del mismo, en el contexto de la tarea o actividad que ha de realizarse.

### **1.2.3 Ergonomía y productos**

¿Qué es lo que significa decir que un producto está "ergonómicamente diseñado"? La Sociedad Ergonómica publicó un panfleto titulado: Ergonomía - Acomodar el Uso Humano, en el cual se define de manera lógica ciertas preguntas para reconocer un producto diseñado con el uso de la ergonomía.

¿Le acomoda al tamaño de su cuerpo o podría ser mejor?, ¿Puede ver y oír todo lo que necesita ver y oír?, ¿Es difícil equivocarse al utilizarlo?, ¿Es siempre cómodo al usarlo o sólo lo es al principio?, ¿Es fácil y conveniente de utilizar o podría mejorarse?, ¿Es fácil aprender a utilizarlo?, ¿Son las instrucciones claras?, ¿Es fácil de limpiar y mantener?, ¿Se siente relajado después de utilizarlo por algún período de tiempo?. Si las respuestas para todas las preguntas es Si, entonces el producto ha sido probablemente proyectado pensando en el usuario.

Las consideraciones ergonómicas en el diseño de productos se han convertido en una filosofía, donde los puntos centrales del proceso son el usuario y la obtención de la eficiencia y eficacia con la que este usa los productos o sistemas diseñados.

#### **1.2.4 Ergonomía y usuario**

La ergonomía en su relación con la actividad del usuario respecto al producto implica diversos aspectos. Algunos de los más importantes y básicos son: seguridad del producto, comodidad y placer.

##### **1.2.4.1 Seguridad del producto**

Las estadísticas mundiales calculan que muchos de los accidentes diarios con consecuencias fatales son debidos al mal uso de productos como resultado de operaciones cotidianas, precisamente por ser realizadas sin pensar mucho en lo que se está ejecutando. También, una gran parte de estos accidentes son consecuencia de señales o símbolos de advertencia que no son necesariamente universales y por lo tanto no son entendidos a plenitud.

##### **1.2.4.2 Comodidad y placer**

Los productos no sólo deben ser seguros, deben ser placenteros para quien los compra y usa. La ergonomía también contempla métodos y técnicas para medir la relación de placer y uso, sin embargo muchas de las técnicas para evaluar la característica de comodidad y placer han sido desarrolladas para tecnología en el espacio de trabajo, y por lo tanto, no son totalmente aplicables a otros productos. Algunas de las "medidas" que se han identificado recientemente en el tema refieren a entrevistas con los usuarios que determinan lo que es placentero y lo que no. El placer se asocia con sentimientos de seguridad, orgullo, emoción, satisfacción, entretenimiento, libertad y nostalgia. El no placer se asocia con sentimientos de agresión, resignación, frustración, ansiedad y molestia. Se puede decir que productos que provean una buena facilidad de uso pueden proveer comodidad y placer. Los ergonomistas aún tienen muchos problemas para definir técnicas que ayuden a medir y evaluar aspectos subjetivos del uso de los productos.

### **1.2.5 El diseño de productos y la ergonomía**

Al diseñar un producto, también se diseña la actividad del usuario, y esto no ocurre independientemente de las características de un producto. Muchas veces los modelos de los diseñadores no son los mismos que los del usuario (modelos mentales, modelos de uso, modelos de referencia), por ello, mucho se ha reportado que el diseñador no toma en cuenta el modelo humano de la actividad (operatividad del producto) durante la proyección de su diseño. Diversos factores en la fabricación pueden dar como resultado un producto alejado de las intenciones originales del diseñador. Estas consideraciones resultan en un producto que no necesariamente satisface al usuario.

La evaluación del producto respecto a la satisfacción del usuario es uno de los temas ergonómicos más difundidos y desarrollados, pero que sin embargo no encuentra todavía una aplicación real en el proceso del diseño de productos. Diversos especialistas sostienen que las evaluaciones ergonómicas deberían estar presentes durante todo el proceso de desarrollo de un producto, desde las etapas de diseño hasta las etapas de fabricación, de modo tal que si se requiere modificaciones del diseño durante alguna etapa de fabricación, esta podría realizarse sin perjudicar al usuario final.

La tendencia de la ergonomía para el diseño puede resumirse en el principio del "Diseño Centrado en el Usuario": si un objeto, un sistema, o un ambiente está destinado para el uso humano, entonces este diseño debe basarse en las características físicas y mentales de sus usuarios humanos.

El Diseño Centrado en el Usuario presenta las siguientes características:

- Empírico. Busca fundamentar las decisiones de diseño en data que concierne las características físicas y mentales de los seres humanos, su comportamiento observable y sus experiencias reportadas; por todo ello se recela de los juicios intuitivos que de estas observaciones se derivan.
- Iterativo. Es un proceso cíclico en el cual una fase de investigación de estudios empíricos es seguida por una fase de diseño, en el que la solución generada puede ser evaluada empíricamente.
- Participativo. Busca que el usuario final del producto participe del proceso en forma activa.

- No es Procrusteano. Trata a los usuarios como son y no como podrían ser, intenta acomodar el producto al usuario y no viceversa.
- Pragmático. Reconoce que puede haber límites a los que es razonablemente práctico en cada caso particular y busca alcanzar el mejor resultado posible dentro de las limitaciones impuestas.
- Toma en consideración la diversidad humana. Todo equipo, sistema técnico y tareas tienen que ser diseñados de tal manera que acomode el mayor número de usuarios.
- Toma en consideración las tareas metas del usuario. Reconoce que la relación entre producto y usuario es comúnmente especificado en la tarea.
- Orientado a los sistemas. Reconoce que la interacción entre producto y usuario toma lugar en el contexto de un gran sistema socio-tecnológico, que opera en el contexto de la economía y sistemas políticos, ecosistemas ambientales y otros

### **1.3 Ingeniería Asistida por Computador**

La Ingeniería Asistida por Computador (CAE, Computer Aided Engineering, en inglés) es el uso de herramientas informáticas para analizar la geometría generada por las aplicaciones de Diseño Asistido por Computador (CAD, Computer Aided Design, en inglés) permitiendo al diseñador simular y analizar el desempeño del producto, y así poder hacer mejoras a los diseños o bien apoyar a la resolución de problemas de ingeniería para una amplia gama de industrias. Esto incluye la simulación, validación y optimización de productos.

Existen herramientas para un amplio rango de análisis:

- Análisis de cinemática y de dinámica de mecanismos.
- Análisis de estrés y dinámica de componentes y ensambles.
- Simulación mecánica de eventos.
- Análisis termal y de fluidos.
- Simulación del comportamiento de circuitos electrónicos complejos.
- Herramientas de modelado y análisis de tolerancias, calculo de propiedades físicas (masa, volumen, momentos, etc.).

Existen también numerosas herramientas para determinar automáticamente la forma de un diseño, integrando análisis y optimización. Para ello se asume que el diseño tiene una forma inicial simple a partir de la cual el procedimiento calcula los valores de ciertos parámetros para satisfacer un criterio al mismo tiempo que se cumplen unas restricciones, obteniéndose con ellos la forma óptima.

La ventaja del análisis y optimización de diseños es que permite a los ingenieros determinar como se va a comportar el producto y eliminar errores sin la necesidad de gastar tiempo y dinero construyendo y evaluando prototipos reales. Ya que el costo de reingeniería crece exponencialmente en las últimas etapas del desarrollo de un producto y en la producción, la optimización temprana que permiten las herramientas CAE supone un ahorro de tiempo y una notable disminución de costos.

En resumen, los sistemas CAE proporcionan numerosas ventajas:

- Simulaciones computarizadas en lugar de hacer pruebas a prototipos, ahorrando tiempo y dinero.
- Facilidad, comodidad y mayor sencillez en la etapa de diseño.
- Productos más competitivos, de óptima calidad.
- Se obtiene un producto económico y en el menor tiempo posible.
- Alto porcentaje de éxito.
- Aumento de la productividad del diseñador.

### **1.3.1 Método de los Elementos Finitos**

El método de análisis por computador más usado en ingeniería es el Método de los Elementos Finitos (FEM, Finite Element Method, en inglés). Se utiliza para determinar tensiones, deformaciones, transmisión de calor, distribución de campos magnéticos, flujo de fluidos y cualquier otro problema de campos continuos que serían prácticamente imposibles de resolver utilizando otros métodos. En el FEM, la estructura continua real se representa por un modelo idealizado equivalente de análisis constituido por un número finito de elementos interconectados (nodos), por medio de un mallado (bidimensional; cuadriláteros y triángulos, o tridimensionales; hexaedros y tetraedros) que dividen el problema en elementos manejables por el computador.



El principio del método consiste en la reducción del problema con infinitos grados de libertad, regido por un sistema de ecuaciones diferenciales, en un problema en el que intervenga un número finito de variables asociadas a ciertos puntos característicos (nodos). Las incógnitas del problema dejan de ser funciones matemáticas del problema, para pasar a ser los valores de las funciones en un número infinito de puntos. En realidad no se trata de nada nuevo. La diferencia estriba en que, en el análisis, la segmentación en elementos y la correcta posición de los nodos es, hasta cierto punto, arbitraria.

Así pues, en el FEM se supone que el comportamiento de cada parte o elemento, en los que se subdivide, queda definido por un número finito de parámetros (grados de libertad) asociados a los puntos que en determinado momento se unen al resto de los elementos de su entorno (nodos). Para definir el comportamiento en el interior de cada elemento se supone que dentro del mismo, todo queda perfectamente definido a partir de lo que sucede en los nodos a través de una adecuada función de interpolación.

Como puede apreciarse, en el Método de los Elementos Finitos son casi esenciales los conceptos de "discretización" o acción de transformar la realidad de la naturaleza continua en un modelo discreto aproximado, y de "interpolación" o acción de aproximar los valores de una función a partir de su conocimiento en un número discreto de puntos. Por lo tanto el FEM es un método aproximado desde múltiples perspectivas.

Esta presentación aproximada de la realidad en forma de un modelo numérico permite la resolución del problema. Los diversos coeficientes del modelo son automáticamente calculados por el computador a partir de la geometría y de propiedades físicas de cada elemento. Sin embargo, queda en manos del usuario decir hasta que punto la discretización utilizada en el modelo representa adecuadamente el modelo de la estructura. La discretización correcta depende de diversos factores como son el tipo de información que se desea extraer del modelo o tipo de solicitud aplicada.

El Método de los Elementos Finitos requiere más un modelo abstracto de descomposición espacial que la propia geometría del diseño. Este modelo se obtiene eliminando los detalles innecesarios de geometría o reduciendo el número de dimensiones. Por tanto, es necesario crear el modelo abstracto de forma interactiva o automática para poder aplicar el FEM. Una vez definido el modelo, se genera la malla de elementos finitos para poder aplicar el método. La aplicación informática que se encarga de crear el modelo

abstracto y la malla de elementos finitos se le denomina pre-procesador. Después de realizar el análisis de cada elemento, el computador ensambla los resultados y los presenta para visualización. Las regiones críticas se destacan, por ejemplo, mostrándose en color rojo. Las herramientas que realizan esta función se denominan post-procesadores.

### **1.3.2 Aplicaciones del Método de los Elementos Finitos**

Con este método pueden realizarse, entre otros, los siguientes tipos de análisis:

- El análisis estático: permite la determinación de los componentes de los nodos por efecto de una sollicitación estática y, en una segunda fase, la determinación del estado en ciertos puntos característicos de cada elemento. Este tipo de análisis permite acotar la deformación del componente de estudio y localizar zonas altamente sollicitadas o zonas de sollicitación baja, según que el interés resida en evaluar la resistencia estática o en eliminar material.
- El análisis dinámico: permite determinar la respuesta vibratoria y tensional de una estructura cuando es excitada mediante una carga periódica, de amplitud y frecuencia variable. El análisis se realiza con el objetivo de conocer mejor el comportamiento dinámico del componente o estructura y determinar posibles áreas de conflicto, como por ejemplo la generación de resonancia.
- Transferencia de calor: puede abordarse problemas de conducción, convección o radiación, en régimen estacionario o no estacionario. Los resultados son básicamente las distribuciones de temperatura y flujos de calor.
- Mecánica de fluidos: pueden ser problemas en régimen laminar o turbulento, estacionario o transitorio. Los resultados son básicamente las distribuciones de presión y velocidad.
- Electromagnetismo: pueden tratarse problemas relacionados con los campos y las ondas electromagnéticas. Los resultados son básicamente los campos eléctricos y magnéticos, las distribuciones de potencial, las corrientes, los fluidos magnéticos, etc.

### **1.4 Diseño para la Manufactura**

Tradicionalmente los productos han sido diseñados de tal forma que no podían ser manufacturados en una forma eficiente. Sus diseños al ser liberados para producción, solo

eran manufacturables y lograban funcionar cuando eran hechos en el taller donde fueron modelados los prototipos, y requerían de técnicos altamente calificados para su ensamblaje. El desarrollo efectivo del producto debe ir más allá de los pasos tradicionales de adquisición e implementación de tecnologías de diseño como una solución. El enfoque debe ser hacia prácticas administrativas que consideren las necesidades del cliente, incluyendo estos requerimientos en el diseño del producto, y asegurando que tanto la fábrica y los proveedores de la misma tengan la capacidad de producirlo efectivamente.

Los productos son inicialmente conceptualizados para proveer una capacidad en particular y cumplir objetivos de desempeño y ciertas especificaciones. Dadas estas especificaciones, un producto puede ser diseñado en diferentes formas. El objetivo del diseñador debe ser optimizar el diseño del producto con su sistema de producción. Un sistema de producción de una compañía comprende a sus proveedores, los sistemas de manejo de materiales, sus procesos de manufactura, sus capacidades de fuerza laboral y los sistemas de distribución de los productos.

Generalmente, el diseñador trabaja dentro del contexto de un sistema de producción existente que solo puede ser mínimamente modificado. Sin embargo, en algunos casos, los sistemas de producción serán diseñados o rediseñados en conjunto con el diseño del producto, a este proceso se le conoce como producción integral. En otras palabras, cuando los ingenieros de diseño y de manufactura trabajan en conjunto para diseñar y racionalizar tanto el producto como los procesos de soporte para producción. Las consideraciones del diseñador hacia el Diseño para la Manufactura (DFM, Design for Manufacturing, en inglés), como costos, confiabilidad y facilidad de mantenimiento, representan el punto de arranque para el desarrollo integrado del producto.

La manufacturabilidad de un diseño es la probabilidad de que pueda ser producido acorde con un conjunto disponible de maquinaria, herramientas y procesos. La optimización de la manufacturabilidad considerada en este punto no incluye la generación de planes de procesos detallados o estimación de costos. De hecho, es una fase inmediatamente anterior al proceso de planeación. Esta aproximación es una novedosa forma de optimizar la calidad del diseño antes de ser enviado al sistema de planeación de los procesos, evitando el desperdicio de recursos involucrados en diseños que no son manufacturables.

El objetivo primario del diseñador es diseñar un producto que funcione dentro de las restricciones económicas y de programación dadas. Sin embargo, las investigaciones muestran que las decisiones hechas durante el periodo de diseño determinan el 70% del costo del producto mientras que las decisiones tomadas durante la producción solo cuentan para el 20%. Por otra parte, las decisiones hechas en el primer 5% del diseño del producto pueden determinar la gran mayoría del costo del producto, su calidad y sus características de manufacturabilidad. Esto indica el gran efecto que el Diseño para la Manufactura puede tener en la rentabilidad y el éxito de una compañía.

Sin embargo, la aplicación del DFM debe considerar cuestiones económicas del diseño en general. Debe balancear los esfuerzos y costos asociados con el desarrollo y el refinamiento del diseño con el efecto de costo y calidad que puede ser logrado.

La efectividad del diseño es mejorada y su integración es facilitada cuando:

- a. Pocas partes activas son utilizadas a través de la simplificación, estandarización y tecnología grupal de recuperación de información.
- b. La producibilidad es mejorada a través de la incorporación de directrices de DFM.
- c. Las alternativas de diseño son evaluadas, y herramientas de diseño son utilizadas, para desarrollar un producto manufacturable antes de ser liberado para producción.
- d. El producto y el proceso incluyen una estructura para balancear la calidad con los esfuerzos de diseño y la robustez del producto.

#### **1.4.1 Estandarización y Modularización**

Como un diseño se desarrolla desde el concepto hasta un nivel detallado del producto, se requiere englobar requerimientos físicos y funcionales que se definen de acuerdo a como una pieza debe acomodarse y comportarse. Dentro de las restricciones de este enfoque, se debe diseñar o seleccionar una pieza para su uso. Un diseñador puede tener varias opciones para diseñar una pieza que cumpla con los requerimientos de este enfoque.

El diseño de una pieza hecha a la medida, o la selección de una nueva, puede ser la forma más óptima de cumplir con los requerimientos desde el punto de vista del diseñador, pero puede que no sea el mejor enfoque para la compañía. El costo del producto y la calidad pueden ser negativamente afectadas por la proliferación de artículos especializados que requieran capacidades específicas de manufactura.

Minimizando el número de piezas activas por medio de la estandarización no solo simplifica el diseño del producto sino también da como resultado eficiencias operacionales e inventarios más bajos. Una política formal de estandarización de piezas, y el énfasis en el uso de listas de piezas aprobadas para ciertos artículos básicos, pueden ser consideradas para su uso dentro de las bases de un nuevo diseño. Por medio de una estructura de clasificación para almacenar y recuperar información de diseños, un ingeniero puede evitar tener que hacer pasos redundantes de diseño y la función del mismo puede evolucionar hacia el uso de estándares, manteniendo información acerca de las piezas aprobadas y de sus proveedores.

El ingeniero determinará las características de la pieza necesaria para un producto e identificará piezas estándar similares que pueden ser disponibles y localizables. Una de éstas puede funcionar de igual forma o puede que haya alguna especificación no crítica en alguna pieza estándar que pueda cumplir con ambas necesidades. Si los diseños existentes no son satisfactorios, los datos pueden ser utilizados para facilitar el diseño de una nueva pieza, particularmente con herramientas para el Diseño Asistido por Computador. Este enfoque puede ser extendido para identificar el herramental y aditamentos que podrían ser usados, evitando re-diseños adicionales.

Además de la estandarización, la simplificación del diseño del producto también ofrece oportunidades significantes para reducir costos y mejorar la calidad. Los diseñadores necesitan evaluar si hay una forma más fácil de lograr la funcionalidad de la parte. Las herramientas para el Diseño para la Manufactura y sus principios proveen un enfoque estructurado para buscar diseños simplificados. La complejidad del producto puede ser reducida por medio del uso de bloques de construcción modular para el ensamble. Por medio de módulos de piezas, una amplia variedad de productos pueden ser ensamblados de un limitado número de módulos, consecuentemente simplificando el diseño y el proceso de manufactura.

#### **1.4.2 Directrices en el Diseño para la Manufactura**

Se han establecido principios generales para el Diseño para la Manufactura para lograr mejor calidad, costos más bajos, aplicación de mejoras en la automatización y en el mantenimiento. Como ejemplos de estas directrices se tienen:

- Diseñar el producto con el menor número de piezas posible. Una forma de combinar piezas para lograr este principio es moldearlas juntas.
- Sujetadores tipo tornillo, tuerca, perno y remaches deben eliminarse, a favor de ajustes a presión. Las piezas con ajustes a presión son más rápidas y fáciles de ensamblar que las unidas por tornillos.
- Las piezas armadas con tornillos de diferentes tamaños consumen más tiempo, pues se gasta tiempo extra en la elección inicial de los tornillos, por lo que se debe disminuir la variedad de tipos y tamaños.
- Diseñar considerando la facilidad de darle servicio al producto. Evitar diseños en los cuales una pieza ya armada deba quitarse para tener acceso a otras.
- Las piezas deben ser fáciles de manejar (grandes o pequeñas) y de ubicar (simétricas o asimétricas, codificadas por color y forma). Esto evita las ambigüedades en el proceso, y facilita el ensamble a prueba de errores.
- Reducir la variedad de herramientas que se usan en operaciones de ensamblaje y desensamblaje, a través de un análisis previo de las mismas.
- El empleo de piezas modulares, estándares e intercambiables, facilitan las actividades de diseño al minimizar la cantidad de inventario en el sistema y estandarizar el manejo y las operaciones de ensamble.
- Evitar tolerancias muy ajustadas que vayan más allá de las capacidades naturales del proceso de manufactura y diseñar en el rango medio de la tolerancia de las partes.

Adicionalmente a estas directrices, los diseñadores necesitan entender más acerca de los sistemas de producción de sus compañías, como sus capacidades y limitaciones. Esto con el objeto de establecer reglas eficientes y específicas de diseño que fomenten la optimización del diseño del producto dentro del sistema de producción de la compañía.

### **1.4.3 Evaluación de alternativas de diseño**

Con el enfoque tradicional, el diseñador desarrollará un concepto inicial y lo traducirá en un diseño de producto, haciendo modificaciones menores que sean requeridas para cumplir con la especificación. DFM requiere que el diseñador comience el proceso considerando varias alternativas de conceptos de diseño en el proceso inicial, asegurando

así que se está moviendo hacia un diseño óptimo al llevar a cabo un proceso más efectivo. Usando algunas de las reglas de diseño previas como marco de referencia, el diseñador necesita creativamente desarrollar alternativas de diseño. Posteriormente las alternativas son evaluadas dentro de los objetivos del DFM.

Una vez que el diseñador adquiere un conocimiento básico de DFM, también debe aprender a como trabajar más de cerca con los ingenieros de manufactura y otras personas que le puedan retroalimentar con algunas sugerencias para la corrección de problemas. En resumen, este enfoque de diseño y las herramientas de soporte deben ayudar a:

- Identificar las alternativas de diseño y desarrollo con sus respectivas consideraciones económicas.
- Evaluar estas alternativas con respecto a los objetivos de DFM.
- Establecer estándares de diseño basados en principios de DFM que puedan ser rápidamente recuperables para nuevos productos.
- Utilizar revisiones de diseño que incluyan la participación de la manufactura en el proceso de diseño para evolucionar las directrices de producibilidad.

El Diseño para la Manufactura puede requerir esfuerzos adicionales en las fases iniciales del proceso de diseño. Sin embargo, la integración del producto y los procesos de diseño por medio de prácticas de negocios, filosofías administrativas y herramientas de tecnología darán como resultado un producto más manufacturable y que cumpla de una mejor forma con las necesidades del cliente, así como una transición más rápida y directa hacia la manufactura.

## **1.5 Ecodiseño**

El ecodiseño, y expresiones equivalentes como diseño verde, diseño sostenible o diseño responsable, se refiere a la incorporación sistemática de aspectos medioambientales en el diseño de los productos y de su proceso de fabricación, al objeto de prevenir y reducir su eventual impacto negativo en el medio ambiente a lo largo de todo su ciclo de vida.

En términos generales, significa que el ambiente ayuda a definir la dirección de las decisiones que se toman en el diseño. En otras palabras, el ambiente se transforma en el copiloto en el desarrollo de un producto. En este proceso se le asigna al ambiente las

mismas consideraciones que a los valores industriales más tradicionales: ganancias, funcionalidad, estética, ergonomía, imagen y, sobre todo, calidad. En algunos casos, el ambiente puede incluso resaltar los valores tradicionales del ámbito comercial.

Dentro de la metodología de Ecodiseño se aplica el Análisis de Ciclo de Vida que incluye:

- La obtención de las materias primas y los procesos que se requieren para hacer de éstas un material aprovechable - incluyendo la utilización de materiales reutilizados o reciclados.
- La fabricación y ensamblaje del producto.
- Su empaque y transporte (incluyendo los materiales, equipo y recursos energéticos involucrados).
- El uso del producto por el consumidor - incluyendo el impacto ambiental asociado y los materiales y energía requerida.
- Reparación y reutilización.
- La disposición del producto una vez concluida su vida útil, o la reincorporación de algunas de sus partes o materiales como materia prima al inicio del ciclo de vida del mismo u otro producto.

Algunos aspectos a considerar en el diseño ecológico de un producto son los siguientes:

En todas y cada una de las fases del ciclo de vida del producto (extracción de las materias primas, fabricación, distribución, uso y desecho), deberá estudiarse cuidadosamente el modo de minimizar consumos (energía, agua, productos químicos, etc.), emisiones (vertidos, gases, residuos) y contaminaciones (del agua, aire o tierra).

Muy especialmente en el caso de sustancias peligrosas, que en lo posible deberán ser evitadas en nuevos diseños, tratando de encontrar alternativas a las mismas. También deberá extremarse la precaución con las nuevas sustancias, cuyos efectos aún no sean conocidos.

En la fase de fabricación se deberá poner énfasis en la minimización de emisiones, contaminaciones así como en los consumos de agua y energía. El diseñador deberá tratar de dar preferencia a la utilización de materiales reciclados en la fabricación de nuevos



aparatos. De este modo, puede disminuirse la necesidad de extracción de materias primas vírgenes.

Una vez fabricado el producto, se deberá prever que sea embalado utilizando la mínima cantidad posible de materiales y procurando que éstos sean mayoritariamente, en la medida de lo posible, materiales reciclados y reciclables.

Para la fase de uso, el diseñador habrá de haber previsto también un mínimo impacto ambiental que ahora estará unido a bajos consumos de energía (cuando proceda), escasa generación de ruido, así como las menores o nulas emisiones. Ahora habrá que considerar muy especialmente la eficiencia energética de los equipos, como un modo de reducir el consumo global de energía eléctrica, tanto cuidando los aspectos intrínsecos al equipo (ligados a la tecnología), como aquellos relacionados con las condiciones de instalación o uso.

Los mismos criterios anteriores deberán ser tenidos en cuenta en el proceso de reciclado, una vez que el equipo haya llegado al final de su vida útil.

### **1.5.1 Diseño para durabilidad**

El diseño debe realizarse con el criterio de que el equipo dure el mayor tiempo posible. Acabar con la cultura de usar y tirar (cuanto antes) tan presente desde hace sólo unas décadas, pero tan firmemente asentada que parece ya algo normal, consustancial y necesario. Los hábitos actuales de reducidos períodos de utilización de los productos, dan lugar a un desarrollo insostenible a medio y largo plazo, como consecuencia tanto del agotamiento de los recursos naturales como del envenenamiento del medio ambiente.

### **1.5.2 Diseño para reparabilidad**

En coherencia con lo anterior, el diseño debe realizarse para que los productos sean fácil y económicamente reparables. En primer lugar eliminando las barreras para el desmontaje: remaches, elementos que para su desensamblaje requieran consumo de energía, herramientas especiales, zonas del equipo de difícil acceso, etc.

Dado el elevado coste de la mano de obra de los servicios técnicos, siempre que sea posible, los equipos deberían ser diseñados de modo que dispongan de un autochequeo que detecte e indique la causa de la mayor parte de los fallos de un aparato o, al menos, de los

más frecuentes. El diseñador debería también tener en cuenta en su diseño la facilidad de sustitución de las piezas defectuosas por parte del usuario, tratando de hacer menor el número de intervenciones de los servicios técnicos, con el consiguiente ahorro.

Además se deberá proporcionar información suficiente al usuario acerca del modo de realizar las operaciones básicas de mantenimiento del equipo (que minimice o retarde la ocurrencia de fallos) o de sustitución de los elementos que han fallado, al menos en aquellos casos en los cuales el proceso sea más fácil.

### **1.5.3 Diseño para la actualización**

El diseño debe realizarse de modo que permita la actualización continua de los productos a medida que van teniendo lugar nuevos avances técnicos. Esto es especialmente importante en el caso de equipos de tecnologías de información, por su rápida evolución e incesante innovación. En la actualidad, tras la compra de un equipo, para poder disfrutar las nuevas prestaciones que en adelante se ofrezcan, es necesario, en la mayor parte de los casos, desechar el equipo en su totalidad y adquirir uno nuevo.

Pero, esto no sólo es aplicable a equipos de tecnologías que evolucionan muy rápidamente. También es posible emplear este criterio en productos de tecnologías de evolución más lenta.

### **1.5.4 Diseño para el reciclado**

Los equipos deben ser diseñados de tal modo que se asegure un reciclado lo más seguro y eficiente posible, lo cual implica:

- Utilización de materiales cuyos procesos de reciclado permitan un alto porcentaje de recuperación.
- Total eliminación de las sustancias peligrosas.
- Procesos de desmontaje que no supongan riesgo para el operador o para el entorno.
- Fácil y rápido proceso de desmontaje y de recuperación de las materias primas. Este proceso es mayoritariamente manual y, por lo tanto, precisa gran cantidad de horas de trabajo. Por ello, debe tenerse en cuenta en la fase de diseño, entre otros:
  - Recurrir al mínimo número posible de materiales diferentes en el equipo.
  - Utilizar el mínimo número de piezas.

- Evitar en lo posible las piezas de pequeño tamaño.
- Utilizar uniones entre componentes y materiales que permitan su fácil separación.
- Evitar revestimientos, tratamientos superficiales, estructuras compuestas, etc.
- Fácil identificación de los diferentes materiales, de modo que se facilite su separación.
- Prever la posibilidad de utilización al máximo de procesos de desmontaje automáticos, frente a los procesos manuales necesitados de mucha mano de obra.

### **1.5.5 Beneficios**

Entre los principales beneficios del Ecodiseño se cuentan:

- Reducción del impacto ambiental: diseñar productos teniendo en cuenta premeditadamente el medio ambiente, supone como primer y más directo beneficio la reducción de los impactos ambientales del producto.
- Reducción de costos: se reutilizan materiales; se reduce el tamaño y peso del producto, lo que provoca una disminución en el consumo de materias primas y energía, menores costos por despacho, menores costos por contaminación, entre otros.
- Innovación: siendo un tema poco extendido, el hecho de diseñar un producto con criterios de Ecodiseño le confiere un carácter innovador. Además, la introducción de nuevos aspectos en la metodología habitual de diseño puede aportar nuevas ideas sobre estética o funcionalidad, que de otro modo no hubiesen surgido.

### **1.6 Ingeniería Inversa**

Se conoce como Ingeniería Inversa la tecnología basada en el descubrimiento del saber cuál es el diseño de un producto, cuáles son sus dimensiones y tolerancias, cómo se manufacturó y cómo funciona a partir de un producto existente; sin la ayuda de planos, documentación o modelos auxiliares.

Mientras la ingeniería convencional transforma conceptos y modelos en partes reales, la Ingeniería Inversa es aquella disciplina que toma esas partes reales y las transforma en conceptos y modelos cuando se requiere realizar un análisis o modificaciones para estudiar o evaluar el objeto.

Se parte siempre de un modelo físico y se usan métodos de ingeniería de medida, análisis, diseño y adquisición de datos para finalmente obtener una réplica idéntica o mejorada del objeto.

La Ingeniería Inversa puede ser aplicada en cualquiera de las fases o etapas que componen el proceso de desarrollo de producto, en cualquier sector industrial, así como para cualquier tipo de piezas o producto.

Debido a sus orígenes, podría pensarse que la única aplicación de la Ingeniería Inversa es el copiado de piezas. Sin embargo, las aplicaciones van mucho más allá que la simple duplicación de objetos físicos. Por ello se utilizan, quizá con mayor acierto, otras expresiones para definir el concepto como reconstrucción, retroingeniería, ó numerización y modelización.

### **1.6.1 Aplicaciones de la Ingeniería Inversa**

La Ingeniería Inversa no es solo un método para la realización de productos a partir de uno existente; este proceso ha tenido gran aceptación debido a que es de utilidad en los siguientes casos:

- Desarrollo e industrialización de nuevos productos o modificación de los ya existentes: donde se requiere aprovechar y reutilizar los conocimientos existentes sobre el producto en sí y la forma de fabricarlo, además de una respuesta rápida y efectiva para satisfacer los mercados con productos de calidad y con innovación. En particular donde el proceso tradicional de la Ingeniería del Producto requiere de un considerable tiempo de estudio del mercado, diseño del producto, modelado, pruebas de factibilidad, pruebas de funcionalidad, evaluaciones de costos y tiempos, etc.
- Comparación con los mejores del mercado: evitando invertir recursos en una investigación y desarrollo que en el mejor de los casos va a llevar a obtener un producto similar al que ya está en el mercado.

- En los casos de productos donde se ha perdido la información o nunca se ha tenido en formato digital: como el caso de piezas antiguas o rotas que se requieren para efectos de seguimiento, mantenimiento y servicio postventa.
- Desarrollar productos que sean compatibles con otros: sin conocer detalles de desarrollo de éstos últimos. En otras palabras, quien desarrolla los nuevos productos, no puede acceder a los detalles de fabricación de los productos de los que intenta ser compatibles.
- Analizar si el producto de la competencia infringe patentes de productos propios.
- Reproducción de dispositivos o herramental sometidos a desgaste.
- Modificación de prototipos y verificación de errores de manufactura.

### **1.6.2 Desventajas de la Ingeniería Inversa**

El empleo de la Ingeniería Inversa puede llevar a las siguientes desventajas:

- Mal uso de la tecnología: empleada por muchas personas o empresas para la realización de copia de productos de la competencia.
- Violación de los derechos de autenticidad de productos de empresas competencia.