

### 3. Resolución de problemas

El trabajo en ingeniería, a menudo, incluye la planificación y el análisis en las fases iniciales de un proyecto, pero la esencia de la resolución de problemas en ingeniería reside en el diseño. El diseño en ingeniería es tan variado como la propia profesión. Un problema de diseño puede ser tan pequeño pero intrincado como un circuito integrado de un ordenador, o tan amplio y complejo como un transbordador espacial. La realización de diseños en ingeniería implica concebir, imaginar, desarrollar, y planificar un dispositivo, una estructura un proceso o un sistema que suponga un cierto beneficio para la sociedad.

A diferencia de los problemas que se plantean habitualmente a los estudiantes de ingeniería, los problemas reales no están estructurados, ni tienen una finalización clara. Algunas veces, no están disponibles todos los datos para su resolución, o estos están confundidos con otros detalles sin importancia. En estos casos, se hace necesario ordenar todo un conglomerado de información, para identificar, que partes de ésta se necesitan para resolver el problema concreto.

Los problemas en ingeniería, generalmente no tienen una solución única. Con frecuencia, el objetivo es seleccionar la mejor solución de entre diversas alternativas. En estos casos, es necesario sopesar las distintas consecuencias conflictivas de una acción de ingeniería, y después seleccionar aquella solución que mejor se ajuste a los deseos y necesidades de los jefes, de los clientes, o de la sociedad.

Aunque podemos calificar como actos de ingeniería algunos hechos acaecidos desde el principio de la historia, la ingeniería como profesión es relativamente joven. En los primeros tiempos, el proceso de diseño se produce bajo el dominio de los artesanos, y el arte y el conocimiento del diseño se transmitía del maestro al aprendiz. Desde el principio de la ingeniería, los problemas han ido creciendo en dificultad y en amplitud. Al mismo tiempo, los avances en la tecnología han expandido enormemente la habilidad de los ingenieros para aumentar la comodidad y el bienestar de aquellos a los que servían.

En la actualidad, con los avances en la tecnología, se han formalizado las instituciones y los centros de transferencia de tecnología, en los que se imparten cursos, se editan publicaciones sobre novedades científicas y técnicas, etc. Así, los ingenieros modernos no tienen porqué adquirir experiencia a la sombra de otro ingeniero, sino que son formados, al principio en las universidades, y posteriormente, a través de cursos de posgrado y masters. El diseño en

ingeniería se está convirtiendo en muy variado y complejo, requiriendo un alto grado de especialización, así como la necesidad de trabajar en equipo. Esto es bastante frecuente; por eso, para la mayoría de los grandes proyectos de ingeniería se suelen buscar decenas, y a veces centenas de ingenieros.

### **3.1. Fases en la resolución de problemas**

La naturaleza de los problemas que deben ser resueltos por los ingenieros varían según las diversas ramas de la ingeniería. Realmente, cualquier ingeniero se encontrará a lo largo de su vida laboral muchos problemas diferentes. Debido a esta variabilidad de los problemas en ingeniería, no existe un procedimiento definitivo, ni un manual de usuario genérico, que recoja los pasos a los que se ajusta siempre la resolución de cualquier problema. De cualquier modo, los ingenieros siempre tienden a abordar los problemas de un modo determinado. Ciertamente, el método de aproximación y resolución de los problemas que tienen los ingenieros difiere mucho del método utilizado por otros profesionales; como por ejemplo del método científico. Los ingenieros deben estar entrenados, y por tanto acostumbrados, a tomar decisiones de forma analítica y objetiva para delimitar los problemas y aproximarse a estos de forma metódica.

En este aspecto, varios autores han escrito sobre los pasos o fases que pueden comprender el método de diseño en ingeniería. Generalmente, estas fases son las siguientes:

- a)- Identificación del problema
- b)- Recopilación de información necesaria
- c)- Búsqueda de posibles soluciones
- d)- Desarrollo de diseños previos (modelos)
- e)- Evaluación y elección de la solución óptima
- f)- Preparación de informes, planes y especificaciones
- g)- Implementación del diseño

En los apartados siguientes, examinaremos todas estas fase, pero es importante tener presente que en muchos casos, tal y como los hemos definido, alguno de ellos puede no aparecer. En otros casos, puede hacerse necesario repetir este protocolo varias veces con el fin de converger hacia la solución óptima.

### 3.1.1. Identificación del problema

Existe la tendencia de pensar que esta fase del proceso de resolución es obvia y poco importante; pero muchas veces esto nos lleva al primer error importante. Una definición incorrecta del problema puede ocasionar que el ingeniero pierda el tiempo y llegue a una solución inapropiada. Sin embargo, un problema definido correctamente es un problema parcialmente resuelto. Así pues, el planteamiento correcto de un problema es el paso más importante hacia su solución.

Es importante que las necesidades planteadas sean necesidades reales. El mejor diseño puede ser inútil si copia a otros diseños conocidos, o si resuelve un problema que no causa impacto entre los consumidores. Si lo que se está diseñando es un producto, es difícil predecir el impacto que producirá sobre el mercado, así como su posible comercialización. Por ello, es conveniente realizar análisis del mercado para identificar al tipo de posibles clientes, para compararlo estadísticamente con otros productos, y para estimar el volumen de las ventas.

Se deben plantear objetivamente las necesidades a resolver, y distinguirlas dentro de las posibles soluciones; es decir, debe analizarse, para cada solución, cuales son las necesidades que resuelve. En esta fase debe tenerse cuidado de no perjudicar la solución planteando el problema incorrectamente. Como ejemplo, un problema, por desgracia habitual, es el de los accidentes de tráfico. Un planteamiento incompleto del problema sería aquel que sólo lo trata, en base al comportamiento de los conductores. Un planteamiento más general incluiría el entorno de los accidentes, es decir el estado de las carreteras, y la seguridad a bordo de los coches incorporando sistemas de seguridad pasiva, como las cabinas indeformables o estructuras que absorban la energía del impacto, o activas como los sistemas antiderrapaje, etc.

Finalmente, no se deben aplicar restricciones innecesarias a la resolución de un problema. Si se imponen excesivas restricciones a la solución, puede conseguirse que el problema sea muy complicado, o incluso imposible de resolver. Un ejemplo de ello es intentar que un dispositivo funcione en un rango de temperaturas exagerado. El dispositivo se encarecerá para conseguir resolver una necesidad superflua.

### **3.1.2. Recopilación de información necesaria**

Una vez que el problema está planteado, y las necesidades están convenientemente identificadas, el ingeniero debe comenzar a recabar la información y los datos necesarios para resolverlo. El tipo de información necesaria, por supuesto, dependerá de la naturaleza del problema a resolver. Esta información pueden basarse en medidas físicas, planos, experimentos de laboratorio, resultados de sondeos de opinión, o información de otros muchos tipos.

Esta fase del proceso de resolución del problema incluye la recopilación, análisis y evaluación de toda la información disponible. Si el ingeniero está empleado en una gran empresa, probablemente deseará buscar en los archivos de la empresa o incluso entrevistarse con otros compañeros para comprobar si estos se han enfrentado antes a un problema similar.

En esta fase del proceso, los ingenieros generalmente, consultan bibliografía para conocer lo que otros han aprendido a partir de problemas parecidos. Éstos deben acudir a bibliotecas técnicas, libros de texto, artículos en revistas científicas o catálogos de los fabricantes. Los bibliotecarios pueden ser de gran ayuda a la hora de localizar libros de texto, y otras referencias bibliográficas. Además la mayoría de las bibliotecas disponen de consultas rápidas por ordenador. Algunas bibliotecas también conservan microfilms que contienen los índices de catálogos de fabricantes, para localizar rápidamente componentes ya fabricados. Todo esto, actualmente está siempre a mano a través de internet. También, puede ser valioso realizar una búsqueda de patentes. Muchos de los inventos no llegan nunca a salir al mercado, y lo cierto es que las patentes contienen grandes diseños descritos con todo detalle.

Finalmente puede ser necesario ampliar esta información realizando medidas adicionales, otros experimentos de laboratorio, otros sondeos de opinión, etc.

### **3.1.3. Búsqueda de soluciones creativas**

Una vez completados los pasos preparatorios del proceso de diseño, el ingeniero estará en disposición de aportar soluciones creativas. Realmente, el desarrollo de nuevas ideas, productos, o dispositivos es fruto de la creatividad; un esfuerzo inconsciente, o de la innovación; un esfuerzo consciente.

Existen varias técnicas para ayudar a un grupo o a un solo individuo a producir ideas originales. Estas técnicas están elaboradas para permitir que el grupo supere sus propios obstáculos en el pensamiento creativo.

### **3.1.3.1. Tormenta de ideas**

Ésta es una de las técnicas más populares para la resolución de problemas en grupo, y también se llama “brainstorming” del inglés. Se trata de una técnica de creatividad que empezó a desarrollar A. F. Osborn en 1938. Su aplicación se extendió a partir de 1953 después de publicar su libro “Applied Imagination”

Habitualmente, la sesión de tormenta de ideas se realiza en grupo de 6 a 12 personas. Cada una de ellas, espontáneamente, va aportando ideas para resolver el problema que se plantea. En todas estas sesiones, se estimula la generación de ideas; incluso aquellas que puedan parecer completamente impracticables. Está prohibida expresamente la crítica durante la fase de producción de ideas. Por lo que se elimina el tiempo de discusiones en la defensa de las propias ideas y el ataque a las ajenas, convirtiendo el estado de tensión emocional negativo que se produce en estas circunstancias, en un estado emocional positivo, que concentra todas las posibilidades en beneficio de la solución al problema. También se estimula a los participantes que combinen o desarrollen las ideas de otros.

Se sugiere que los participantes en las sesiones de brainstorming sean escogidos con formaciones diferentes, y que se incluya a personas con experiencia directa con el problema planteado. Estas sesiones suelen durar menos de una hora. Las ideas que se producen en una tormenta de ideas se recogen y se evalúan posteriormente, bien por el mismo grupo que ha realizado la sesión, o bien por otro grupo o individuo especializado

La sesión se debe preparar exponiendo un único problema con todo detalle. Por supuesto, la tormenta de ideas no puede aplicarse a problemas que sólo admiten una solución, ni a varios problemas a la vez, ya que la técnica deja de ser operativa. Cada miembro de la sesión propone todas aquellas ideas que se le vienen a la cabeza relacionadas con el tema, y con todas las ideas se confecciona una lista numerada, que se analizará en una fase posterior.

### **3.1.3.2. Listas de control**

Una de las posibilidades más sencillas para generar nuevas ideas es hacer una lista de control. La lista de control estimula al usuario a examinar distintos puntos de vista, y distintas posibilidades de diseño. Por ejemplo, supongamos que se quiere desarrollar un nuevo dispositivo concreto. Puede realizarse una lista de control con los siguientes elementos:

- Formas en que podemos dar al dispositivo aplicaciones diferentes.
- Posibilidades de modificación del dispositivo.
- Posibilidades de mejorarlo.
- Posibilidades de ampliación.
- Posibilidades de reducción de capacidades.

### **3.1.3.3. Listas de atributos**

Otra técnica, que puede ser utilizada individualmente para elaborar ideas de resolución de problemas originales, es la lista de atributos. Con esta técnica, la mayoría de las características o atributos de un producto o idea, se aíslan y se listan. Entonces, para cada atributo, se listan los cambios que se pueden realizar. Todas las ideas son válidas sin importar lo prácticas o realistas que sean. Después de listar todas las ideas, cada variación se evalúa, eligiendo aquellas que pueden mejorar el producto.

Considérese el siguiente ejemplo de cómo se puede utilizar la técnica de lista de atributos para mejorar el diseño de un teléfono.

Atributo	Ideas
Color	Coloreado Transparente Mediante patrón (p.e. a cuadrados) Con un diseño personalizado
Material	Metálico Cristal Madera Plástico
Forma	Cuadrado Redondo Ovalado Alargado

### 3.1.3.4. Técnica de relación forzada.

Otro grupo de técnicas individuales, que se pueden utilizar para generar ideas originales, es la técnica de relación forzada. Con esta técnica se fuerza la relación entre dos o más ideas o productos que naturalmente no tienen una relación aparente. Esta técnica consiste en seleccionar un elemento fijo con el que relacionar los demás. Éste suele ser el producto o la idea a analizar para resolver un problema. Seguidamente, se centra la atención sobre otro producto escogido aleatoriamente. Entonces, se fuerza una relación entre el elemento fijo y aquel escogido aleatoriamente. Esto forma una base para realizar una lista de asociaciones entre los elementos de las que pueden emerger ideas nuevas.

Por ejemplo, podemos suponer que estamos interesados en diseñar una máquina de afeitar. Éste sería el elemento fijo. Supongamos que escogemos de manera arbitraria una rueda de coche como el otro elemento. Aparentemente, ambas no guardan ninguna relación entre sí, sin embargo, pueden surgir algunas ideas como puede ser el fabricar una maquinilla redonda, una maquinilla que gire, una maquinilla de goma, una maquinilla con freno, y muchas más.

En estos casos lo que se está haciendo es coger las características de la rueda, como su forma, el material del que está hecho, la posibilidad de girar, etc. y aplicarlas a la maquinilla. También se pueden desarrollar otras ideas en base a relaciones entre las palabras que suenen parecido. En este caso a partir de la palabra “girar” podemos extraer la idea de que la maquinilla “tire” del pelo, etc.

Esta técnica lleva poco tiempo. Si la relación forzada que se ha elegido no da los resultados esperados, podemos escoger otro elemento aleatorio, y volver a repetir el proceso. Al igual que con otras técnicas de generación de ideas, también deben generarse ideas impracticables, ya que pueden abrir la puerta a otras buenas ideas. La evaluación de las ideas se suele realizar posteriormente a la etapa de generación.

### **3.1.3.5. Análisis morfológico.**

Esta técnica para la generación de ideas se atribuye a Frith Zwicky e incluye el listado de todas las soluciones teóricas posibles. Esta técnica consiste, primero en definir el problema en términos de sus dimensiones o parámetros, y diseñar una estructura que permita visualizar cada una de las posibles soluciones. Para una solución con sólo dos parámetros, el modelo toma la forma de un cuadrado dividido en un grupo de cuadrados más pequeños. El eje horizontal muestra todas las posibilidades de un parámetro, y el eje vertical las opciones del otro. Una estructura como esta permite al usuarios examinar todas las posibles combinaciones de estos dos parámetros. Para problemas con más de dos parámetros, el modelo se convierte en una matriz, donde a cada parámetro se le asigna un eje de un sistema cartesiano.

### **3.1.4. Desarrollo de diseños previos (modelos)**

El ingeniero, después de la fase de generación de ideas, ya está dispuesto realizar algunos diseños previos. Éste es el corazón del proceso de diseño, y es la fase en la que se necesita una mayor experiencia y capacidad de decisión por parte del ingeniero. Éste es el momento en que se descartan las ideas imposibles, y se modifican las ideas que pueden funcionar para obtener planos y diseños sobre los que trabajar.

En esta etapa será necesario tomar muchas decisiones sobre los posibles modelos, configuraciones, materiales, dimensiones, y otras especificaciones. Es posible que se necesite dibujar bocetos, y se deban preparar planos preliminares.

Los diseños preliminares se irán desarrollando a través de dos fases: análisis y síntesis. El análisis incluye la separación del conjunto en sus constituyentes individuales para un estudio exhaustivo. La síntesis consiste en combinar los hechos, leyes o principios en una idea global; lo que llevará al resultado, o a la solución deseada.

En esta fase, es necesario realizar un examen de todas las soluciones, para descartar aquellas peores. Aquellas soluciones que pasen ese primer análisis deberán estudiarse y examinarse con gran detalle. Existen muchas formas de realizar estos exámenes. En algunos casos, los bocetos preliminares de un dispositivo, o algún análisis concreto de un proceso, pueden mostrar que una idea debe descartarse. En otros casos, algunos componentes se deben analizar en el laboratorio. También, otras veces, se necesita todo un programa de investigación para examinar la validez de una hipótesis, o la eficacia de una solución propuesta.

Para facilitar el proceso de diseño, los ingenieros a menudo se apoyan en modelos. Duderstadt y otros definieron un modelo como una “descripción simplificada de un sistema de ingeniería, o proceso, que puede ser usado para ayudar al análisis o al diseño.” Los ingenieros utilizan varios tipos de modelos, que pueden ser materiales o inmateriales. En la definición más amplia del término, los bocetos o los gráficos pueden considerarse tipos de modelos. Además, los tipos de modelos más comunes, que se utilizan para facilitar la solución de problemas de ingeniería, son los siguientes:

Modelos matemáticos o analíticos.

Modelos de simulación lógica.

Modelos de simulación física.

### **3.1.4.1. Modelos matemáticos o analíticos**

Un modelo matemático consiste en una ecuación, o un grupo de ecuaciones, que representan un sistema físico. Por ejemplo, la siguiente ecuación representa la fuerza necesaria para acelerar un objeto:

$$F = m \cdot a$$

donde “F” es la fuerza resultante aplicada a un elemento de masa “m”, y “a” es la aceleración que sufre el objeto en la dirección de la fuerza. Muchos fenómenos físicos pueden ser descritos como modelos matemáticos. Estos modelos se pueden basar en teorías o leyes científicas establecidas. Otros se basan en la experiencia sacada de observaciones y experimentos.

Hablando en general, los modelos matemáticos son capaces de describir únicamente fenómenos físicos relativamente sencillos. Los modelos matemáticos diseñados para describir fenómenos complejos tienden a ser intratables.

### **3.1.4.2. Modelos de simulación lógica**

Cuando se están estudiando sistemas complejos, los ingenieros a menudo utilizan el ordenador para realizar modelos de simulación. Estos modelos pueden incorporar otros modelos empíricos basados en las matemáticas como componentes del modelo total. Por ejemplo, Thomasson y Wright utilizaron una simulación por ordenador para estudiar el tráfico en una intersección de dos calles controladas mediante señales de “stop”. Primero realizaron estudios empíricos del comportamiento de los conductores en la intersección y encontraron que el fenómeno se puede separar en varios eventos bien definidos:

- 1.- La llegada de los coches por la calle principal o la lateral
- 2.- La decisión de giro
- 3.- Observar huecos o no en el tráfico de la calle principal
- 4.- Tiempo de inicio, indecisión por entrar en la intersección
- 5.- Tiempo de servicio, tiempo en que la intersección está ocupada.

La descripción de estos eventos se basa, en parte, en observaciones reales de los conductores, o en modelos matemáticos empíricos que han sido desarrollados por otros investigadores. Por ejemplo, se encontró que el tiempo que los vehículos ocupan la intersección puede ser descrito por una distribución de probabilidad normal.

Estos investigadores desarrollaron un modelo de simulación por computador para describir el comportamiento de los conductores que llegan y pasan a través de la intersección. Utilizando un algoritmo informático, los desarrolladores del modelo modelaron el tráfico a través del cruce, y estimaron el retardo que se producía bajo diferentes condiciones de flujo de coches.

### **3.1.4.3. Modelos de simulación física**

Los modelos físicos son muy utilizados por los ingenieros para conseguir un mayor entendimiento de fenómenos complejos. Estos modelos, probablemente constituyen la forma más antigua de diseño estructural. Los modelos físicos se han utilizado, también, durante mucho

tiempo en campos como la hidráulica, aerodinámica e hidrodinámica, por ejemplo, para estudiar el comportamiento de un barco con el oleaje, o las prestaciones de submarinos con distintas formas.

A veces se construyen modelos a tamaño real, pero con frecuencia se construyen modelos a escala. El rango de escala típico de los modelos físicos varía entre 1:4 y 1:48. Quizá la mayor ventaja de los modelos físicos es que permiten al ingeniero estudiar el comportamiento del elemento sin necesidad de realizar simplificaciones.

Uno de los desarrollos más beneficiosos para la utilización de los modelos físicos es el túnel de viento. Los túneles de viento se basan en la ley fundamental de la dinámica de fluidos: un cuerpo sumergido en un fluido que se mueve, experimenta las mismas fuerzas que si ese mismo elemento se está moviendo sobre el fluido estacionario, suponiendo que, en los dos casos, la velocidad relativa del cuerpo y el fluido es la misma. Esto significa, por ejemplo, que las condiciones que sustentan a un avión en vuelo pueden ser repetidas dejando al avión estático, y moviendo el aire que pasa por el avión a la velocidad en que se produciría el vuelo. Las ventajas de los túneles de viento sobre el estudio en vuelo real son económicas, de seguridad, y de flexibilidad en el desarrollo. Puede construirse un modelo del avión y comprobar su comportamiento en el túnel del viento, con un coste mucho menor de lo que supondría la realización de un modelo a escala real, y su puesta en vuelo. De esta manera los nuevos prototipos experimentales se pueden probar sin riesgo para la vida de los pilotos. El túnel de viento simula el vuelo bajo condiciones más controladas y medibles que en el caso de un vuelo real. De esta manera, el túnel de viento es la herramienta principal del ingeniero aeronáutico.

Todos los túneles de viento tienen características comunes que describen sus capacidades. Todos tienen un habitáculo de prueba, en el que un modelo puede quedar fijo o suspendido. La sección transversal de este habitáculo puede ser redonda ovalada o cuadrangular. Las dimensiones de los habitáculos de prueba suelen variar desde unos centímetros a varios metros.

Los túneles de viento pueden ser de circuito abierto, o de circuito cerrado. Los túneles de circuito abierto toman el aire de la atmósfera, lo pasan por el tubo de pruebas y descargan de nuevo a la atmósfera. Estos túneles son sencillos y económicos de construir, pero son ineficientes y limitados en los tipos de corrientes que pueden generar. Muchos túneles de viento sofisticados utilizan un circuito cerrado para el aire, en el que el mismo aire es recirculado una y otra vez.

La mayor ventaja de los túneles cerrados es que pueden ser presurizados, una técnica que permite estudiar los objetos elaborados a escala. La comparación entre las condiciones de las pruebas en el túnel del viento en modelos, y las condiciones reales de vuelo de los aviones a

tamaño natural dependen de la constante matemática adimensional conocida como el número de Reynolds. El número de Reynolds es un parámetro de similitud de flujo, que describe las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en movimiento según el fluido en el que está inmerso. El número es directamente proporcional al tamaño del objeto, y a la densidad y velocidad relativa del fluido, e inversamente proporcional a la viscosidad del fluido. En los túneles de viento, además, se pueden variar las condiciones de temperatura, con el fin de establecer las condiciones más aproximadas en las que se puede encontrar un avión en vuelo.

### **3.1.5. Evaluación y elección de la solución preferida.**

Conforme va evolucionando el proceso de diseño en ingeniería, el ingeniero debe evaluar una y otra vez, los distintos caminos que resuelven el problema que lleva entre manos. Típicamente, el ingeniero elimina aquellas alternativas que no son muy provechosas, reduciendo el grupo de opciones a desarrollar. Repetitivamente se deben realizar evaluaciones y modificaciones, según el elemento evoluciona desde la idea inicial, a su diseño final. Dependiendo de la naturaleza del problema a ser resuelto, la evaluación debe incluir varios factores: seguridad, coste, fiabilidad, aceptación por el cliente, etc.

Quizá el camino más directo para evaluar un producto es desarrollar un prototipo, y probarlo en funcionamiento. En algunos casos el prototipo puede no funcionar debido a uno o varios componentes del diseño. Los diseñadores deben tratar de identificar todos los puntos débiles de un prototipo, antes de aceptar o descartar una idea. En muchas ocasiones, grandes ideas se han descartado de manera prematura, así como muchos prototipos han fallado en su funcionamiento cuando han pasado a convertirse en productos. Ninguna idea debe ser evaluada en base a un solo prototipo, o a una sola prueba.

Existen muchos métodos indirectos para evaluar un diseño propuesto. Por ejemplo, una prueba a escala de un avión en el túnel del viento puede revelar buenas y malas características del diseño, con un coste mucho menor que el de la fabricación de un avión a tamaño real. Alternativamente, la aerodinámica de un nuevo diseño de un avión puede ser evaluada, utilizando simulación por ordenador con unas condiciones de vuelo específicas. Las ecuaciones matemáticas asociadas a la simulación por ordenador pueden no evaluar con precisión fenómenos complejos como las turbulencias. Pero de cualquier modo, la simulación por ordenador puede aproximar las características de diseño haciendo más sencillo el primer diseño a escala, y las pruebas en el túnel del viento.

La optimización de un sistema puede ser difícil cuando va a ser utilizado por un operador humano a través de un interfaz hombre-máquina. Esta dificultad radica en que dos humanos pueden actuar de distinta manera. Las diferencias básicas anatómicas y psicológicas entre humanos hacen difícil cuantificar las características valoradas por los humanos en el diseño. Un usuario humano puede encontrar un diseño muy aceptable y eficiente, mientras que otro puede considerarlo intolerable; por eso, la optimización de características que afectan a los humanos hacen necesarios los análisis estadísticos. De este modo, se debe caracterizar la población que utilizará un diseño con el fin de optimizarlo.

Además de las evaluaciones técnicas rutinarias que los ingenieros realizan en un dispositivo, se necesitan realizar más análisis. Esto es especialmente cierto en proyectos públicos, que deben ser evaluados desde el punto de vista de la competencia, y en algunos casos de la intervención de grupos contrarios al desarrollo. Estas evaluaciones tradicionalmente suelen venir clasificadas como análisis económicos, pero recientemente se clasifican como condicionamientos sociales, o medioambientales

Los análisis económicos se pueden emplear para determinar la viabilidad de un proyecto, comparar distintos diseños, determinar la prioridad en la construcción de varios proyectos, o evaluar algunas características de su diseño. Pero no sólo hay que evaluar el coste económico de la implantación de un proyecto, sino también el impacto social, y en el entorno; como por ejemplo, la necesidad de realojar familias, de trasladar empresas, etc.

### **3.1.6. Preparación de informes, planos y especificaciones.**

Después de haber elegido la solución apropiada, hay que comunicarlo a aquellos que deben aprobarlo, como los clientes, o a quienes deben llevarlo a cabo. Esta comunicación debe tener la forma de un informe de ingeniería, o un conjunto de planos y especificaciones. Los informes de ingeniería están habitualmente dirigidos a un cliente o a un supervisor. Los planos y las especificaciones son la descripción en términos de ingeniería para la división de fabricación, y debe tener suficiente detalle sobre el diseño, para que se pueda construir o producir.

### 3.1.7. Implementación del diseño.

Puede decirse que una vez completados los planos, las especificaciones, y los informes de los ingenieros, el proceso de diseño ha finalizado. Realmente la fase final del proceso de diseño es la implementación, el proceso de producción, o construcción de un dispositivo, un producto o un sistema físico. Los ingenieros deben planificar la producción de los dispositivos, y supervisar la construcción de proyectos de ingeniería. Es posible que los ingenieros involucrados en la fase de producción sean diferentes que los de la fase de diseño. Por ello, debe vigilarse estrechamente el proceso de producción, sobretodo en los primeros momentos, ya que puede haber parámetros que no se hayan tenido en cuenta en la fase de diseño, y aparezcan problemas.

#### 3.1.7.1. Patentes

No es raro, que el trabajo de diseño de un ingeniero, tenga un valor importante, y sea protegido de la explotación por parte de otros. Esto se puede conseguir mediante las patentes. Una patente de un invento garantiza los derechos de propiedad del inventor por parte del gobierno. Esto excluye a otros de realizar, usar o vender el invento.

La ley de patentes clasifica los objetos que pueden ser patentados como “cualquier proceso, máquina, fabricación, o composición de materias nuevos o beneficiosos, así como cualquier mejora nueva o beneficiosa de ellos.” Esto significa que las patentes se pueden obtener para prácticamente todo lo que puede ser hecho por el hombre, así como los procesos de fabricación.

Para que un invento sea patentable, éste debe ser nuevo, como se define en la ley de patentes. La ley establece que un invento no puede ser patentado si:

- el invento era conocido o utilizado por otros en el país, o ya está patentado o descrito en una publicación impresa de éste, o cualquier país extranjero antes de la invención de ello por el solicitante de la patente, o
- el invento fue patentado o publicado en una publicación escrita de éste u otro país, o esté en uso público o en venta en este país, más de un año antes de la solicitud de patente.

Para solicitar una patente de un invento, se tiene que entregar un informe que incluye: una especificación o descripción clara, concisa y exacta del invento, de manera que se distinga de otros inventos anteriores. Una declaración del inventor asegurando que él es el primer y original

inventor de aquello para lo que se solicita la patente, un pago, y un dibujo con todo aquello que debe conocerse para entender el invento.

### **3.1.7.2. Diseño asistido por ordenador**

Aunque los ordenadores aparecieron por primera vez en los años 1940, la mayor parte del crecimiento de la tecnología de los ordenadores ha ocurrido en las dos últimas décadas. En este relativamente corto espacio de tiempo, el uso de herramientas asistidas por ordenador para resolver problemas de ingeniería han llegado a ser imprescindibles. Estas herramientas se clasifican en varios grupos que podemos llamar:

- ingeniería asistida por ordenador (CAE - Computer-aided engineering),
- diseño asistido por ordenador (CAD), o
- fabricación asistida por ordenador (CAM).

Estos sistemas hacen el proceso de resolución de problemas en ingeniería más eficiente, y libera a los ingenieros de tareas monótonas e inimaginativas, dejándoles mayor tiempo para su trabajo de ingenio. Aquí, podemos centrar la atención en los sistemas de diseño asistido por ordenador que han reforzado la potencia de las herramientas de diseño.

Con los sistemas CAD, los gráficos interactivos permiten al usuario comunicarse fácilmente con el ordenador mediante dibujo en la pantalla. Con la rapidez de los sistemas modernos, esta comunicación se realiza en tiempo real, y la respuesta de los ordenadores es así instantánea. Además, se requieren pocos conocimientos informáticos para utilizar estos sistemas, debido a sus interfaces amigables.

Los primeros sistema CAD se utilizaron para automatizar el dibujado, y facilitar la resolución de problemas en dos dimensiones. Los gráficos interactivos, ahora, permiten al usuario desarrollar modelos tridimensionales, y realizar un amplio rango de manipulaciones geométricas y análisis sofisticados.

### 3.1.7.3. Aprender de los errores

A pesar de los mayores esfuerzos por parte de los ingenieros diseñadores, sus ingenios, ocasionalmente, pueden fallar. Los puentes entran en resonancia y se colapsan, los tejados de los edificios se vienen abajo, etc. causando muchos daños materiales y a veces humanos. Los fallos de ingeniería se pueden atribuir a una gran variedad de causas que incluyen:

- fallos cometidos por ingenieros ineptos o poco cuidadosos,
- imperfecciones en los materiales de construcción o fabricación e incertidumbres, así como variabilidades,
- falta de cuidado en la mano de obra por parte de los técnicos que implementan el diseño,
- pobres comunicaciones entre los gerentes, ingenieros y técnicos que producen o construyen el proyecto.

Aunque el objetivo del diseño en ingeniería es prevenir los fallos, realmente no se alcanza el diseño libre de fallos. Cualquier estructura o máquina puede fallar de muchas maneras dando como resultado consecuencias leves o catastróficas.

Es un hecho curioso que los humanos aprendemos más de nuestros errores que de nuestros aciertos. Una de las ironías de la historia de la ingeniería es que todos los aciertos suelen terminar en fallos. Con cada acierto en ingeniería, aparecen siempre preguntas en los contribuyentes, los directores e incluso en los propios ingenieros, como hacerlo más duradero, más ligero, más económico, y de este modo hacerlo más interesante. Existe una tendencia habitual en ingeniería que es asumir más riesgos en pro de la economía. Por supuesto, esto tiene un riesgo.

Por la otra parte, después de un fallo aparecen presiones para incrementar las medidas de seguridad, revisar las construcciones y en definitiva caminar hacia una ingeniería más conservadora. Cuando ocurre un fallo de ingeniería es importante llevar a cabo una investigación con el fin de determinar las causas del fallo, y para encontrar remedios para prevenir o minimizar las pérdidas, en caso de que vuelva a suceder.

## 3.2. Características del proyecto de telecomunicación

Las telecomunicaciones son una especialidad cuyo mayor desarrollo se ha dado en las últimas décadas. En la década de los 1970 sobretodo evolucionó la electrónica a nivel de integración, implementando sistemas como los ordenadores, los autómatas para control de procesos, y las máquinas “inteligentes”. En las décadas de los 1980 y 1990 la evolución más fuerte se ha producido en las comunicaciones: canales de televisión nacionales e internacionales, telefonía intercontinental y telefonía móvil, radiolocalización, teledetección con el apoyo de satélites artificiales, y en los últimos años el auge de internet y las redes de ordenadores. Esta rápida evolución de las telecomunicaciones plantea cierta problemática a la hora de realizar nuevos proyectos, que se va a tratar a continuación.

En primer lugar, los proyectos de telecomunicación nuevos deben intentar implementarse con las últimas tecnologías disponibles en el mercado; ya que su periodo de vigencia no es muy grande. Esta utilización de tecnologías punteras plantea el problema de encontrar la información necesaria, así como técnicos expertos que puedan llevar a cabo el trabajo. En ocasiones, también esta aplicación de tecnología punta necesita de nuevos recursos tecnológicos, como instrumentos, herramientas, aplicaciones software, etc. que probablemente haya que buscar y comprar.

El campo de las telecomunicaciones, por otra parte, se está haciendo muy extenso. Cualquier proyecto suele llevar consigo la aplicación de diferentes técnicas por parte de distintos especialistas: electrónica, informática, comunicaciones, etc. Asimismo, cada proyecto puede intentar resolver necesidades muy distintas. Por eso, se hace conveniente que el ingeniero responsable de un proyecto tenga una visión lo más general posible de todas estas técnicas.

Otro problema también muy complicado es la lenta adaptación de la legislación a la tecnología. Actualmente, estamos viviendo la controversia entre si las antenas de telefonía móvil son o no perjudiciales para la salud. Las compañías de telefonía, ante el vacío legal existente han colocado sus repetidores por toda la ciudad sin cuidar de distancias ni ningún otro parámetro relacionado. En el caso en que la Administración decida ilegalizar la existencia de estos repetidores dentro del casco urbano, las empresas tendrán que desembolsar dinero para trasladar sus antenas al extrarradio.

En proyectos de gran envergadura en los que el desembolso de dinero es grande, hay que tener en cuenta el plazo de amortización que tiene el proyecto, es decir el tiempo que tardaríamos en recuperar la inversión monetaria realizada. Además, si el cliente, el ingeniero o la empresa que realiza el proyecto no puede hacerse cargo de toda la inversión a realizar, se hace necesario

buscar una fuente de financiación que aporte el dinero necesario. En este caso, debemos tener en cuenta el gasto debido a los intereses que hemos de pagar por el capital prestado.

### **3.3. Factores que se deben tener en cuenta en la realización de un proyecto**

Cuando se realiza un proyecto para dar solución a una necesidad, se establece un plan, y se deben tener en cuenta una serie de factores, que en términos generales son comunes a todos los proyectos. A continuación se enumerarán, y se describirán cada uno de estos factores.

#### **3.3.1. Estudio de factibilidad**

Una tarea fundamental para la realización de un proyecto es estudiar si éste es en verdad realizable, y los beneficios que puede aportar. En primer lugar, hay que comprobar que existe la tecnología suficiente para desarrollarlo, y que se dispone del personal técnico adecuado.

Otro aspecto a valorar es demostrar que la necesidad de los usuarios es una necesidad cierta. Debe analizarse adecuadamente la necesidad existente, con el fin de conocer todos sus elementos, para dar la solución más adecuada a la mayoría de ellos, o al menos, a los más importantes.

Una vez vistas las necesidades y las soluciones que se plantean debe contemplarse la factibilidad económica, y si es necesario, las posibilidades de financiación.

#### **3.3.2. Planes de producción**

La planificación de la producción real se hace a partir del proyecto del sistema que se va a fabricar. En ella, se deben indicar todos los recursos, como herramientas, máquinas, y personal de los que se dispone, así como aquellos que serán necesarios y que se deben conseguir. También se debe realizar la distribución en planta, o “layout” de las máquinas necesarias para dicha producción. Dentro de esta distribución en planta se debe tener en cuenta el transporte de materiales, y los sistemas de información necesarios para el seguimiento del proceso.

Dentro del proceso de fabricación, hay que establecer también los aspectos de calidad que se deben controlar, así como los puntos en los que se realizarán dichos controles. Es necesario reservar personal, tiempos y espacios para la realización de estos controles de calidad.

En algunos casos, puede ser conveniente la subcontratación de una parte del proceso, con el fin de no tener que poseer toda la tecnología involucrada en él. Hay procesos que necesitan una gran inversión monetaria en cuanto a recursos, debido a que las máquinas son muy específicas. Si en nuestro proceso esta tecnología se utiliza muy poco, se hace conveniente que nos la realice una empresa externa. Esto quizá llevé consigo una descoordinación entre nuestra planta y la empresa externa, pero es una consecuencia que hay que asumir, o intentar minimizar.

### **3.3.3. Planes de distribución**

En este aspecto del proyecto, se trata de planear de qué manera se van a distribuir los productos acabados para su llegada a los clientes. Debemos tener en cuenta la forma de empaquetado; sobretodo si se trata de material delicado. También es importante diseñar la red de ventas, así como todas las campañas de publicidad y promociones a realizar con el fin de que el producto se haga conocido, e incluso necesario.

Además de lo que es el sistema de venta propiamente dicho, se debe ofrecer un servicio técnico post-venta efectivo y cómodo para el cliente. Dentro de las funciones del servicio post-venta tenemos que contemplar, si es necesario, la distribución de consumibles; aspecto importante a la hora de que el cliente se decida en comprar nuestros productos. Si al cliente se le pone difícil conseguir los consumibles para hacer funcionar nuestro sistema, por muy bueno que sea, el fracaso está asegurado.

Otra tarea de los servicios de distribución es servir de bucle de realimentación entre los clientes y la empresa; es decir, llevar a la empresa aquellas inquietudes y necesidades de los clientes, de forma que la empresa ajuste su producción y las mejoras en sus productos para el aprovechamiento más efectivo de los productos por parte de los clientes.

### **3.3.4. Planificación para el retiro**

También es conveniente tener presentes las salidas que se les pueden dar a los sistemas que producimos, después de terminada su vida útil. Esto va a afectar sobretodo al medio ambiente. Las posibilidades más habituales en la actualidad son el reciclaje de los materiales para fabricar nuevos productos, y la posibilidad de reutilización en todo o en parte, de forma que los desechos producidos sean lo menos posibles.

## **3.4. La dirección integrada de proyectos**

La dirección integrada de proyectos, o también llamado “management”, es un concepto que incluye la metodología y las técnicas utilizadas para optimizar el uso de todos los recursos de que dispone una institución. Podemos decir que la dirección integrada es el proceso de conducción, en el sentido del liderazgo, del esfuerzo organizativo en la persecución de los fines de la propia organización. Para ello se debe seguir una estrategia.

Debemos distinguir entre un líder y un jefe, para darnos una idea del alcance de la dirección integrada de proyectos. Podemos llamar jefe a toda persona a la que se le debe obediencia, y por lo tanto, tiene autoridad para ejercer el cargo. Sin embargo, al líder se le sigue de una forma natural. Así pues, la diferencia está en el comportamiento de los demás hacia él.

Para llevar a cabo la dirección integrada de proyectos se dispone de una herramienta fundamental que es la estrategia. Podemos considerar la estrategia como las líneas de acción; el conjunto de ideas cuya consecución nos va acercando poco a poco al objetivo perseguido. Las estrategias no son siempre las mismas. Éstas deben revisarse cada cierto tiempo, sobretodo, cuando no dan los resultados apetecidos. Lo ideal sería prever cuando va a ser eficaz una estrategia, y cambiarla antes de que los acontecimientos nos demuestren su invalidez.

La organización y estructura interna de una empresa en cuyo seno se va a desarrollar un proyecto, tiene una gran influencia sobre la forma en que éste va a desarrollarse. En la elaboración de cualquier proyecto, siempre hay una dirección que lo hace funcionar, y para ello, tiene que ser operativa, existiendo una forma implícita o explícita de dirección. Esta función directiva la podemos definir como el proceso de conducción del esfuerzo de la institución en la persecución de los objetivos. La función directiva siempre contiene una serie de elementos universales, que enmarcan y configuran un proceso, y su fin es la consecución del proyecto.

### **3.4.1. Modos de dirección**

En la dirección de proyectos podemos distinguir distintas modalidades. Entre ellas, podemos destacar las siguientes: dirección por motivación, dirección por delegación, dirección por objetivos, dirección por excepción, dirección por resultados y dirección por sistemas.

#### **3.4.1.1. Dirección por motivación**

La palabra motivación expresa la presencia de razones para la acción, es decir, las razones que conducen a un determinado comportamiento. Se trata de una clase de dirección que se preocupa sobretodo de conducir a los colaboradores a la realización de unos objetivos previamente determinados. El motivo o la razón que va moldeando la forma de actuar de una persona está en la psique del individuo. La motivación se basa en una necesidad. Debido a la motivación, el individuo inicia acciones cuyo sentido consiste en alcanzar un objetivo en su entorno, que esté asociado a la satisfacción de esa necesidad.

Durante muchos años, la psicología de la motivación ha intentado descubrir cuales son las necesidades, y así, los motivos que determinan el comportamiento humano. Según estos estudios, los motivos se pueden dividir en tres grupos:

- motivos físicos, de seguridad y de consecución de necesidades fisiológicas;
- motivos sociales basados en las posesiones, el dinero, o el entorno social; y
- otras motivaciones psíquicas basadas en la valoración social y la autorrealización.

#### **3.4.1.2. Dirección por delegación**

Delegar significa confiar a alguien una tarea, transmitir una misión a alguien. Se aplica generalmente en aquellas organizaciones que intentan alcanzar objetivos mediante la división del trabajo, por tanto, en todas las organizaciones industriales y administrativas la delegación constituye una de las misiones más importantes de la dirección. En este sistema se encomiendan tareas a distintas personas, que a su vez tienen que cuidar de que otras personas se hagan cargo de los diferentes sectores parciales, y desempeñen las respectivas tareas.

Según la amplitud y el tipo de tareas que se plantean en una organización, se establece una jerarquía escalonada. La jerarquía de las tareas ofrece la base de una organización

estructurada que divide la empresa en sectores de dirección, departamentos, y grupos, hasta el puesto individual a nivel de ejecución.

La jerarquía puede ser más o menos rígida, desde el superior que todo lo manda y los colaboradores que únicamente obedecen sin capacidad de decisión, hasta el superior que deja al grupo tomar sus propias decisiones limitándose exclusivamente a coordinar.

### **3.4.1.3. Dirección por objetivos**

La dirección por objetivos ha estado demostrando su utilidad durante los últimos treinta años. Al crear la dirección por objetivos en 1954, Peter Drucker se apoyó básicamente en los sistemas de control realimentados. En la dirección por objetivos se premia a aquellos que cumplen los objetivos previamente marcados. La dirección por objetivos exige una identificación clara de los logros y objetivos a conseguir, y la medición de sus resultados concretos, en periodos de tiempo determinados.

Este modo de dirección es un medio muy eficaz para controlar el rendimiento perseguido en toda la estructura de la empresa, y tiene una amplia aceptación en la actualidad.

### **3.4.1.4. Dirección por excepción**

Esta forma de dirección pertenece a los modos de dirección más conocidos. En muchas empresas se actúa según estos conceptos de una manera más o menos intuitiva, aunque quizá de forma poco sistemática. La dirección por excepción significa básicamente la no intervención en un proceso cuando éste evoluciona según los planes previamente establecidos. Sin embargo, se tomarán medidas auxiliares cuando surja una desviación respecto a lo esperado.

### **3.4.1.5. Dirección por resultados**

Muchos autores no establecen gran diferencia entre la dirección por objetivos y la dirección por resultados, ya que estos dos conceptos son casi iguales. La dirección por resultados es aquella que está orientada a los resultados obtenidos. Esto significa que es una dirección orientada a alcanzar la productividad máxima posible.

Este modo de dirección se aplica a todos los sectores de la empresa, y exige que la organización sea tan productiva como sea posible. Los objetivos de la organización han de ser estructurados de modo que sean aprovechados de manera óptima todas las posibilidades existentes. Las posibilidades que se ofrecen para conseguir mejores resultados deben ser detectadas y aprovechadas. La organización debe adaptarse a la evolución del mercado.

### **3.4.1.6. Dirección por sistemas**

La dirección por sistemas busca la estructuración más racional posible de las actividades en el ámbito de la administración de dirección a fin de incrementar la eficacia de la organización. Se trata de dar una ordenación sistemática a la actividad que contempla los términos de: procedimiento, método y sistema.

Los procedimientos son una secuencia de operaciones en las que pueden participar varios colaboradores, en uno o varios departamentos. Se establece un procedimiento al objeto de garantizar un tratamiento uniforme de una tarea recurrente. Un procedimiento determina las personas que participan en la ejecución de una tarea, las actividades que han de ser realizadas por los diversos participantes, y cuando habrá que emprender los distintos pasos en orden y momento.

Los métodos son la forma de realizar las operaciones aisladas. Se trata de cómo se debe realizar un trabajo y no por quién.

Los sistemas son el conjunto de procedimientos y métodos con el objeto de ejecutar tareas empresariales más amplias.

### **3.4.2. Organización del trabajo**

La decisión de acometer un proyecto a partir de unos estudios previos conlleva una fijación de sus objetivos, y la definición de sus principales parámetros. Una vez que el proyecto ha sido aprobado, éste se va a desarrollar en el seno de una institución cuyas características pueden ser variadas. Las empresas de ingeniería pueden organizarse de las siguientes formas: por unidades funcionales, por equipos de proyecto, y organizaciones mixtas.

### **3.4.2.1. Por unidades funcionales**

Es la organización más extendida en el sector industrial y en el de servicios, y también el de mayor tradición. La estructura está formada por una serie de unidades, responsables cada una de ellas de unas determinadas actividades, y todas ellas coordinadas y dependientes de la dirección general. Estas unidades funcionales están a su vez compuestas por subunidades y secciones, que acometen actividades concretas dentro de las asignadas a cada unidad funcional.

Cuando una organización como ésta tiene que enfrentarse a la realización de un proyecto, lo hace distribuyendo los trabajos a realizar entre las unidades funcionales más adecuadas, y asignando la responsabilidad global a aquella unidad que tiene una mayor carga dentro del proyecto. A lo largo del desarrollo del proyecto es posible que la responsabilidad se traslade de una unidad a otra, al pasar a ser esta la más importante en una etapa posterior del proyecto.

La mayor ventaja de este tipo de organización es la gran especialización conseguida por cada unidad funcional. El personal técnico de una misma especialidad está totalmente agrupado en una unidad, de manera que se incrementa así su incentivo de conocimiento técnico, y su afán de mejorar la eficacia de su área de trabajo. Cuando los expertos trabajan juntos, suman sus esfuerzos y pueden conseguir, en su especialidad un mayor nivel técnico. En este modo de trabajo se necesita el mínimo aporte humano ya que los esfuerzos de cada área están totalmente centralizados aprovechándose mejor los medios humanos. Por otra parte, los técnicos pueden trabajar en proyectos distintos con el consiguiente enriquecimiento profesional. Existe una gran continuidad en los procedimientos y políticas en la organización de los procesos de cada uno de los proyectos.

En cambio los inconvenientes puede ser varios: por un lado, en proyectos de gran inversión se hace difícil el control, ya que su desarrollo está en manos de muchas personas. Es difícil determinar responsabilidades ya que no hay un responsable único. El éxito de un nuevo proyecto está siempre subordinado a la carga de trabajo rutinario que desarrolle en ese momento la empresa. Los directores de las unidades funcionales lucharán más por alcanzar los objetivos anuales que por los objetivos de cada proyecto concreto.

### **3.4.2.2. Por equipos de proyecto**

Esta forma de organización tiene un origen muy reciente, y se ha desarrollado más en el sector servicios que en el industrial. Lo más importante en el equipo de proyecto es que cada equipo realiza completamente, y de forma independiente, el proyecto que se le asigna, y es muy adecuado para empresas de sectores punteros como pueden ser las telecomunicaciones. Los equipos de proyecto actúan con total libertad e independencia, utilizando los medios puestos a su alcance estando en contacto directo con la dirección de la empresa.

Entre las ventajas de este modo, podemos destacar que se tiene un control directo de todas las actividades, ya que están restringidas a equipos cerrados. Esto reduce mucho los problemas de coordinación; todos trabajan en equipo con un objetivo concreto y son partícipes de su éxito o su fracaso. Las responsabilidades son claras y están centralizadas con una línea jerárquica de autoridad y con conocimiento directo e inmediato de lo que está pasando.

Los inconvenientes de este sistema son, en primer lugar la duplicidad de funciones del personal, ya que tendremos personas trabajando en lo mismo pero en distintos equipos de proyecto. Debido a esta duplicidad, se necesitará más personal que en el caso de las unidades funcionales, lo que lo hace más costoso económicamente. Y además, el tener una persona encargada de una tarea de un proyecto hasta que este termina implica la aparición de tiempos muertos, es decir, tiempos en los que el proyecto está en marcha y todavía no pueden comenzar con su trabajo, o ya lo han terminado. También tenemos que destacar que esta forma de trabajo no favorece la formación de equipos especializados.

### **3.4.2.3. Organización mixta**

Las dos organizaciones anteriores son estructuras extremas y básicas que definen un amplio abanico de posibilidades intermedias. La organización mixta participa de las dos anteriores, y trata de recoger las ventajas de ambas organizaciones, aunque también recoge sus inconvenientes.

La organización establece dos grandes áreas, una dedicada a equipos de proyecto y otra correspondiente a las unidades funcionales. Por lo general las unidades funcionales realizan todas las actividades técnicas, y los equipos de proyecto las actividades administrativas. No obstante, el carácter mixto de esta solución permite una gran flexibilidad en cuanto a la forma de acometer un nuevo proyecto, e incluso modificar la organización del mismo a lo largo de su ejecución.

Aunque esta forma de trabajo participa de las ventajas e inconvenientes de las dos soluciones más tradicionales, si se utiliza con el debido cuidado puede ser muy ventajosa.

El gran problema de este tipo de organización es la falta de autoridad directa del director de proyectos sobre los elementos asignados a su proyecto que pertenecen a unidades funcionales.

Si observamos las ventajas de este tipo de organización mixta, encontramos la separación de la administración del proyecto de sus aspectos técnicos, con lo que cada uno puede dedicarse en profundidad y tiempo a lo que le gusta. Los conocimientos técnicos se localizan, desarrollan y mantienen dentro de un mismo grupo de trabajo. Esta organización fomenta el desarrollo personal de cada individuo de la organización en el sentido que más le guste y corresponda a sus características personales. La disponibilidad de personal es efectiva para el equipo de proyectos, ya que siempre tiene a su disposición los especialistas en las distintas disciplinas procedentes de las unidades funcionales.

En cuanto a los inconvenientes de la organización mixta nos encontramos la necesidad de un nivel superior de dirección y supervisión que coordine a los equipos de proyecto y a las unidades funcionales. Se precisa un sistema de comunicación eficaz que facilite esta coordinación.

# Ejercicios

## Examen de Enero de 2.001

- 1.- Diferencias entre la organización del trabajo “por unidades funcionales” y “por equipos de proyecto”. (1p.)

En el trabajo por unidades funcionales, cada unidad es responsable de determinadas actividades, todas ellas coordinadas por la dirección. Esto implica una especialización, pero una mayor dificultad en el control de los proyectos.

En la organización por equipos de proyectos, cada equipo se encarga de realizar completamente los proyectos de forma independiente. Esto conlleva menos problemas de coordinación, pero va en contra de la especialización, y provoca duplicidad de funciones entre equipos responsables de distintos proyectos.

## Examen de Julio de 2.001

- 2.- Dentro del desarrollo de modelos previos a la resolución de un problema existen tres tipos de modelos básicos: los modelos matemáticos, los modelos lógicos y los modelos físicos. Explícalos. (1p).

– Modelos matemáticos.- Se trata de representar un sistema mediante una ecuación o un sistema de ecuaciones. Se utiliza en la resolución de problemas físicos sencillos como por ejemplo la caída libre de los cuerpos.

– Modelos lógicos.- Se utiliza el ordenador para estudiar sistemas complejos. El modelo global se suele descomponer en modelos matemáticos interrelacionados.

- Modelos físicos.- Se construye un modelo a escala y se estudia su comportamiento sin necesidad de hacer suposiciones sobre su funcionamiento. Se utiliza para comprender mejor un fenómeno complejo, como puede ser el estudio de la aerodinámica de un automóvil en el túnel de viento.

### **Examen de Enero de 2002**

- 3.- Indica los aspectos que ha de tener en cuenta el ingeniero a la hora de realizar un proyecto. (1,5p)

En primer lugar debemos estudiar si es factible económica y técnicamente realizarlo. Debemos estudiar si esta realización será rentable porque resuelva una necesidad de los futuros usuarios.

En segundo término debemos hacer una planificación de cómo lo vamos a implementar: recursos humanos y materiales que necesitamos, posibilidad de subcontratar alguna parte, y diseñar el sistema de calidad que se utilizará.

También hemos de concretar su sistema de distribución y venta: la publicidad, la distribución de consumibles, el servicio post-venta, y la recogida de datos de los clientes para mejorar el producto.

Finalmente hemos de tener en cuenta su retirada cuando acabe su vida útil: posibilidad de reciclaje y de reutilización de piezas.

### **Examen de Junio de 2002**

- 4.- Dentro de las fases de la resolución de problemas, comenta la “búsqueda de soluciones creativas”, así como alguno (uno) de los métodos existentes (1,5p).

Una vez planteado el problema que queremos resolver, y a la vista de los recursos humanos y materiales de los que disponemos, es recomendable buscar distintas soluciones de manera que después de cierto análisis nos quedemos con aquella que nos resulta más apropiada, por su coste, por su nivel de calidad, por su facilidad de ejecución, etc. La búsqueda de soluciones puede partir de la creatividad o de la innovación. Algunas técnicas aplicables a esta búsqueda de soluciones creativas son la tormenta de ideas, las listas de control, o las listas de atributos. De ellas, la pregunta sólo pide comentar una.

La tormenta de ideas se realiza en grupos de 6 a 12 personas con distintas formaciones, a este grupo se le explica el problema y se les pide que planteen cualquier solución, sin restricciones, que se les venga a la cabeza. Con todas las posibles soluciones que se aporten, se confecciona una lista que posteriormente se analizará por parte de un grupo de expertos.

Mediante las listas de control, se examinan las posibles soluciones desde diferentes posibilidades de diseño: se plantea la posibilidad de utilizar esta solución para diversas aplicaciones, y se estudian las posibilidades de modificación, mejora, ampliación etc.

En el método de las listas de atributos se confecciona una tabla con las características más importantes del producto a desarrollar, y se buscan ideas para cambiarlas. Finalmente se evalúa cada idea para obtener posibles mejoras.

**Examen de Enero de 2003**

6.- En la resolución de problemas:

a)- ¿Qué información es la apropiada para entregar al equipo de producción en la fase de informes, planos y especificaciones?. (0,5p.)

Al equipo de producción es necesario entregarle toda la información involucrada en la fabricación del dispositivo: los componentes, planos o esquemas detallados, materiales, especificaciones, tolerancias de dichos componentes, etc.

b)- ¿Es la información anterior también la más apropiada para entregar al cliente?. (0,5p.)

No. Al cliente, esta información probablemente no le sea interesante. Lo que al cliente más le interesa, en general, es conocer las aplicaciones del dispositivo, su modo de utilización, sus condiciones de uso y mantenimiento, y sobretodo su precio.

## **Bibliografía**

Wright, Paul H. Introduction to engineering. Ed: John Wiley (1989)

Ferrer Durá, R. Teoría, Dirección Práctica y Legislación del Proyecto de Telecomunicación. Servicio de Publicaciones U. P. V. (1993)