

PROYECTOS EN LA INGENIERÍA

ANA FERNÁNDEZ GUILLAMÓN
LUIS SERRANO GÓMEZ

Enero de 2024

© 2024 Ana Fernández Guillamón, Luis Serrano Gómez



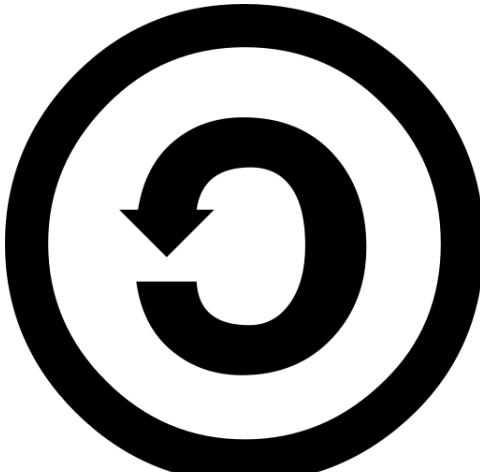
Esta obra está bajo una licencia **Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia** 4.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_ES

Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, y hacer obras derivadas bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace.



- **No comercial.** No puede utilizar el material para una finalidad comercial.



- **Compartir bajo la misma licencia.** Si remezcla, transforma o crea a partir del material, deberá difundir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original.

Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra. Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor. Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.

Índice general

| | |
|--|-----------|
| Índice general | I |
| 1 Introducción al Proyecto | 1 |
| 1.1. Definición de proyecto | 1 |
| 1.2. Características fundamentales | 2 |
| 1.3. Dimensiones de un proyecto | 4 |
| 1.4. Ciclo de vida de un proyecto | 7 |
| 1.5. Tipos de proyectos | 7 |
| 1.6. Agentes principales | 8 |
| 1.7. Cartera de proyectos | 10 |
| 1.8. Lienzos para el inicio del proyecto | 10 |
| Referencias | 16 |
| 2 Documentos, Contenidos y Elaboración | 17 |
| 2.1. Organización de la documentación | 17 |
| 2.2. Aspectos generales | 19 |
| 2.3. Documentos básicos | 20 |
| 2.4. Informes técnicos | 38 |
| Anexo | 41 |
| 2.A. Legislación y Normativa | 41 |
| Referencias | 48 |
| 3 Evaluación Económica y Financiera | 49 |
| 3.1. Introducción: Estudios de viabilidad | 49 |
| 3.2. Viabilidad económico-financiera | 50 |
| 3.3. Beneficios y costes en un proyecto | 53 |
| 3.4. Flujos de caja | 54 |
| 3.5. Valor del dinero en el tiempo | 56 |
| 3.6. Métodos de evaluación de la rentabilidad (viabilidad) | 57 |
| 3.7. Fórmulas de interés compuesto | 61 |
| Referencias | 62 |
| 4 Seguridad y Salud y Medio Ambiente | 65 |
| 4.1. Introducción | 65 |
| 4.2. Seguridad y Salud | 65 |
| 4.3. Medio Ambiente | 70 |
| Referencias | 79 |
| 5 Calidad y Recursos Humanos | 81 |
| 5.1. Introducción: claves del éxito en un proyecto | 81 |
| 5.2. Definición de calidad | 81 |
| 5.3. Gestión de la calidad en proyectos (ISO 10006:2017) | 85 |
| 5.4. Recursos humanos | 88 |
| Referencias | 90 |

| | |
|---|------------|
| 6 Planificación, Programación y Control de Proyectos | 93 |
| 6.1. Planificación y programación | 93 |
| 6.2. Inicio de un proyecto | 93 |
| 6.3. Métodos de programación y diagramación | 94 |
| 7 Tramitación Legal de Proyectos | 101 |
| 7.1. Introducción | 101 |
| 7.2. Parámetros de la tramitación | 101 |
| 7.3. Proceso de tramitación | 102 |
| 7.4. Licencias | 103 |
| Referencias | 104 |
| 8 La Ejecución y Dirección del Proyecto | 105 |
| 8.1. Agentes que intervienen en la ejecución | 105 |
| 8.2. El director de obra | 106 |
| 8.3. La organización de la obra | 107 |
| 8.4. Modificaciones y ampliaciones | 109 |
| 8.5. Puesta en servicio | 109 |
| Anexo | 111 |
| 8.A. Ingeniería básica e ingeniería de detalle | 111 |
| Referencias | 112 |
| 9 Propiedad Industrial | 113 |
| 9.1. Introducción: ¿qué es la investigación? | 113 |
| 9.2. Concepto de propiedad industrial | 115 |
| 9.3. Patentes y modelos de utilidad | 115 |
| 9.4. Partes de un documento oficial | 116 |
| 9.5. Tramitación nacional de una patente | 117 |
| Referencias | 118 |

Capítulo 1

Introducción al Proyecto

1.1. Definición de proyecto

Entre las definiciones del término proyecto que se muestran en el diccionario de la Real Academia Española (RAE) [1], aparece la siguiente:

Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería.

Sin embargo, en la actualidad esta definición es muy restrictiva, y es preferible utilizar como base conceptual la idea de que un proyecto es el resultado de proyectar, definida como:

Idear, trazar o proponer el plan y los medios para la ejecución de algo.

Por lo tanto, se puede considerar que un proyecto es el conjunto de todas las actividades necesarias para llegar a la ejecución de una cosa. De hecho, según la 6^a edición del PMBOK [2], que se trata de un recurso fundamental para la dirección de proyectos:

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.

Una definición similar se proporciona en [3]:

Proyecto es la combinación de recursos, humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado, creando un producto o servicio único.

Por último, si se consulta la norma ISO 10006 sobre gestión de calidad en proyectos [4], se define un proyecto como:

El proyecto es un proceso único, que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme a unos requerimientos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, coste y recursos.

Por tanto, basándose en las definiciones anteriores, el concepto general de proyecto que se va a utilizar a lo largo del curso es:

Combinación de todos los recursos necesarios, reunidos en una organización temporal para la transformación de una idea en una realidad.

En resumen, un proyecto engloba siempre tres elementos clave (un objetivo, una organización temporal y una serie de recursos):

- Tiene por objeto **transformar la realidad existente**, generar bienes y servicios, reportando a la sociedad ventajas superiores a los inconvenientes.
- Consumo recursos, al ejecutarlo y en su desarrollo.
- Precisa un plan de empleo de recursos.
- Se deben elegir las alternativas según distintos niveles.
- Debe ser sometido a evaluación desde varios ámbitos (generalmente: económico, social y ambiental).

Por ello, el proyecto debe dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

- ¿Qué, cuándo y dónde se va a realizar?
- ¿Por qué y cómo se va a realizar?
- ¿Qué sistema, instalaciones y máquinas se pretende utilizar?
- ¿Qué materias primas y en qué cantidad se van a utilizar?
- ¿Qué medios humanos se requieren y con qué características?
- ¿Qué medios económicos son necesarios?
- ¿Qué impacto se va a producir en el entorno?
- ¿Qué medidas correctoras se prevén para minimizarlo?
- ¿Cubre el sistema proyectado las necesidades y expectativas?

Ejemplo 1.1 *Con todo esto, se pueden considerar ejemplos de proyectos:*

- Desarrollar un nuevo producto o servicio.
- Efectuar un cambio en la estructura, en el personal o en el estilo de una organización.
- Diseñar un nuevo vehículo de transporte.
- Desarrollar o adquirir un sistema de información nuevo o modificado.
- Construir un edificio o una planta.
- Construir un sistema de abastecimiento de agua para una comunidad.
- Realizar una campaña para un partido político.
- Implementar un nuevo procedimiento o proceso de negocio.
- ...?

1.2. Características fundamentales

Las características fundamentales de cualquier proyecto son:

- **Unidad.** Un proyecto no es repetible, cada uno es diferente de otro. Incluso aunque se enfoquen en un mismo problema, cada profesional puede proponer/encontrar diferentes soluciones.
- **Temporalidad.** Una vez ejecutado, un proyecto no se repite de manera continuada. Tiene un comienzo y un final determinado, y se trata de un conjunto de actividades secuenciadas que se ejecutan una vez y no de manera repetitiva. Si se repite exactamente igual para obtener el mismo resultado en otro momento temporal o en otro sitio, no es un proyecto.
- **De resultados concretos.** Con el proyecto se espera conseguir un resultado claro y concreto para cumplir con la meta establecida.
- **De elaboración gradual.** Un proyecto se va desarrollando en pasos y avanza mediante incrementos.
- **Complejidad.** Su naturaleza compleja puede venir derivada por la dificultad de las tareas que hay que realizar, por la necesidad de coordinar diversos recursos o por los riesgos que lleva implícitos y que no siempre son fácilmente predecibles.
- **Integralidad.** Un proyecto debe considerar las posibles sinergias y complementariedades que existen entre los diferentes sectores afectados por el proyecto. Los buenos proyectos atraen a todo lo que tienen que ver con ellos de manera relevante. Esta propiedad les permite transitar horizontalmente por las organizaciones y relacionarse con varias de sus dependencias, por eso pueden actuar como factores aglutinantes de la organización.

- **Multidisciplinariedad.** En un proyecto suele existir cooperación entre varias disciplinas, pero no hay interactividad entre las mismas.
- **Escasez de recursos.** Un proyecto precisa a lo largo de su ejecución de personas (recursos humanos) y recursos materiales muy variados y que, además, participan en el mismo con distinto grado de implicación en cada actividad o fase. Es importante la gestión de estos recursos para optimizar su aportación y también los costes asociados.
- **Riesgo.** Todo proyecto implica riesgos importantes que es necesario analizar para prevenirlos y estar preparados para tomar medidas que permitan minimizar el impacto. A veces se piensa solo en los riesgos derivados de las dificultades técnicas, pero hay que tener en cuenta otros factores de riesgo: pérdidas económicas producidas por retrasos, averías, daño a la imagen de la empresa, consecuencias sociales, pérdida de clientes, etc.

Enfocándose únicamente en proyectos de ingeniería, con independencia de su tamaño e importancia, la mayoría muestran unas características definidas y comunes:

- **Complejidad.** Debido a la amplitud y variedad del campo de la ingeniería, un proyecto de este tipo abarca gran cantidad de ciencias y tecnologías, por lo que es imposible estudiarlo sin dividirlo. Además de la variedad de contenido, también debe tenerse en cuenta el gran volumen (de trabajo, tiempo y/o inversión) que puede suponer su realización.
- **Integralidad.** La mayoría de los proyectos que se realizan en la actualidad necesitan para su realización cubrir todas las etapas establecidas entre la concepción inicial de una idea brillante hasta su transformación en una realidad. Es cierto que en algunas ocasiones parece que se suprime algunas etapas intermedias, pero lo que suele suceder es que se utilizan otras vías, acudiendo a informaciones existentes o sencillamente a simplificaciones en función de experiencias anteriores o de objetivos muy concretos.
- **Multidisciplinariedad.** La necesidad de contar con profesionales expertos en todas las disciplinas es cada vez más patente, siendo imposible enfrentarse con un auténtico proyecto de envergadura sin un equipo multidisciplinar.

1.2.1. Organización documental

Según el Decreto de 19 de octubre de 1961, por el que se aprueban las tarifas de honorarios de los Ingenieros en trabajos a particulares [5], un proyecto está formado por cuatro documentos:

- Memoria.
- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.

Sin embargo, desde la aprobación de la norma UNE 157001:2014 sobre “Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico” [6], un proyecto debe contar con los siguientes documentos:

- Índice.
- Memoria.
- Anexos.
- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Mediciones.
- Presupuesto.

El Tema 2 se definirán, explicarán e incluirán los apartados que deben contemplar todos estos documentos.

1.2.2. Aspectos relevantes

En la Figura 1.1 se pueden ver los aspectos relevantes de un proyecto. Una vez se sabe cuál va a ser el objeto del proyecto (en qué va a consistir, qué se pretende conseguir...) siguiendo las indicaciones del cliente (**promotor**) es necesario que se combinen entre sí tres aspectos fundamentales [7]:

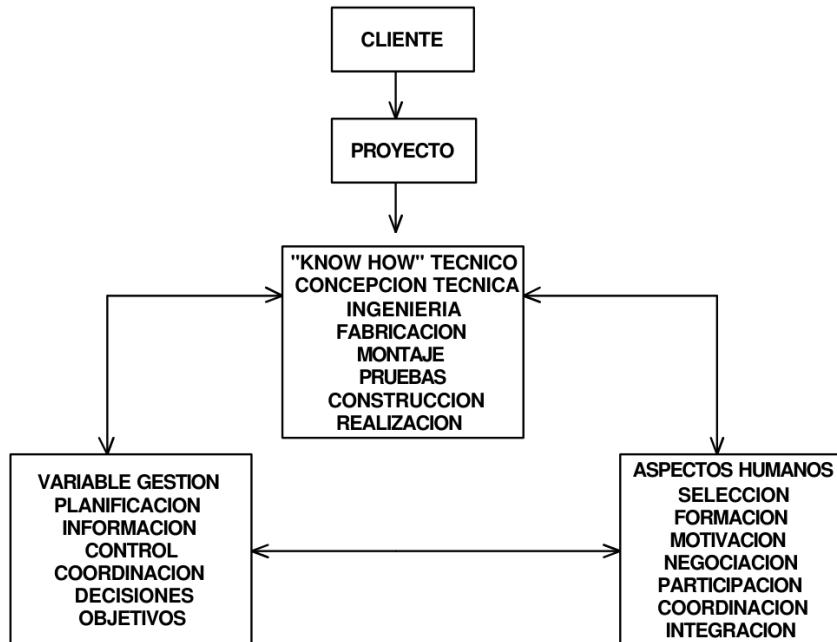


Figura 1.1: Aspectos relevantes de un proyecto [7]

- **Know how técnico.** Todo proyecto tiene una dimensión técnica que es necesario conocer y desarrollar adecuadamente y que depende de la naturaleza de la operación. Puede ser necesario aplicar conceptos derivados de diferentes ciencias (mecánica, eléctrica, arquitectura, informática, aeronáutica, etc.). Si hay que construir un puente, hay que lanzar una nueva medicina, o hay que proyectar un satélite al espacio, es necesario aplicar los conocimientos específicos y hacerlo cumpliendo los requisitos y formas de trabajar que el saber hacer ("know how") técnico de cada profesión impone. Por ello será siempre imprescindible contar con los conocimientos adecuados para resolver el problema en cuestión.
- **Aspectos humanos.** El proyecto tiene también una dimensión humana que no siempre resulta tan evidente, pero que está siempre presente y puede condicionar el éxito o fracaso de la operación. El proyecto es un complejo entramado de relaciones personales, donde se insertan muy diversos intereses, en algunos casos contrapuestos (dispareos o con diferentes puntos de vista): cliente, jefe de proyecto, especialistas en diversas materias, subcontratistas, directivos de otras áreas de la empresa, empleados, administración, colectivos sociales, proveedores, etc. Todos son necesarios y tienen algo que aportar al proyecto, pero conseguir que su aportación sea positiva, convergente y coordinada es una tarea de gran dificultad.
- **Variable gestión.** Como cualquier otra actividad empresarial, se puede gestionar bien o mal y de ello depende en gran medida el éxito o el fracaso, al menos en términos de coste y plazo. Por tanto, la variable gestión, algo que a veces se menosprecia porque no es tan espectacular o visible como otros elementos, es el catalizador que permite que el resto de los elementos se comporten adecuadamente. De hecho, la mera acumulación de recursos no produce ningún resultado importante. Este se produce precisamente porque interviene un factor especial, la gestión, que integra y armoniza el empleo de los diversos recursos, y esa "variable" es decisiva y condicionante del resultado que dichos recursos puedan producir.

1.3. Dimensiones de un proyecto

Como se puede deducir de todo lo anterior, un proyecto engloba un conjunto de actividades afectadas por muchos factores que pretenden alcanzar un objetivo final (**transformar la realidad existente**).

Las **dimensiones** del proyecto son **todos los aspectos o elementos que se llevan a cabo en el desarrollo del diseño del mismo**. Estas dimensiones se engloban en el **enfoque sistémico del proyecto**, donde se considera al proyecto como un sistema integrado y complejo compuesto por diferentes elementos interrelacionados. Este enfoque reconoce que las partes individuales del proyecto están interconectadas y que cualquier cambio en una parte puede afectar a todo el sistema.

Al aplicar el enfoque sistémico a un proyecto, se busca comprender y gestionar las interacciones entre los diversos componentes del proyecto, así como entender cómo estos componentes se relacionan con el entorno más amplio. Así, en todo proyecto se deben contemplar **6 dimensiones**, agrupadas de la siguiente manera (ver Figura 1.2) [8]:

- **Dimensiones extrínsecas.** Son las propias del entorno en que se va a realizar en proyecto:

- **Factores.** Recoge el conjunto de aspectos que influyen en el diseño del proyecto en forma de variables y parámetros del mismo. Dichos factores no pertenecen al proyecto, sino a sistemas externos a él, como son: el objeto del proyecto, la empresa, la sociedad, etc. Estos sistemas actúan como condicionantes del diseño y su definición y acotación es una labor proyectual fundamental. Según el tipo de proyecto de que se trate, los factores pueden tener más o menos importancia.
- **Metaproyecto.** Conjunto de actividades que accionan y coordinan el proyecto. Relacionar, organizar, planificar, gestionar y comunicar las operaciones proyectuales con el uso de medios humanos y materiales conforman el metaproyecto.
- **Instrumentos.** Engloban las herramientas que hacen posible plasmar las demás dimensiones en una realidad. El proyectista necesita apoyarse en instrumentos para plasmar las ideas que ha generado su mente, para aplicar las técnicas necesarias para el desarrollo del proyecto o para programar y controlar todas las actividades del diseño. Empleará, por tanto, los instrumentos que la tecnología pone a su alcance.
- **Técnicas.** Comprende los métodos y técnicas que tiene a su disposición el proyectista como ayuda para resolver todos y cada uno de los problemas proyectuales que se le presentan en el diseño. Las técnicas necesitan mecanismos de control y selección (*metaproyecto*), establecer las

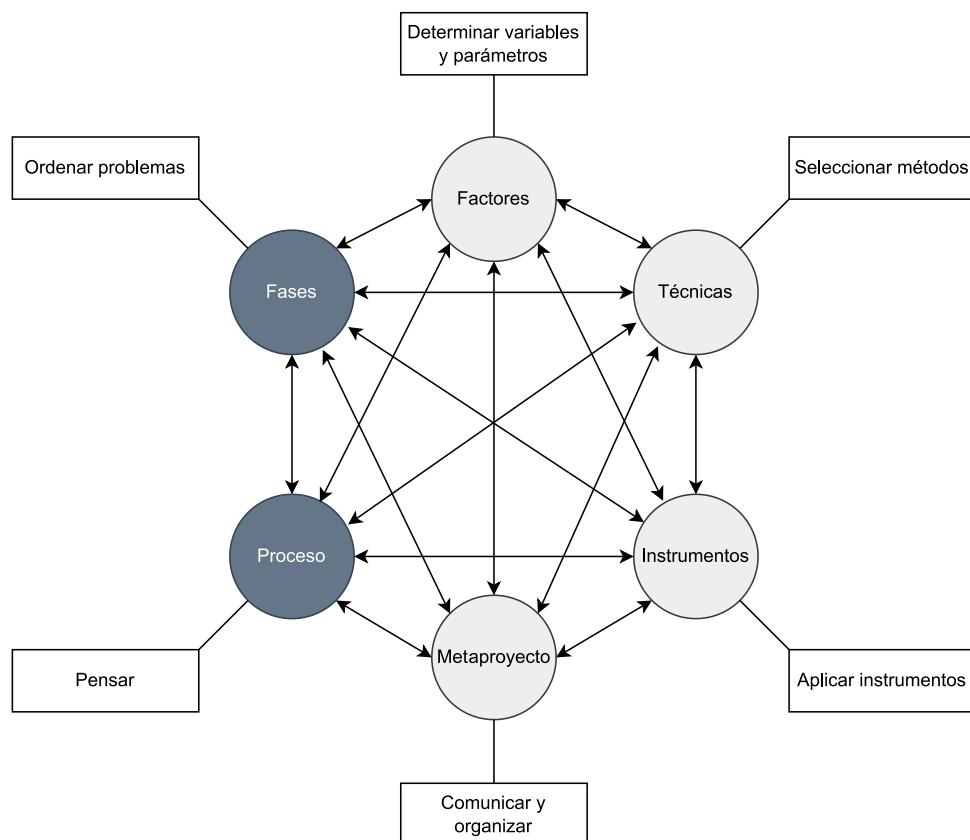


Figura 1.2: Dimensiones del proyecto

variables y parámetros fundamentales que afectan a cada problema en particular (*factores*), procesos cognitivos aplicados a su resolución (*proceso del proyecto*) y elementos físicos que realizan las operaciones implicadas en cada técnica (*instrumentos*).

■ **Dimensiones intrínsecas.** Son aquellas propias del diseño del proyecto:

- **Proceso.** Es, en síntesis, el proceso iterativo de solución de problemas (*problem solving*). Tiene una estructura básica formada por las operaciones de **análisis, síntesis, evaluación y realimentación**. El análisis actúa sobre la información procediendo a su ordenación, cálculo, codificación, interpolación, especificación, tabulación y traducción. La síntesis filtra la información procediendo a su clarificación, clasificación e integración, de tal manera que la información resultante de esta operación no tiene por qué deducirse directamente de la de entrada. La evaluación pondera las características de las respuestas generadas en las operaciones de análisis y de síntesis en función de las condiciones del proceso. El realimentador es el mecanismo que crea los enlaces entre las distintas operaciones del proceso y entre estas y sus condicionantes, controlando la dirección e intensidad de los flujos de información.
- **Fases.** Deriva del hecho de que el objeto es una meta compleja y, por tanto, el acercamiento a su solución también lo es. Esta doble complejidad del objeto del proyecto y del proyecto como tal, puede jerarquizarse de manera que permita alcanzar la solución definitiva mediante aproximaciones sucesivas y por división del macroproblema proyectual en problemas específicos resolubles. Las fases se suelen clasificar en:

1. **Fase creativa.** Un técnico (proyectista) transforma la idea en un proyecto. Engloba las siguientes fases:

- a) **Orden de magnitud.** Es el punto de partida de cualquier proyecto. Aquí, se debe definir el proyecto, determinar el tamaño (alcance) del mismo y el estado del conocimiento del tema (estado del arte), hacer una estimación del presupuesto de inversión con ratios (índices coste/capacidad) y recursos materiales y humanos, programar el estudio preliminar...
 - b) **Estudio preliminar.** Se debe conocer el proyecto en su conjunto, obteniendo posibles soluciones desde una perspectiva multicriterio (técnica, legal, medioambiental, social, económica y financiera) y estudiar la viabilidad de estas soluciones. Puede englobar la recopilación de estudios previos, estudio del proceso, petición de preofertas (materiales, proveedores, etc.), análisis de la localización, evaluación técnica de las soluciones, presupuesto de inversión, explotación y evaluación económica y financiera... Se admite un error menor del 30 % en cuanto al aspecto económico.
 - c) **Anteproyecto (diseño básico).** El anteproyecto suministra al promotor la información necesaria para poder tomar la decisión de llevar adelante el proyecto o de paralizarlo. El equipo de diseño toma del anteproyecto todos los datos precisos para realizar el cálculo detallado de los componentes y finalizar el proyecto con garantías de éxito. Por tanto, debe dar una **respuesta única** a todos los problemas planteados, que marca las pautas para la resolución de los cálculos posteriores en el diseño de detalle. Así, en esta fase se selecciona la solución más conveniente, se desarrolla y se define, y se conoce la rentabilidad del proyecto. Se admite un error menor del 10 % en cuanto al aspecto económico. El anteproyecto o proyecto básico permite iniciar la tramitación administrativa a nivel de licencias municipales y autorizaciones industriales.
 - d) **Proyecto (diseño detallado).** Consiste en el desarrollo completo del proyecto para poder llevarlo a la fase de construcción. Por ello, se comprueba que la solución planteada es adecuada, y se suministra la **información técnica, económica y legal**, así como las **condiciones de ejecución** del mismo. Se admite un error menor del 5 % en cuanto al aspecto económico. Desde el punto de vista de la tramitación administrativa, permite obtener al Aprobación de Proyecto y el Acta de Puesta en Marcha, ambos trámites industriales.
2. **Fase de construcción.** El técnico (proyectista), junto con los contratistas y una empresa, transforman el proyecto en una realidad física. La única fase es la realización (construcción) del sistema, comprobando el comportamiento y la calidad del mismo.
 3. **Fase de explotación.** La empresa se encarga de dar vida al sistema proyectado. Engloba las siguientes fases:

- a) Producción
- b) Distribución
- c) Consumo

1.4. Ciclo de vida de un proyecto

Los proyectos tienen en general un desarrollo sucesivo de fases o etapas íntimamente relacionadas conocidas como “El ciclo del proyecto”. El proyecto:

- Comienza con una realidad existente, sin transformar.
- Finaliza en otra realidad ya transformada.

En general, el ciclo de vida de un proyecto se trata de un proceso interactivo, donde cada fase influye en las demás. Como puede verse en la Figura 1.3, se puede estructurar en cuatro fases, como ya se ha comentado en la Sección 1.3 [9]:

- **Fase I, viabilidad.** Corresponde a los estudios previos para determinar la viabilidad del proyecto y conseguir la aprobación definitiva de la inversión necesaria. Todo comienza cuando una organización identifica una **oportunidad** a la cual le interesa responder, autorizando un estudio de viabilidad para decidir si se emprende el proyecto.
- **Fase II, diseño.** Se inicia con la definición de los objetivos y el establecimiento de la organización; después, se realiza la ingeniería básica y se establece el presupuesto y la programación. En esta fase suele iniciarse también la contratación de los suministros principales, que en muchas ocasiones inciden en el camino crítico necesario para cumplir el objetivo del plazo.
- **Fase III, construcción.** Suele ser la de mayor duración, ya que incluye todo el desarrollo de la ingeniería, así como la compra de todos los equipos y materiales, construcción de obras civiles y montaje de las diferentes instalaciones y sistemas. Esta fase finaliza cuando la ejecución material del proyecto está prácticamente acabada y en condiciones de iniciar el periodo de pruebas.
- **Fase IV, explotación.** Corresponde a las pruebas, puesta en marcha y puesta en operación de los diferentes sistemas y subsistemas, hasta que la totalidad del proyecto se pone en servicio y se alcanzan los objetivos de producción establecidos en las especificaciones iniciales.

En cada una de estas fases, el nivel de coste y de personal va cambiando, siendo menor en las fases primera y última, y más alto en las intermedias. La Figura 1.3 muestra el grado de terminación y de incertidumbre del proyecto en función del tiempo de desarrollo. Como es lógico, a medida que se va avanzando en las diferentes fases, el grado de terminación del proyecto es más alto, a la vez que el grado de incertidumbre se reduce.

1.5. Tipos de proyectos

Los proyectos se pueden clasificar de diversas formas, según el criterio que se elija. Pese a que no es una tarea fácil, debido a la cantidad de criterios que se pueden elegir, se pueden agrupar de la siguiente manera [7]:

- **Según aspectos técnicos:**
 - Instalaciones.
 - Plantas / Edificaciones industriales.
 - Edificaciones para vivienda.
 - Tecnologías de la información.
 - Obra lineal.
 - Desarrollo de nuevo producto.
 - Desarrollo de nuevo servicio.
 - ...

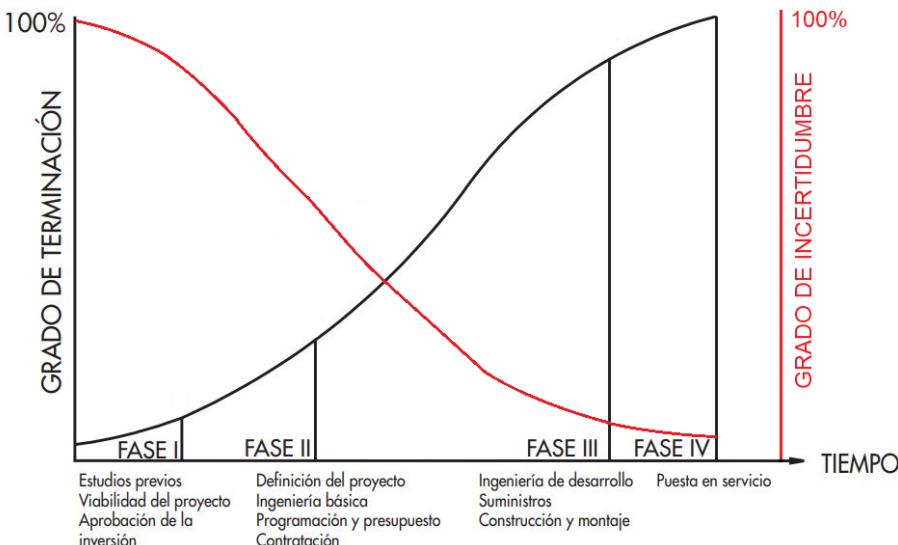


Figura 1.3: Ciclo de vida de un proyecto. Modificada de [10]

■ **Según el carácter del cliente/promotor:**

- **Proyectos internos.** Una empresa o entidad acomete para sí misma el proyecto en cuestión. Por ejemplo: realizar la informatización del departamento de personal de una empresa por medio de su departamento de informática.
- **Proyectos externos.** Encargados por clientes o entidades ajenas a la empresa que realizará el proyecto. Por ejemplo: una entidad del Estado encarga a una empresa consultora la realización de un estudio organizativo.

■ **Según la naturaleza y fin del promotor:**

- **De inversión pública.** Proyectos que deben resolver problemas generales de la sociedad y satisfacer necesidades públicas; necesitan estar incluidos en los presupuestos públicos y materializan un objetivo de la Política del Gobierno o de una Administración Pública.
- **De inversión privada.** Proviene de una inversión privada, que busca un beneficio empresarial, tramitándose de manera distinta a un proyecto público.
- **De inversión mixta.** Promovidos y realizados coordinadamente entre los sectores público y privado.

1.6. Agentes principales

Los **agentes** (o interesados) del proyecto son personas y organizaciones que participan de forma activa en el proyecto o cuyos intereses pueden verse afectados como resultado de la ejecución del proyecto o de su conclusión. También pueden influir sobre los objetivos y resultados del proyecto. El equipo de dirección del proyecto debe identificar a los interesados, determinar sus requisitos y expectativas y, en la medida de lo posible, gestionar su influencia en relación con los requisitos para asegurar un proyecto exitoso.

Los agentes tienen **niveles de responsabilidad y autoridad variables** al participar en un proyecto, pudiendo cambiar a lo largo del ciclo de vida del proyecto (ver Sección 1.4). Su responsabilidad y autoridad varía desde la colaboración ocasional en encuestas y grupos de consumidores, hasta el patrocinio total del proyecto, como puede ser proporcionar respaldo financiero. Los interesados pueden influir de manera positiva o negativa en el proyecto. Los **interesados de influencia positiva** son aquellos que normalmente se benefician de un resultado exitoso del proyecto, mientras que los **interesados de influencia negativa** son aquellos que ven resultados negativos como consecuencia del éxito del proyecto. Por ejemplo, los líderes empresariales de una comunidad que se beneficiará de un proyecto de expansión industrial pueden ser interesados de influencia positiva, ya que pronostican un beneficio económico para la comunidad con el éxito del proyecto. Por el contrario, los grupos ecologistas podrían ser interesados de influencia negativa si consideran que el proyecto perjudica al medio ambiente. En el caso de los interesados de influencia positiva, sus intereses se satisfacen mejor contribuyendo al éxito del

proyecto, por ejemplo, ayudando al proyecto a obtener los permisos necesarios para proceder. El interés de los interesados de influencia negativa se satisface mejor impidiendo que el proyecto avance, exigiendo informes de evaluación ambiental más exhaustivos. Con frecuencia, **los interesados de influencia negativa son ignorados por el equipo del proyecto**, poniendo en riesgo el éxito de sus proyectos.

Como se muestra en la Figura 1.4, los agentes principales en un proyecto son los siguientes [7, 9]:

- **Cliente/Promotor.** Persona física o jurídica (pública o privada) por cuenta de la cual se realiza el proyecto. Es la que decide, impulsa, programa y financia (con recursos propios o ajenos¹) el proyecto. Puede haber múltiples niveles de clientes. Por ejemplo, dentro de los clientes para un nuevo producto farmacéutico, pueden encontrarse los médicos que lo recetan, los pacientes que lo toman y las entidades aseguradoras que pagan por él. En algunas áreas de aplicación, cliente y usuario son sinónimos, mientras que en otras, cliente se refiere a la entidad que adquiere el producto del proyecto, mientras que los usuarios son aquellos que utilizan directamente el producto del proyecto.
- **Director del proyecto.** Es el responsable de dirigir el proyecto. Se encarga de gestionar los recursos humanos y no humanos que aparecen en todas las fases del proyecto. Aparece habitualmente en las empresas de ingeniería y cada vez es más imprescindible debido a la creciente complejidad de los proyectos actuales de mediana o gran envergadura, donde existe una gran cantidad de recursos que manejar, y donde la complejidad en la planificación de las tareas a realizar es muy elevada. Cabe destacar, que la labor de este agente es fundamentalmente organizativa y le exime de las responsabilidades técnicas, civiles y penales que puedan surgir durante las diversas fases del proyecto (estas serán asumidas por los proyectistas, directores facultativos, coordinadores de seguridad, promotores, constructores, etc.) exceptuándose aquellas responsabilidades que tenga con respecto a su propia empresa.
- **Equipo de dirección del proyecto.** Los miembros del equipo del proyecto que participan directamente en las actividades de dirección del proyecto. Suele ser un grupo pequeño, con labores asignadas y delegadas por el director del proyecto. Por ejemplo, el controlador de actividades (quien da seguimiento al cronograma) o el gerente de riesgos (da seguimiento y manejo puntual al total de los riesgos). En el equipo de dirección del proyecto quedan incluidas las figuras técnicas como proyectistas, directores facultativos, coordinadores de seguridad y salud...
- **Equipo del proyecto.** Está conformado por aquellas personas a las que se les han asignado roles y responsabilidades para completar el proyecto, es decir, que participarán directamente en el desarrollo del proyecto en una o varias de sus etapas (inicio, planificación, ejecución, etc.).



Figura 1.4: Visión global de los agentes principales de un proyecto

¹En caso de utilizar recursos ajenos, la entidad que financia el proyecto se denomina **patrocinador del proyecto**.

1.7. Cartera de proyectos

Antes de definir lo que es la cartera de proyectos, es necesario entender el concepto de programa. Un **programa** es un grupo de proyectos relacionados entre sí, gestionados de forma coordinada para obtener unos beneficios y un control que no se obtendrían si se gestionaran en forma individual. Dicho esto, se entiende por **cartera de proyectos** (o **portafolio**) a una colección de proyectos y/o programas que se agrupan juntos para facilitar la gestión efectiva de ese trabajo y, así, alcanzar los objetivos estratégicos del negocio [11], como se muestra en la Figura 1.5. Pueden ser proyectos/programas que estén casi terminados, pero no se hayan ejecutado —por ejemplo, porque están esperando una oportunidad (becas, ayudas, subvenciones) para empezar a materializarse— o que se readaptan a nuevas condiciones de funcionamiento o tecnologías. Sin embargo, los proyectos o programas del portafolio no son necesariamente interdependientes ni tienen que estar directamente relacionados. Si la relación entre los proyectos está dada únicamente por un cliente, vendedor, tecnología o recurso en común, el esfuerzo se debería gestionar como un portafolio de proyectos, en lugar de hacerlo como un programa.



Figura 1.5: Cartera de proyectos

1.8. Lienzos para el inicio del proyecto

Un **lienzo para el inicio de un proyecto** (*canvas*) es una herramienta visual que se utiliza para definir y organizar los elementos clave de un proyecto en una sola página. Su objetivo es proporcionar una visión clara y concisa del proyecto, permitiendo a los equipos y partes interesadas comprender rápidamente los aspectos fundamentales y la dirección del mismo. Suele incluir secciones o **bloques específicos** que se enfocan en diferentes aspectos del proyecto.

1.8.1. Lienzo de generación de valor (Value Proposition Canvas)

Se centra en analizar y comprender las necesidades clave (más importantes) de los clientes para **determinar cómo la propuesta del proyecto satisface esas necesidades de manera única**. En otras palabras, se trata de una aproximación gráfica para determinar el encaje entre la propuesta de valor del proyecto y los potenciales clientes. Se entiende por *crear valor* satisfacer una necesidad o resolver un problema de un cliente potencial de una manera satisfactoria, llegando incluso a justificar un precio a pagar por ello. El Value Proposition Canvas (VPC) adopta esta visión y la materializa en un cuadro estándar en el que **se contraponen, por un lado, las necesidades detectadas en el segmento de clientes potenciales y, por otro, la solución que ofrece un proyecto a esas necesidades**. El lienzo de generación de valor permite visualizar y evaluar cómo todos estos componentes se interrelacionan para crear y entregar valor a los clientes, ayudando a identificar áreas de mejora, oportunidades de innovación y a alinear los esfuerzos del proyecto en torno a la generación de valor para los clientes. En la Figura 1.6 se muestra un esquema típico del lienzo de generación de valor.

La sección del cliente incluye [12]:

- **Actividades del cliente.** Cosas que el cliente hace habitualmente, en su día a día, pero que no siempre le son agradables (o le gustaría no hacer). Es importante identificar las “necesidades ocultas” del cliente (necesidades que se desconocen). Por ejemplo, nadie necesitaba un robot aspirador hasta que vio uno por primera vez.



Figura 1.6: Value proposition canvas

- **Ganancias.** Suelen ser pensamientos conscientes sobre cómo al cliente le gustaría mejorar su vida sobre las actividades que realiza. A veces parecen caprichos, pero son poderosos motivadores de la acción. Es una parte más emocional. *Puede que necesite un coche para ir de A a B, pero quiero un BMW.*
- **Dolores/Frustraciones.** Todo aquello que está impidiendo al usuario obtener los resultados que le gustaría, y que supone para él un problema.

Debajo de la sección del cliente se puede incluir una sección de **Sustitutos**, donde irán no solo los competidores obvios, sino donde se deben buscar los comportamientos y mecanismos de supervivencia existentes. Es importante recordar que los clientes son personas con vidas cotidianas, que han llegado hasta aquí sin el proyecto.

La sección del proyecto del lienzo incluye:

- **Productos/Servicios.** Descripción objetiva de los productos/servicios ofrecidos al cliente con el proyecto, los atributos de este. Las características que se ofrecen pueden ser una parte importante de la propuesta de valor.
- **Generadores de ganancias.** Se muestran los beneficios del producto/servicio (entendiendo por *beneficio* lo que el proyecto hace por el cliente), cómo este satisface los deseos del usuario. Los beneficios son las formas en que los productos/servicios facilitan la vida del cliente (aumentando el placer, disminuyendo el dolor...). Son el *verdadero núcleo* de la propuesta de valor. La mejor manera de enumerar los beneficios en el lienzo es imaginar todas las formas en que el proyecto mejora la vida del cliente.
- **Aliviador de dificultades.** Problemas que el proyecto le resuelve al cliente y la forma en la que atenúa sus frustraciones.

Las etapas para completar el lienzo de generación de valor son las siguientes:

1. **Observar.** Se deben identificar aquellos problemas/necesidades de los potenciales clientes que valga la pena resolver, distinguiendo entre:
 - Los “trabajos” que el cliente quiere realizar (**NECESIDADES**), lo que llevará a comprender las motivaciones que le llevan a querer disfrutar del producto o servicio.
 - Aquello que motiva y frustra al cliente (**DESEOS y MIEDOS**), identificando los aspectos positivos de aquello que desean alcanzar o realizar y los aspectos negativos que le hacen infeliz.
2. **Diseñar.** Se debe definir la manera en que se va a resolver el problema o necesidad del cliente. Para ello, se tendrá en cuenta:

1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

- Qué CARACTERÍSTICAS satisfacen aquellos “trabajos” que el cliente quiere completar, identificando las cualidades o funcionalidades del producto que satisfacen las necesidades del cliente.
- De qué modo el producto/servicio ayuda al cliente (BENEFICIOS y EXPERIENCIAS), haciéndolo más feliz o eliminando sus frustraciones.

3. **Validar.** Ahora se sabe, por un lado, cómo son los clientes y cuáles son sus necesidades (representadas en la parte derecha del VPC) y, por otro, cómo el producto/servicio satisface esas necesidades a través de un conjunto de ventajas (representadas en la parte izquierda). Es ahora cuando se debe contrastar esta aproximación, entrevistando al mayor número de clientes potenciales posible.
4. **Ajustar.** Una vez se obtengan las respuestas a las entrevistas, se deberán extraer las conclusiones pertinentes y ajustar las hipótesis iniciales, tanto en lo que respecta a la descripción del cliente como a los atributos de la propuesta de valor. De esta manera, se podrá estar seguro de que se consigue un encaje perfecto entre el producto y el mercado (al menos, todo lo perfecto que pueda ser en este momento).

Ejemplo 1.2 Realizar el VPC de un robot aspirador.

1.8.2. Lienzo de modelo de negocio (Business Model Canvas)

Un **modelo de negocio** es la racionalización de la forma en la que una organización crea, proporciona y captura el valor, recogiendo las bases de creación de valor de un negocio. El business model canvas (BMC) es una herramienta popular utilizada ampliamente en el ámbito empresarial y emprendedor para desarrollar y visualizar modelos de negocio por medio de nueve bloques básicos (como se muestra en la Figura 1.7) que muestran cómo una compañía piensa conseguir clientes y obtener beneficios. El BMC ayuda a definir, analizar y organizar los componentes clave del negocio, como segmentos de clientes, propuesta de valor, canales de distribución, relaciones con los clientes, fuentes de ingresos, etc.

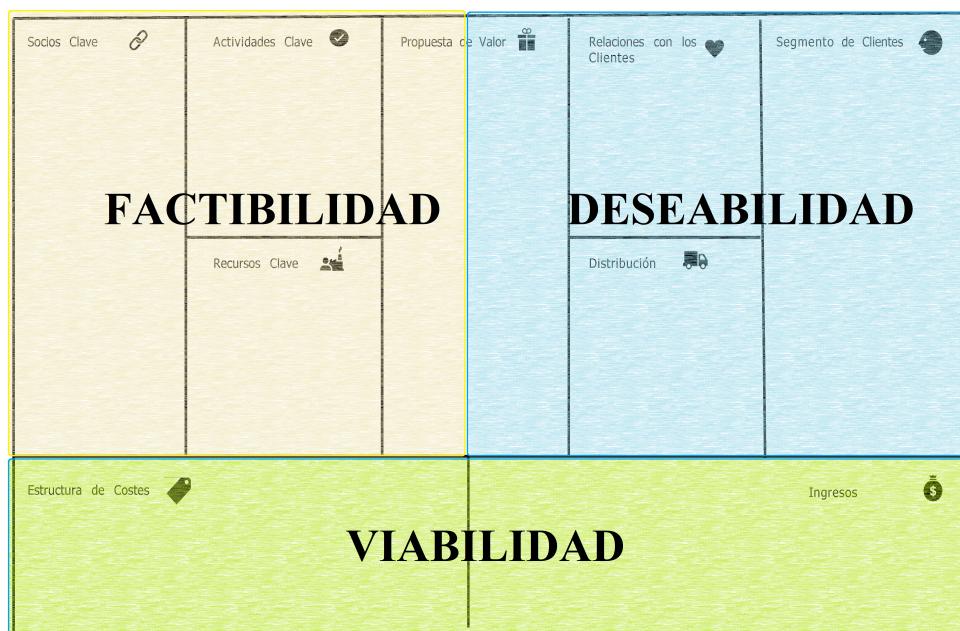


Figura 1.7: Business model canvas

La **factibilidad** se relaciona con la posibilidad de llevar a cabo el negocio, e incluye los socios, actividades y recursos clave. La **deseabilidad** está en línea con querer tener o disfrutar de algo, y engloba el segmento de clientes, las relaciones con ellos y la distribución. Entre medias de la factibilidad y la deseabilidad se encuentra la propuesta de valor. Por último, está la **viabilidad** (económica), es decir, que el negocio sea económicamente rentable; incluye la estructura de costes y las fuentes de ingresos. Se explica a continuación cada uno de estos componentes siguiendo el orden en que debe irse completando [13]:

1. **Segmento de clientes.** Los clientes son el objetivo hacia donde se dirigirá el negocio. Pueden ser uno o más grupos de clientes, pero correctamente distinguidos unos de otros. Se debe responder a la pregunta *¿para quién creamos valor? (a quién ayudamos?)*.
2. **Propuestas de valor.** Junto con el objetivo (segmento de clientes), hay que definir qué se les va a ofrecer. Se pueden definir distintas ofertas según los distintos grupos de clientes. Trata de resolver problemas de los clientes y satisfacer las necesidades de éste. Se debe responder alguna de las siguientes preguntas: *¿qué ayuda ofrecemos?, ¿qué problema ayudamos a resolver?, ¿qué valor ofrecemos a nuestros clientes?*. Las propuestas de valor deben mejorar (o incluir) uno o varios de los siguientes factores sobre un negocio ya existente:
 - Precio.
 - Novedad.
 - Calidad.
 - Conveniencia.
 - Marca.
 - Desempeño.
 - Reducción de riesgo.
 - Reducción de costes.
 - Diseño.
 - Customización.
3. **Canales de distribución.** Las propuestas de valor se entregan a los clientes a través de la comunicación, la distribución y los canales de venta. Se debe responder alguna de las siguientes preguntas: *¿cómo se entera el cliente de la existencia del negocio?, ¿cómo recibe el cliente la propuesta de valor?*. Estos canales pueden ser **directos** (ventas por internet, tiendas propias...) o **indirectos** (tiendas, mayoristas...). Independientemente del canal de distribución que se elija, se debe tener siempre en cuenta lo siguiente:
 - Elevar la **percepción** del cliente acerca de los productos/servicios que se comercializan.
 - Permitir que el cliente **compre** de manera específica los productos/servicios que se ofrecen.
 - Definir la forma de **entrega** de los productos/servicios.
 - Proporcionar soporte **post-venta** a los clientes.
4. **Relaciones con los clientes.** Se establecen y mantienen relaciones con cada segmentos de clientes. Se debe responder alguna de las siguientes preguntas: *¿cómo integrar al cliente en el modelo de negocio?, ¿cómo hacer que el cliente se mantenga ligado a esta propuesta?*.
5. **Flujos o fuentes de ingresos.** Se debe identificar de dónde van a proceder los ingresos del negocio, puesto que son el resultado de las propuestas de valor ofrecidas con éxito a los clientes. Debe responder a la pregunta *¿qué ingresos y en qué concepto?*.
6. **Recursos clave.** Se engloban tanto los recursos tangibles (materiales, maquinaria, etc.) como los intangibles (experiencia, contactos, habilidades...). Son los medios necesarios para ofrecer y entregar las propuestas de valor. Responde a la pregunta *¿qué elementos se tienen/hacen falta para construir la propuesta de valor?*.
7. **Actividades clave.** Se responde a la pregunta *¿qué hay que hacer para ofrecer la propuesta de valor?, ¿qué actividades y procesos se deben llevar a cabo para producir la oferta de valor?*.
8. **Socios clave.** Para lograr realizar las actividades y conseguir los recursos, es necesario contar con una red de aliados/socios que ayuden, que proporcionen recursos que no se pueden obtener directamente, como proveedores o inversores. Es frecuente que algunas actividades se externalicen, y se adquieran algunos recursos fuera de la empresa.
9. **Estructura de costes.** Engloba todo lo que significa producir la propuesta de valor, puesto que llevar a cabo las actividades clave y tener los recursos necesarios, implica costes.

Ejemplo 1.3 Realizar el BMC de Netflix.**1.8.3. Acta de constitución (Project Model Canvas)**

El punto de partida de un proyecto es el **acta de constitución** (project charter). Puede realizarse en forma de documento (acta de constitución/project charter) o de lienzo (Project Model Canvas), y prueba la existencia y comienzo del proyecto. Su propósito es formalizar la autorización para llevar a cabo el trabajo del proyecto. El lienzo tiene una estructura similar al BMC, ver Figura 1.8.

| Proyecto: | Nombre del proyecto | Justificación: | El porqué del proyecto | |
|---|--|---|--|--------------------------------------|
| Partes interesadas Relacionar por orden de importancia, poder e influencia 1... 2... 3... 4... ... | Actividades Lista de tareas y acciones concretas | Entregables | Premisas Supuestos que apoyan el desarrollo del proyecto | Objetivos del proyecto ... |
| | Calendario/Hitos Describir el calendario, fechas de inicio y fin de cada fase (debería coincidir con la EDP a nivel 1) | | Restricciones Limitaciones a la realización del proyecto | |
| Presupuesto Presupuesto estimado para el alcance del proyecto y alcance de la dirección del proyecto | | Riesgos y oportunidades Identificar posibles riesgos y oportunidades que puedan influir en el desarrollo del proyecto | | |

Figura 1.8: Project model canvas

El acta de constitución del proyecto es un documento fundamental y debe ser revisado antes de comenzar el trabajo del proyecto. Autoriza formalmente un proyecto o una fase de éste, y documenta los requisitos iniciales, proporcionando información sobre la justificación del proyecto, los objetivos y criterios de éxito, datos preliminares (riesgos, cronograma, presupuesto), etc.

En el acta de constitución del proyecto se plasma la información del PMC de manera más detallada. Debe incluir, como mínimo, la siguiente información:

- **Información del proyecto.** Aquí se incluyen los siguientes aspectos:
 - **Empresa/Organización.** Nombre de la empresa/organización que realiza el proyecto.
 - **Proyecto.** Nombre del proyecto.
 - **Fecha.** Fecha de preparación del documento.
 - **Cliente.** Parte interesada a quien se entrega el proyecto para su aceptación.
 - **Director del proyecto.** Director del proyecto asignado, su responsabilidad y su nivel de autoridad.
- **Propósito/Justificación del proyecto.** Razones relevantes de la realización del proyecto, el *por qué* del proyecto.
- **Descripción del proyecto y entregables.** En este apartado se hace una descripción de alto nivel del proyecto, es decir, el alcance del mismo. Existen dos aspectos importantes en la definición del alcance: los entregables y los límites del proyecto.
 - **Entregables.** Un entregable de proyecto es el resultado de una producción o de un trabajo, tras un pedido de un cliente o, a nivel interno, de una petición de la dirección. El alcance suele ser de gran envergadura, por lo que debe dividirse en varias entregas o etapas. El entregable resulta en la materialización de un logro del proyecto, como estudios de viabilidad, presupuestos provisionales, cronograma de actividades, maquetas, prototipos.... Por tanto, se trata de todos los logros intermedios que marcan el avance del proyecto. Comprender los entregables es un avance para comprender el alcance del proyecto.

- **Límites.** Todo lo que no incluye el proyecto que se está desarrollando, es decir, aspectos que no se podrán cubrir, que escapan a las posibilidades del equipo de trabajo y que, a priori, se consideran inalcanzables.
- **Requerimientos de alto nivel del proyecto.** Un requerimiento es la condición o capacidad que debe tener un sistema, producto, servicio o componente para satisfacer un contrato, estándar, especificación, u otros documentos. Por tanto, son todas aquellas características observables que cualquier interesado desea que estén contenidas en el sistema. Como requisitos se incluyen las necesidades, deseos y expectativas del patrocinador, cliente, usuarios, y resto de interesados. Los requerimientos deben ser únicos, verificables, claros, viables y necesarios.
- **Objetivos.** Se describen qué objetivos deben alcanzarse y cómo se medirá su éxito (en caso de otro tipo de proyecto, el objetivo puede ser una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir, un nuevo servicio a prestar...). Se derivan de necesidades, expectativas, requerimientos y metas organizacionales estratégicas de las partes interesadas, y debe incluirse una justificación de por qué quiere conseguirse ese objetivo. Suelen agruparse en objetivos de:
 - Alcance.
 - Cronograma (tiempo).
 - Costo.
 - Calidad.
 - Otros.
- **Premisas y restricciones.** Las premisas describen los supuestos que apoyan el desarrollo del proyecto (factores que son considerados como verdaderos, reales o ciertos, aunque no están confirmados). Las restricciones hacen referencia a las limitaciones a la realización del mismo (generalmente, tiempo, costo y alcance, aunque pueden incluirse también calidad, riesgos y recursos).
- **Riesgos iniciales de alto nivel.** Los riesgos de un proyecto son aquellos peligros que pueden suceder en el desarrollo de las diferentes actividades que componen un trabajo. Aquí se identifican, evalúan y se planifica la respuesta e implementación y control de los riesgos relacionados con el proyecto. También puede incluirse un plan de mitigación de los riesgos. La gestión de riesgos ayuda a los que toman las decisiones a hacer elecciones informadas, a priorizar las acciones y a distinguir entre cursos de acción alternativos. Riesgos frecuentes son la corrupción del alcance, bajo desempeño, costes elevados, el tiempo, escasez de recursos, falta de comunicación, cambios operativos y falta de claridad.
- **Cronograma de hitos principales.** Un hito es un marcador en un proyecto, implica un cambio o una etapa en el desarrollo del mismo. Además, a diferencia de una tarea, tienen una fecha fija, pero no disponen de una duración. Los hitos simbolizan logros o momentos clave del proyecto, ya que son eventos y no actividades o tareas específicas. Aquí se presenta un calendario de las principales fechas del proyecto, incluyendo el inicio y finalización del proyecto y las fechas de los hitos clave.
- **Presupuesto estimado.** Se indica el presupuesto estimado que costará el proyecto. Pueden incluirse también los recursos económicos que se tienen disponibles, qué cantidad adicional podría utilizarse bajo circunstancias no previstas, etc.
- **Lista de interesados (stakeholders).** Listado de partes interesadas (ver Sección 1.6), identificando claramente a los *clientes directos* (aquel a quien se le vende sus productos o servicios) y a los *clientes indirectos* (aquel que se beneficiará de los productos o servicios de la empresa, pero no los adquiere directamente de esta, sino a través de diferentes tipos de intermediarios).
- **Requisitos de aprobación del proyecto.** Debe incluirse en qué consiste el éxito del proyecto, quién decide si el proyecto tiene éxito y quién firma la aprobación del proyecto. En general, se considera que el proyecto es exitoso si cumple con el alcance definido, para lo cual es importante llevar a cabo la aprobación de las entregas del proyecto, no siendo posible afirmar que esto es así hasta que este punto se ha completado.

- **Personal y recursos preasignados.** Se definen, adquieren, controlan y desarrollan los recursos necesarios para lograr el resultado del proyecto. En recursos se incluye personas, experiencia, instalaciones, equipo, materiales, infraestructura, herramientas y otros activos requeridos para llevar a cabo las actividades de acuerdo a los objetivos. Se debe definir una estrategia para adquirir y utilizar los recursos para lograr el mejor desempeño del proyecto, optimizando la utilización de los recursos dadas las restricciones financieras y de tiempo, y su seguimiento continuo y control.
- **Aprobación y firmas.** La firma de los patrocinadores del proyecto, quienes autorizan el inicio del proyecto y se comprometen a proporcionar los recursos necesarios para su éxito.

Referencias

- [1] Real Academia Española. <https://dle.rae.es/>.
- [2] Project Management Institut (PMI). *Project Management body of knowlegde (PMBOK)*. 6^a edición. 2017.
- [3] David I. Cleland, William Richard King et al. *Systems analysis and project management*. McGraw-Hill, 1975.
- [4] ISO 10006:2017 *Quality management — Guidelines for quality management in projects*. International Organization for Standardization, 2017.
- [5] Decreto 1998/1961, de 19 de octubre, por el que se aprueban las tarifas de honorarios de los Ingenieros en trabajos a particulares. Boletín Oficial del Estado, 1961.
- [6] UNE 157001:2014 — *Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico*. Una Norma Española, 2015.
- [7] Francisco Javier Martínez de Pisón Ascacíbar et al. "La oficina técnica y los proyectos industriales". En: Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (2002).
- [8] Eliseo Gómez-Senent Martínez et al. "Teoría de las dimensiones del proyecto". En: (1996).
- [9] Ana María Nieto Morote y Francisco de Asís Ruz Vila. *Proyectos de Ingeniería*. <https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=140&topic=3>. 2013.
- [10] Manuel de Cos Castillo. *Teoría General del Proyecto — Volumen I: Dirección de Proyectos/Project Engineering*. Síntesis, S.A., 2007.
- [11] Chávez Lazarte et al. *Elaboración de cartera de proyectos para la implementación de fincas integradas en la comunidad de Verdetica*. Inf. téc. 2013.
- [12] Lienzo de propuesta de valor. <https://xn--designthinkingespaa-d4b.com/lienzo-de-propuesta-de-valor>.
- [13] A Osterwalder. *Guía para el diseño de modelos de negocios basado en el Modelo Canvas*. 2012.

Capítulo 2

Documentos, Contenidos y Elaboración

2.1. Organización de la documentación

Un **proyecto** es una serie de documentos que definen la obra, de tal forma que un facultativo distinto del autor pueda dirigir con arreglo a los mismos las obras o trabajos correspondientes. Esta forma de definir el proyecto se ajusta a su contenido final, es decir, a su aspecto morfológico. De esta definición cabe destacar dos aspectos: el proyecto está formado por una serie o **conjunto de documentos** y estos deben ser **inteligibles e interpretables por otros técnicos** y, en general, por todas las personas interesadas en el proyecto. Una documentación completa, bien estructurada y ordenada adecuadamente facilita su interpretación, reduce el tiempo de búsqueda y de consulta de datos y, prácticamente, el riesgo de error o de rechazo del proyecto por defectos formales. Además, en los proyectos para la Administración y en todos aquellos que deben presentarse ante alguna entidad pública o privada para su aprobación o para petición de ayudas, este aspecto debe cuidarse aún más, ya que la falta de datos en la presentación de la documentación requerida suele significar la **denegación automática** de la solicitud [1, 2].

Hay dos aspectos que son fundamentales para obtener un proyecto legible y coherente:

- Una estructura de documentos perfectamente diferenciados y complementarios.
- La ordenación del contenido de cada uno de ellos.

Por otra parte, el proyectista ha de ajustar la presentación formal con las características del propio proyecto, pues estas influirán, en gran medida, sobre la estructura y ordenación de los documentos.

Se pueden distinguir dos tipos de proyectos en función de la estructuración definitiva del mismo y de quién lo encarga o de su fin último. Son los siguientes [1]:

- **Proyectos de utilidad pública.** Están promovidos por la Administración y tienen, en general, una estructura rígida, definida por el **pliego de condiciones estipulado en las bases iniciales del correspondiente concurso o subasta**. Tienen predefinidos los documentos que debe contener, los modelos de impresión a utilizar, exigen la inclusión de la planificación de las obras y la fórmula de revisión de precios y, en numerosos casos, dejan limitada la libertad del ingeniero para proponer una determinada solución porque llegan a fijar aspectos del diseño básico y de detalle que no pueden ser modificados. Son ejemplos claros los proyectos propuestos por los Ministerios técnicos o las Administraciones Locales relacionados con el urbanismo, las obras públicas, las explotaciones agrarias, etc.
- **Proyectos de iniciativa privada.** Tienen como característica principal la de que tienden a la **funcionalidad**. Dan mayor libertad al proyectista, que procura sintetizar al máximo el contenido del proyecto de todos los documentos. Este hecho no debe significar, en absoluto, que la calidad del proyecto sea menor, sino que la documentación que se presenta es la mínima necesaria para llevar a cabo su realización. También es usual incluir los anexos de cálculos poco desarrollados (muchas veces, únicamente se cita la metodología de cálculo y los resultados) y redactar memorias descriptivas concisas y breves. Solamente en las partes del proyecto que han de presentarse preceptivamente a la administración para su aprobación, se ajustan exactamente a lo establecido por ella. En definitiva, persiguen la mayor efectividad.

2. DOCUMENTOS, CONTENIDOS Y ELABORACIÓN

Como ya se comentó en el Tema 1 (ver la Sección 1.2.1), según el Decreto de 19 de octubre de 1961 sobre “Tarifas de honorarios de ingenieros en trabajos a particulares” [3], un proyecto debe incluir los siguientes documentos:

- Memoria
- Planos
- Pliego de Condiciones
- Presupuesto

Sin embargo, en la norma UNE 157001:2014 sobre “Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico” [4], los proyectos deben contener siete documentos:

- Índice
- Memoria
- Anexos de la memoria
- Planos
- Pliego de Condiciones
- Mediciones
- Presupuesto

En esta asignatura se va a trabajar con la documentación incluida en esta norma. En la Figura 2.1 se muestra la estructura general del proyecto y una recomendación sobre redacción, maquetación y prioridad entre los diferentes documentos.

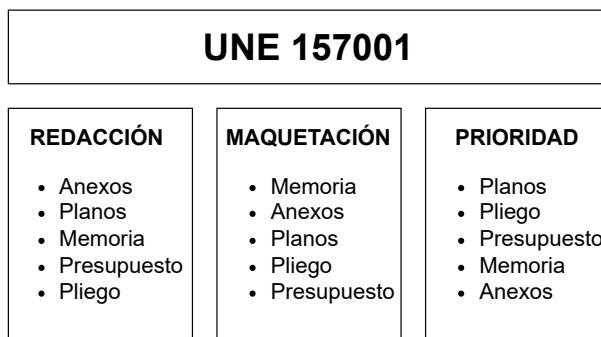


Figura 2.1: Estructura general del proyecto

Antes de entrar en la descripción detallada de cada uno de los documentos del proyecto, conviene fijar los criterios que deben regir en la ordenación de su contenido. Estos criterios tienen validez prácticamente universal (excepto el 2º criterio para los anexos de cálculo), por lo que son una guía sencilla y eficaz para el proyectista, cualquiera que sea el trabajo que esté llevando a cabo [1]:

1. Ordenar de lo general a lo particular.
2. Dado que los documentos del proyecto sirven de base para la realización de la obra, la ordenación interna de cada uno debe amoldarse a la señalada para la planificación de los trabajos. Es excepción la ordenación de cada Anexo de cálculo, que debe organizarse siguiendo el mismo camino que el utilizado por el calculista.
3. Cada documento debe ser completo en sí mismo.
4. Cada documento se dividirá, al menos, en tantas partes o capítulos como contratistas o suministradores distintos se prevea que han de ejecutar los trabajos. Cada una de estas partes deberá tener sentido en sí misma y en relación con el conjunto.
5. Clasificación decimal (es decir, los diferentes documentos se enumeran siguiendo un código decimal).

2.2. Aspectos generales

¿Realmente es necesaria toda la documentación de un proyecto? La norma UNE 157001:2014 es la norma de referencia para establecer una garantía para los interesados del proyecto (Figura 2.2) de que un proyecto, destinado a la materialización de su objeto (o a su autorización o registro administrativo), es adecuado al uso al que está destinado. Esta norma tiene por objeto establecer las consideraciones generales que permitan precisar las características que deben satisfacer los proyectos para la definición técnica de:

- Productos
- Obras
- Edificios (excluidas viviendas)
- Instalaciones (incluidas instalaciones de viviendas)
- Servicios
- Software

para que sean conformes al fin al que están destinados.



Figura 2.2: Interesados del proyecto

2.2.1. Presentación

Siguiendo la norma UNE 157001:2014 [4], las normas de presentación son:

- Se ordenarán los documentos del proyecto (“Índice”, “Memoria”, etc.) según lo requerido por la tipología del proyecto, pudiendo agruparse en distintos volúmenes.
- En función de la normativa legal aplicable, a criterio del proyectista o dependiendo del tipo de proyecto, cabe la posibilidad de no incluir la totalidad de los mismos o de añadir otros.
- Cada uno de los documentos del proyecto se puede descomponer en otros documentos. Se estructurarán en capítulos y apartados y numerados de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 50132:1994 [5].
- En todas las páginas del proyecto debe figurar el título, código o referencia de identificación, tipo de documento (“Índice”, “Memoria”, “Anexos”, etc.), número de página, número total de páginas y, si el proyecto dispone de varios volúmenes, en cada uno de ellos se debe incluir, además, su título y número de volumen.

Además de esto, el proyecto debe iniciarse con la siguiente información:

- El título del proyecto y su código o referencia de identificación.
- El nombre del organismo u organismos a los que se dirige el proyecto.
- El nombre, apellidos y documento de identidad del promotor del proyecto, ya sea en nombre propio o en representación de otra persona física o jurídica.
- Si el proyecto contempla un emplazamiento geográfico concreto, se definirá dicho emplazamiento (dirección y población) y, si procede, sus coordenadas UTM.
- El nombre de la organización, razón social o persona jurídica que ha recibido el encargo de elaborar el proyecto, así como su C.I.F., dirección, teléfono, fax, correo electrónico.
- El nombre y apellidos del proyectista, su titulación, y, en su caso, colegio o entidad a la que pertenece, DNI, domicilio profesional, teléfono, fax, correo electrónico.

2.2.2. Redacción

Según la norma UNE 157001:2014 [4], las normas de redacción son:

- Cada documento será redactado de forma que pueda ser **interpretado correctamente** por personas distintas de las que lo han escrito (por supuesto, siempre que tengan los conocimientos necesarios).
- Se redactará con un **lenguaje claro, preciso**, libre de vaguedades y términos ambiguos, **coherente con la terminología** empleada en los diferentes capítulos y apartados.
- Si se usan **acrónimos o abreviaturas**, la primera vez que se escriban, se indicará entre paréntesis la palabra o texto completo que reemplaza.
- El uso del **tiempo presente o futuro indica requisitos obligatorios**. Es decir, si en un documento se especifica que algo se debe hacer, se expresará en ese tiempo. Por ejemplo: "se construye"/"se construirá", "se comprueba"/"se comprobará", etc.
- El uso del **tiempo condicional o subjuntivo indica propuestas no obligatorias**. Por ejemplo: "se podría construir", etc.

2.2.3. Orden de prioridad

Hasta la aparición de la norma UNE 157001:2014, los cuatro documentos principales (memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto), no tenían la misma fuerza de obligar legalmente, ya que, aunque todos eran informativos, los **planos, el pliego de condiciones** y el apartado "**cuadro de precios**" **del presupuesto** eran vinculantes¹ y, en caso de discrepancia entre los distintos documentos, su información prevalecía sobre el resto.

La norma UNE 157001:2014 establece, en su apartado 1.10 [4], el siguiente **orden de prioridad** ante discrepancias o incompatibilidades, siempre y cuando no se especifique otro orden de prioridad dentro del capítulo 10 "Orden de prioridad entre los documentos" de la memoria del proyecto:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

Además, en función del tipo de proyecto, se debe adaptar el orden y los documentos según se establece en la legislación específica aplicable.

2.3. Documentos básicos

En este apartado se van a describir y definir todos los documentos especificados según la UNE 157001:2014 [4].

2.3.1. Índice

Tiene como misión la **localización fácil de los distintos contenidos del proyecto** y contendrá todos y cada uno de los índices de los diferentes documentos básicos del proyecto; puede haber un índice general, donde se muestre dónde comienza cada documento (Figura 2.3) y luego un índice particular en cada documento (Figura 2.4). Además, cuando el proyecto disponga de diferentes volúmenes, cada uno de ellos debe contener su índice específico, mientras que el documento principal debe disponer adicionalmente de una relación de los títulos y numeración del resto de los volúmenes. El índice debe contener el **título y número de página** de todos los documentos del proyecto, siguiendo la UNE 50132:1994 [5].

¹Un documento es vinculante cuando la persona que lo firma es responsable del mismo. En caso de error u accidente debido a ese documento, el autor es responsable civil y penal.

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

| | |
|-----------------------|-----|
| Memoria | 1 |
| Anexos a la memoria | 49 |
| Planos | 435 |
| Pliego de condiciones | 555 |
| Mediciones | 611 |
| Presupuesto | 671 |

Figura 2.3: Índice general de documentos

ÍNDICE

| | |
|-----------------------------|---|
| Objeto | 1 |
| Alcance | 1 |
| Antecedentes | 1 |
| Normas y referencias | 2 |
| Definiciones y abreviaturas | 4 |
| Requisitos de diseño | 4 |

Figura 2.4: Índice del documento "Memoria"

2.3.2. Memoria

Debe servir como **nexo de unión de todos los documentos del proyecto**. Tiene como misión justificar las soluciones adoptadas, su adecuación a la normativa legal aplicable y, conjuntamente con los planos y el pliego de condiciones, debe describir de forma unívoca el objeto del proyecto. Es un documento **vinculante** y, por tanto, tiene **fuerza legal**. También suele hacer referencia a los estudios de viabilidad económica, planes de ejecución, instalación, puesta en marcha y explotación, aunque estos se desarrollen con más detalle en los **anexos** a la memoria. Además, debe ser claramente comprensible, no solo por los profesionales especialistas, sino también por el **cliente**, de forma que claramente se muestren:

- **Los objetivos del proyecto**
- **Las alternativas estudiadas**
- **Las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas**
- **Las razones que han conducido a la solución elegida**

Dispondrá de los **capítulos y apartados precisos** en función de las divisiones que sean necesarias para una buena exposición del proyecto. Es el documento en el que se describe el proyecto, por lo que se debe evitar que presente los cálculos, si no que muestre únicamente los resultados. Únicamente se recomienda que englobe los **cálculos** en los casos en que la cuantía de los mismos, por las características del proyecto, **no aconseje incluirlos en un documento aparte** (anexo). De manera similar, no se debe extender en **consideraciones técnicas**. Debe responder a las siguientes preguntas:

- **¿De qué trata este proyecto?** Descripción introductoria del proyecto a realizar.
- **¿Quién lo ha encargado y por qué?** Descripción de la causa de la necesidad a atender o solucionar y donde se destacan también los nombres de los peticionarios.
- **¿Para qué?** Se indican las necesidades que el proyecto va a atender o solucionar.
- **¿Dónde se realiza?** Localización y/o ámbito y alcance del proyecto.
- **¿Cómo se desarrolla?** Forma de resolución en sus aspectos teórico y práctico.
- **¿Cuándo se realiza?** Programa de realización.

De aquí, se deduce que en la memoria se describe la idea concreta del proyecto, presentando los antecedentes (conclusiones de estudios y trabajos ya existentes), la solución adoptada (definida de manera cualitativa y cuantitativa), cómo ha de llevarse a cabo (especificado mediante un calendario de actividades, diagrama de Gantt, fluograma...), así como algunos aspectos económicos importantes, como la inversión total necesaria para la realización de la obra. Desde la memoria se puede hacer referencia al resto de documentos, como planos o anexos, para destacar detalles y pormenores que aparecen detallados en ellos. En general, no debe hacerse referencia directa a marcas concretas o a nombres de casas comerciales, salvo en aquellos casos en los que la falta de especificación pueda repercutir desfavorablemente en la calidad final del objeto proyectado. Por ello, conviene iniciar cualquier proyecto redactando el índice de la memoria y el de sus anexos, aunque la organización de los trabajos no coincida en el tiempo y en la subordinación al especificado en los índices [1]. Debe ir **firmado** por el proyectista.

Según la norma UNE 157001:2014 [4], los apartados en los que se descompone la memoria del proyecto, siguiendo número, título y contenido, son los siguientes:

1. **Objeto:** Indica los objetivos finales del proyecto y su justificación. Debe responder a las preguntas **¿por qué?** y/o **¿para qué?** se realiza el proyecto. Debe constituir una breve, pero completa, **explicación del conjunto de aplicaciones** a las que se dedica el proyecto. En otras palabras, una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar, incluyendo su justificación. Deben indicarse las necesidades que el proyecto viene a cumplir. En concreto, justificaciones del tipo económico-funcional, principalmente, derivadas de algunos de los conceptos siguientes:
 - Necesidades del mercado (déficit de producto)
 - Mejoras tecnológicas
 - Necesidad de ampliación
 - Traslado necesario por cambios legales o variaciones del mercado
 - Conveniencia social o administrativa
 - Nuevo producto
2. **Alcance:** Indica el ámbito de aplicación del proyecto. Engloba todo el trabajo que debe realizarse para conseguir el objeto del proyecto (obtener ese resultado, esa posición o ese producto o servicio) con las características y funciones especificadas. Para ello, es habitual utilizar una **estructura de descomposición del proyecto (EDP)**. La EDP es una técnica de descomposición funcional de las actividades y tareas del proyecto, plasmada en un listado de tareas organizadas en forma de diagrama jerárquico en árbol, que permite reducir sistemáticamente la complejidad del proyecto de forma que este quede descompuesto en "fragmentos" constituidos por **paquetes de trabajo**², teniendo así una asignación más clara de responsabilidades. También es importante fijar una serie de **entregables**. Los entregables son los resultados concretos y tangibles que se deben producir y entregar como parte del proyecto, y deben ser claramente definidos y acordados desde el inicio del mismo, estableciendo las características, calidad, cronograma y los criterios de aceptación para cada uno. Esto garantiza que el equipo del proyecto y los interesados tengan una comprensión común de lo que se espera entregar y facilita la medición del progreso y éxito del proyecto. Los entregables pueden ser productos, servicios o documentos específicos que cumplen con los objetivos y requisitos establecidos en la definición del proyecto. Dependiendo del tipo de proyecto y la industria en la que se encuentre, algunos ejemplos de entregables son:
 - **Documentos:** Informes, planes, manuales, especificaciones técnicas, propuestas, análisis de viabilidad, estudios de mercado, políticas y procedimientos, etc.
 - **Productos:** Software, aplicaciones móviles, prototipos, hardware, dispositivos electrónicos, estructuras físicas, maquinaria, productos manufacturados, etc.
 - **Servicios:** Implementación de sistemas, configuraciones, instalaciones, mantenimiento, soporte técnico, consultoría, capacitación, etc.
 - **Resultados:** Investigaciones, descubrimientos científicos, desarrollos tecnológicos, patentes, publicaciones, conclusiones, recomendaciones, decisiones estratégicas, etc.

²Partes del proyecto que pueden ser desarrolladas por una persona/equipo con plena responsabilidad sobre las mismas.

3. **Antecedentes:** Indica los condicionantes de partida (lugar, obra, instalación, infraestructura, actividad, si dispone de permisos o legalizaciones previas, cuando se trata de una ampliación, rehabilitación o reforma, cuando constituye un cambio de actividad o uso, etc.). En general, se incluyen todos aquellos aspectos necesarios para la comprensión de las alternativas estudiadas y de la solución final adoptada. También se suele hablar de la empresa o instalación industrial para la que se realiza el proyecto, así como de las tecnologías y/o procesos implicados.
4. **Normas y referencias:** Se indica una relación de los documentos utilizados en la **propia memoria**, incluyéndolos en los siguientes apartados:
 - a) **Disposiciones legales y normas aplicadas.** Se contemplan las disposiciones legales (leyes, reglamentos, ordenanzas, etc.) y normas de obligado cumplimiento que se han tenido en cuenta para la realización del proyecto.
 - b) **Programas de cálculo.** Se describen los programas, modelos u otras herramientas utilizadas en el desarrollo de los cálculos del proyecto.
 - c) **Plan de gestión de la calidad aplicado en el proyecto.** Se enunciarán todos los procesos específicos utilizados para asegurar la calidad durante la realización³ del proyecto. Para un correcto aseguramiento de la calidad, se aplicarán los criterios generales para la elaboración de proyectos recogidos en la norma UNE 157001:2014 [4], como también la normativa UNE-ISO 10006:2018—Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos [6]. Con el fin de realizar un correcto desarrollo del proyecto se debe establecer una correcta planificación del trabajo y que se cumplan los plazos, elección de las herramientas más apropiadas, documentación de los pasos seguidos durante el proyecto, de las decisiones y modificaciones realizadas, comprobación de los análisis realizados y aseguramiento de la organización y realización de los entregables.
 - d) **Bibliografía.** Se enumeran los libros, revistas u otros textos de interés que sirvan para justificar las soluciones adoptadas.
 - e) **Otras referencias.** Se incluirán aquellas referencias que no entran en los puntos anteriores, pero que se consideren de interés para la comprensión y materialización del proyecto.
5. **Definiciones y abreviaturas:** Se relacionan todas las definiciones, abreviaturas, etc., que se hayan utilizado en el proyecto, así como su significado.
6. **Requisitos de diseño:** Se describirán las bases y datos de partida desglosados, establecidos por:
 - El cliente.
 - El marco normativo legal (legislación, reglamentación, normativa).
 - El **emplazamiento** y su entorno socioeconómico y ambiental.
 - Los **estudios** realizados encaminados a la definición de la solución adoptada.
 - Los **interfaces con otros sistemas**, elementos externos al proyecto u otros que condicionan las soluciones técnicas/industriales del mismo.
7. **Análisis de soluciones:** Donde se indicarán las **distintas alternativas estudiadas**, qué caminos se han seguido para llegar a ellas, ventajas e inconvenientes de cada una y cuál es la solución finalmente elegida y su **justificación** en función de los requisitos de diseño (ver punto anterior). En esta parte debe analizarse la influencia de los condicionantes; por ejemplo, para un parque eólico, se debe considerar la localización (puesto que los aerogeneradores deben estar a una cierta distancia de poblaciones para reducir o evitar el ruido) y la dimensión del terreno (ya que el tamaño de este limita el número de aerogeneradores que se pueden instalar).
8. **Resultados finales:** Se describe la **solución detallada** del producto, obra, instalación o servicio según la solución elegida, indicando cuáles son sus características definitorias y haciendo referencia a los **planos** y otros elementos del proyecto que lo definen. Es decir, se describe el **resultado del proyecto**.
9. **Planificación:** Se definen las diferentes **etapas**, metas o **hitos a alcanzar**, **plazos de entrega**, diagramas de **planificación y programación** de tareas, tiempo de fabricación, etc., para la materialización del proyecto. En cualquier caso, un trabajo de este tipo tiene los siguientes elementos básicos:

³Entendiéndose por *realización*, la redacción del proyecto.

2. DOCUMENTOS, CONTENIDOS Y ELABORACIÓN

- Definición de las **fases** en que se puede dividir el proyecto.
- Establecimiento de las **secuencias lógicas** de las distintas fases y sus relaciones entre sí.
- **Valoración** en plazo de la ejecución de las mismas, definiendo los **recursos propios y ajenos** para el cumplimiento de los plazos indicados. Se recomienda presentar un resumen del presupuesto.
- Expresión en **forma gráfica de la programación** utilizada, ya que ayuda a la mejor comprensión y mejora la presentación. Esto se realizará, generalmente, mediante un diagramas de Gantt (Figura 2.5).

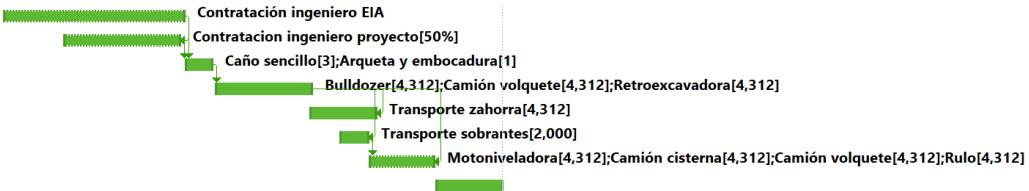


Figura 2.5: Diagrama de Gantt

10. **Orden de prioridad entre los documentos básicos:** Se deberá establecer el orden de prioridad de los documentos básicos del proyecto. Si no se especifica, el orden de prioridad será el expuesto en la Sección 2.2.3:

- a) Planos
- b) Pliego de condiciones
- c) Presupuesto
- d) Memoria

2.3.3. Anexos de la memoria

En general, en un proyecto los anexos son **opcionales** y sirven para **aportar información complementaria** que, por su extensión, naturaleza o grado de profundidad, conviene exponer en forma separada. Es decir, los anexos desarrollan, justifican o aclaran apartados específicos de la memoria u otros documentos del proyecto. La información que en ellos se presenta no debe interferir en la comprensión de la memoria, y debe seguirse el mismo orden de ésta, de manera que haya una **correspondencia biúnica**. Además, habrá un índice general de anexos y uno particular para cada uno de ellos. Cada anexo debe contener la justificación del cumplimiento de la normativa legal vigente aplicable y, si procede, de las fórmulas aplicadas para el cálculo.

Los aspectos que, con más frecuencia, se incluyen en anexos son [2, 4]:

- **Documentación de partida**, que incluye aquellos documentos que se han tenido en cuenta para establecer los requisitos de diseño (ver Sección 2.3.2). Se consideran aspectos legislativos, el entorno y la situación actual, así como los antecedentes y condicionantes del proyecto. En general, suelen analizarse aspectos tales como:
 - Calificación del suelo y ficha urbanística.
 - Edificaciones y servicios existentes.
 - Estudios de:
 - Clima: temperatura, lluvia, nieve, humedad relativa, viento, radiación solar....
 - Suelo: capacidad portante, permeabilidad, textura... (relevantes para edificios, naves, etc.).
 - Agua: calidad (dureza), caudal, estiaje.
 - Estructura de la propiedad: parcelación.
- **Dimensionamiento y cálculo de la solución adoptada.** Se justifican las fórmulas aplicadas y se desarrollan todos los cálculos realizados para determinar los aspectos del proyecto. Junto con los planos y el pliego de condiciones, se debe describir de forma unívoca el proyecto. En caso de haberse considerado diferentes alternativas, se puede incluir el análisis multicriterio llevado a cabo (legislativo, ambiental, económico, técnico, social...) de las diferentes alternativas planteadas.

- **Estudios con entidad propia.** Estos estudios son aquellos que deben incluirse por exigencias legales, como son (sin carácter limitativo):
 - Estudio de seguridad y salud, ya sea básico o completo.
 - Estudio de impacto ambiental.

Estos dos estudios se analizarán con más detalle en el Tema 4. Estos estudios deben contener la justificación del cumplimiento de la normativa legal vigente aplicable y, si procede, de las fórmulas aplicadas para el cálculo.

- **Otros anexos o estudios** según el ámbito del proyecto, como pueden ser:

- Catálogos de elementos constitutivos del objeto del proyecto.
- Emplazamiento del proyecto (estudios geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, topográficos, geológicos, pluviométricos...).
- Eficiencia energética.
- Gestión de residuos.
- ...

2.3.4. Planos

Los planos son la **representación gráfica del proyecto** y comprenden los dibujos, esquemas, figuras, perspectivas..., necesarias para llegar a una comprensión visual del conjunto. Definen exhaustivamente el proyecto en su **aspecto constructivo** y son una **representación a escala** (reducida o ampliada) en dos dimensiones del conjunto de elementos tridimensionales que componen el objeto del proyecto. En los planos estarán implícitos los **resultados de los cálculos**, las hipótesis manejadas, las estimaciones, las comprobaciones y los objetivos marcados. En definitiva, indican **qué hay que construir, montar, instalar**, etc. Son **vinculantes** y, por tanto, pasan a formar parte del contrato de obras, teniendo **fuerza legal**: en reclamaciones jurídicas, un error o un defecto en un plano puede tener efectos de gran repercusión sobre el proyecto; como ya se ha comentado, los planos prevalecen, por lo general, sobre otros documentos en caso de discrepancia. A pesar de que el trazado definitivo de los planos corre a cargo, la mayoría de las veces, de un equipo de delineación, el visto bueno definitivo, sin embargo, corresponde al proyectista, que debe repasarlos todos. Así, la responsabilidad es del proyectista, por lo que le compete hacer frente a los gastos y daños que se hayan podido ocasionar en caso de error, además del des prestigio que ello acarrea. Por ello, es importante que tenga siempre un **seguro de responsabilidad civil**⁴.

Cada plano debe contener la información gráfica, alfanumérica, de códigos y de escala, necesaria para su comprensión y ejecución. Deben ser claros y suficientes en número y contenido, y es recomendable su almacenamiento en soporte magnético y papel. En caso de ser necesario, pueden usarse colores para presentar la información de forma más legible; con respecto a este punto, es interesante comentar que existen herramientas que pueden utilizarse para garantizar que, personas con problemas de daltonismo, sepan identificar correctamente los colores (véase [7]). La misión de los planos es **definir**, junto con los otros documentos básicos del proyecto, de forma unívoca el objeto de éste. Son los documentos más utilizados del proyecto y, por ello, han de ser completos, suficientes y concisos, es decir, **incluir toda la información necesaria para ejecutar la obra** objeto del proyecto en la forma más concreta posible y sin dar información inútil o innecesaria. El **número de planos y los detalles** expresados en cada uno de ellos dependerá de cada clase de proyecto, pero siempre serán los suficientes para que cualquier persona con los conocimientos y la preparación adecuados pueda llevar a cabo lo proyectado sin dificultades ni ambigüedades. El documento que contiene los planos se iniciará con un índice que hará referencia a cada uno de ellos para facilitar su localización. El orden y la numeración de los planos se realizará por capítulos, siguiendo su organización temporal. En cada capítulo se empezará por los más generales para concluir con los de detalle. Todos los elementos diseñados deben quedar perfectamente definidos y concretados a la escala que sea conveniente, de forma que su definición sea lo más clara y legible posible.

Los planos deben normalizarse según las normas UNE prácticamente en todos sus aspectos. Se quieren destacar los siguientes:

⁴El seguro de responsabilidad civil profesional ampara al profesional en caso de incurrir en un acto negligente (selección inadecuada de materiales, daños a la propiedad de terceros, lesiones a terceros durante y después de terminar la obra, diseños inapropiados, estudios inexacts, asesorías incorrectas...) al prestar sus servicios a un tercero.

- **Cajetines.** Sigue la norma UNE-EN ISO 7200:2004 [8]. El cajetín presenta los datos de descripción e interpretación del plano, y se sitúa **dentro** de la zona de ejecución del dibujo, delimitándola. La información que deben incluir los cajetines, es la indicada en el apartado 4.2 de la UNE 157001:2014 (ver Sección 2.2.1).
- **Acotación.** Sigue la norma UNE-EN ISO 129:2019 [9]. Una cota es la medida de cualquier dimensión reflejada en los planos. La acotación se realiza mediante líneas de referencia y líneas de cota. Las líneas de referencia son la prolongación de las del dibujo cuya cota se quiere definir. Las líneas de cota suelen ser perpendiculares a las de referencia y señalan la medida del elemento. El valor de la cota se escribirá encima de la línea de cota, de manera que pueda leerse desde la posición normal o desde la derecha del propio dibujo. Las líneas de referencia y cota se dibujan con menor espesor que las del dibujo para distinguirlas de este.
- **Plegado.** Sigue la norma UNE 1027:1995 [10]. Para la presentación de un proyecto, los planos se han de doblar para colocarlos dentro de su correspondiente carpeta, casi universalmente en formato A4. El doblado de los planos debe, por consiguiente, ser de tal modo que quede reducido a tal formato con el cajetín ocupando el ángulo inferior derecho, quedando, por tanto, visible. Para ello, se realizan primero unos pliegues longitudinales y, después, transversales, como se muestra en la Figura 2.6.

| Formato | Esquema de plegado | Pliegues longitudinales | Pliegues transversales |
|---------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| A0 | | | |
| A1 | | | |
| A2 | | | |
| A3 | | | |

Figura 2.6: Plegado de planos, [2]

- **Escalas.** Sigue la norma UNE-EN ISO 5455:1996 [11]. La escala de un plano es la relación entre la dimensión que toma un elemento en el plano y la dimensión que tiene en la realidad. Así, cuando en un plano se indique que está dibujado a escala 1:50, significa que 1 cm medido en el plano corresponde a 50 cm en la realidad. Con relación a la escala (o escalas) a utilizar, debe definirse de manera que:

- Permite diferenciar claramente unos elementos de otros.
- El tamaño del plano resultante sea lo más manejable posible.
- La escala corresponda a una escala normalizada.
- Se pueda realizar la medición de las distintas unidades del proyecto que aparecen en el plano.

La escala seleccionada para representar cada elemento depende de la complejidad del dibujo y del objeto a representar, en todo caso debe ser lo suficientemente amplia para conseguir la necesaria claridad que permita una fácil y rápida interpretación. En general, según el tipo de plano, las escalas más habituales son:

- **Instalaciones.** 1:2.5; 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:1000
- **Obra civil.** 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:25000; 1:50000
- **Topografía.** 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000
- **Urbanismo.** 1:500; 1:2000; 1:5000; 1:25000; 1:50000

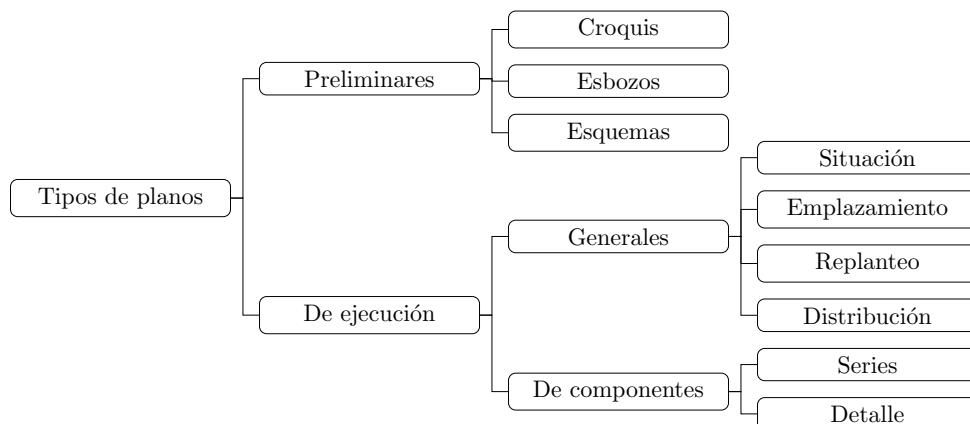
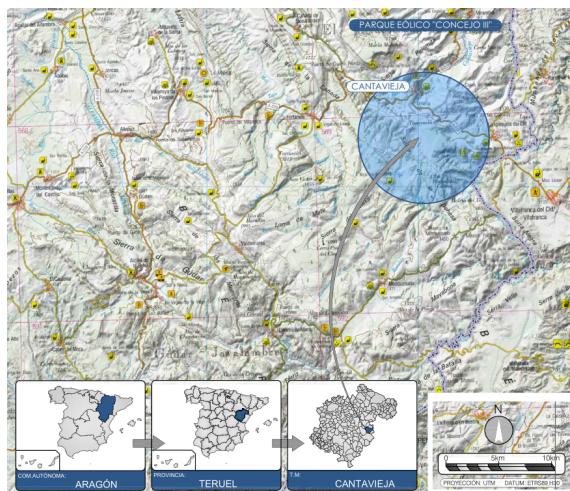


Figura 2.7: Clasificación de los planos

Los planos se pueden clasificar como se muestra en la Figura 2.7 [2]:

- **Preliminares.** Sirven de base para hacer otros planos más completos, ya que proporcionan una visión simplificada de procesos, instalaciones o funcionamiento de alguna parte de la obra. Pueden ser croquis y esbozos (dibujos que sirven de base para realizar otros más completos y que evidencian la idea general del proyectista) o esquemas (dibujo, a escala o no, que proporciona una visión simplificada de los procesos e instalaciones, así como de su funcionamiento). Puede decirse que proporcionan una visión simplificada de los procesos e instalaciones, así como de su funcionamiento.
- **De ejecución.** Elaborados para llevar a cabo la obra del proyecto, dibujándose a escala y conteniendo todos los detalles necesarios para ejecutar los trabajos. A su vez, se subdividen en:
 - **Generales.** Estos planos proporcionan una visión global de conjunto de la obra, destacando los planos de situación (relación con el entorno amplio, como municipios, vías de comunicación, etc.) y de emplazamiento (relación con el entorno próximo, como edificios próximos, ubicación de parcelas, etc., mostrando la localización exacta, representando los edificios, solares o fincas colindantes, calles o carreteras de acceso....). Pueden verse ejemplos de estos planos en la Figura 2.8.
 - **De componentes.** Muestran el despiece de las partes constituyentes del proyecto, permitiendo ver con detalle cada una de las partes de la obra. Dentro de estos planos destacan:
 - **Plano de serie.** Indican las dimensiones básicas, los sistemas de referencia y las características de un grupo de elementos.
 - **Plano de detalle.** Dan información muy precisa de la fabricación y construcción de los elementos allí contenidos. Deben indicar dimensiones de los elementos, métricas, etc., teniendo el desglose preciso en cuanto a elemento o componente para aportar todos los datos necesarios que permitan su construcción o instalación.



(a) Plano de situación



(b) Plano de emplazamiento

Figura 2.8: Ejemplos de planos generales

2.3.5. Pliego de condiciones

El pliego de condiciones establece la **forma de ejecutar un proyecto**, teniendo en cuenta los **condicionantes de tipo técnico, económico, normativo, laboral y administrativo** que le afecten, evitando interpretaciones diferentes de las deseadas. Es un **documento vinculante** desde el punto de vista contractual y, por tanto, es de la máxima importancia una cuidadosa redacción del mismo, puesto que tienen **fuerza legal**; va **firmado** por el proyectista. Si la memoria contiene la descripción y la justificación del proyecto y los planos contienen la representación gráfica de los mismos indicando lo que debe hacerse, el pliego de condiciones establece las condiciones de cómo debe ejecutarse (exigencias de índole técnica y legal). Para mayor aclaración, al Pliego de Condiciones hace las funciones de contrato en aquellas obras en las que no existe un contrato específico para la ejecución de la misma. De igual forma, y en contadas ocasiones, puede ser que exista un contrato de construcción entre el promotor y el contratista principal, en cuyo caso la redacción del Pliego de condiciones se puede resumir indicando que "la ejecución de la obra quedará supeditada al contrato de construcción existente entre promotor y contratista". En su redacción han de considerarse:

- Los **aspectos legales y administrativos** del proyecto.
- Las **responsabilidades de los agentes** que intervienen en el proyecto.
- Las **características de los materiales y equipos**.
- Las técnicas a emplear en la **ejecución y puesta en marcha**.
- Las **pruebas de recepción** de los elementos antes de ponerlos en obra, durante la ejecución del trabajo y una vez concluido el mismo.
- **Condiciones de medición y abono** de las obras. **Penalizaciones o recompensas**.
- Los **controles de calidad** que hay que realizar.
- Las **normas, reglamentos y leyes** por las que se debe regir el proyecto.

Su **influencia en el coste final** del proyecto es muy grande, por cuanto sus **exigencias y requisitos** en la recepción, ejecución y control de las obras, si no están bien pensados y dimensionados, pueden llevar tanto a un exceso de trabajos como a una escasez de los mismos. El pliego de condiciones **no debe ir nunca en contra** de las leyes, normas y reglamentaciones existentes a nivel local, autonómico, estatal y europeo, sino complementarlas en aquellos aspectos específicos del proyecto a juicio del autor. Además, hay que tener en cuenta que la **normativa** de la Unión Europea cada vez más frecuentemente condiciona las normativas de los estados miembros, siendo de rango superior a estas en muchos casos. Cualquier omisión del pliego puede generar conflictos o dificultades para la ejecución del proyecto, por lo que es siempre recomendable **repetir un mismo concepto en capítulos distintos** que el omitirlo allí

donde sea necesario. Apoyarse en otros pliegos redactados con anterioridad facilita la confección del nuevo, aunque se han de tener siempre en cuenta las peculiaridades de cada proyecto.

El pliego suele dividirse en dos capítulos:

1. **Condiciones generales.** Donde se contemplan los aspectos legales y administrativos, y se recogen las leyes, órdenes, reglamentos, normas y ordenanzas aplicables al proyecto. Es decir, es en esta parte del pliego de condiciones donde se incluye **toda la normativa** relacionada con el proyecto. Además, esta reglamentación puede **no ser de obligado cumplimiento**, pero que el proyectista considere aplicable para el proyecto. Se subdivide en:

a) **Condiciones generales facultativas**⁵. Describe y regula las relaciones entre la contrata y la dirección facultativa, destacando:

- Obligaciones y derechos del contratista: debe conocer las leyes, conocer el proyecto en todas sus partes, cumplir las indicaciones del libro de órdenes, poner los medios adecuados para realizar el proyecto, etc.
- Facultades de la dirección de obras: se confieren al director de obra amplias facultades para decidir sobre comienzo, ritmo y calidad de los trabajos.
- Libro de órdenes: en él se recogen todas las órdenes y modificaciones que se dicten en cada momento, y está visado por los Colegios Profesionales que correspondan.
- Replanteo y preparación: definición de la cota de referencia, limpieza y preparación del terreno, puntos y líneas que deben marcarse para situar los ejes principales de las obras...
- Comienzo, ritmo, plazo y condiciones generales de la ejecución de los trabajos.
- Controles de calidad y ensayos.
- Partidas alzadas: se denominan partidas alzadas aquellas partidas del presupuesto que en su momento el proyectista no pudo medir o valorar exactamente, pero que se sabía que aparecerían durante la ejecución de las obras.
- Periodo de garantía.
- Recepción definitiva.

b) **Condiciones generales económicas.** Describe y regula las relaciones económicas entre la propiedad y la contrata, y la función de control que cumple la dirección facultativa. Se suele especificar lo siguiente:

- Fianza: porcentaje sobre el valor total de las obras que debe depositar la contrata a la firma del contrato como garantía. Con cargo a esta fianza se aplican las penalizaciones a que hubiese lugar por demoras, abandono de las obras por el contratista, etc.
- Composición de precios unitarios de ejecución material y por contrata.
- Precios contradictorios: precios de las partidas no presupuestadas en el proyecto original y que aparecen durante la ejecución de las obras.
- Mejoras y modificaciones de obras, instalaciones y maquinaria.
- Revisión de precios: se acepta en los pliegos de obras cuya realización en el tiempo puede ser prolongada y se esperan modificaciones en el coste de los materiales y mano de obra que la contrata va aportando.
- Valoración, medición y abono de los trabajos.
- Penalizaciones: se suelen estipular dos tipos de penalizaciones, uno por demora en los tiempos de ejecución y otro por incumplimiento del contrato.
- Seguros y conservación de la obra, maquinaria e instalaciones.

c) **Condiciones generales legales.** Fija las condiciones de tipo legal que ha de cumplir el contratista y el tipo de contrato y de adjudicación que han de regir. Es habitual incluir los siguientes aspectos:

- Contratista: especifica la categoría y características que debe reunir el contratista.
- Contrato.
- Responsabilidades del contratista: asunciones del contratista durante la vigencia del contrato: solvencia económica, pago de los jornales, materiales y demás gastos que se deriven de las obras, buena calidad de ejecución, situación legal y laboral del personal, etc.

⁵Las condiciones facultativas hacen referencia a los derechos y obligaciones de las partes y sus representantes en el momento de ejecutar el proyecto.

- Accidentes de trabajo: se exige el cumplimiento de la ley de prevención de riesgos laborales, exponiendo las condiciones legales que ha de cumplir la contrata con el personal de obra (estar al día en el pago de los salarios, seguros sociales, IRPF, etc.).
- Daños a terceros: el contratista es responsable de los posibles daños a terceros, teniendo la obligación de abonar los gastos que aquellos produzcan.
- Causas de rescisión del contrato: se desarrollan los motivos por los que la propiedad puede rescindir el contrato y en qué casos tendrá derecho el contratista a la devolución de la fianza y al cobro de las obras realizadas hasta el momento de la rescisión; las principales causas son por un retraso excesivo en la ejecución de las obras, por abandono de las obras sin causa justificada, por fallecimiento del contratista, por causas administrativas...

2. **Condiciones particulares.** En este capítulo se dan las normas que han de cumplir los materiales, maquinaria y equipos que intervienen en las obras y cómo se realizan. En la mayoría de casos existen normas legales que regulan el empleo de materiales y su ejecución. Si así sucede, es suficiente elegir un material de los especificados en la norma correspondiente e indicar que ese material la ha de cumplir. La aplicación y referencia a las normas reduce y simplifica la redacción de este capítulo del pliego.

Estos apartados están en consonancia con lo que se especifica en la norma UNE 157001:2014 [4] sobre el pliego de condiciones:

1. **Descripción de las obras, productos, instalaciones o servicios.**
2. **Las especificaciones de materiales y elementos constitutivos del objeto del proyecto.** Deberá incluir:
 - a) Un listado completo de los mismos.
 - b) La **calidades mínimas** a exigir para cada uno de los elementos constitutivos del proyecto, indicando la norma (si existe) que contempla el material solicitado.
 - c) **Pruebas y ensayos** a que debe someterse, especificando la norma según la cual se realizarán, condiciones de realización y resultados mínimos que se debe obtener.
3. **Ejecución de las obras, productos, instalaciones o servicios.**
4. **Reglamentación y normativa aplicables** incluyendo recomendaciones y normas de no obligado cumplimiento que, sin ser preceptivas, se consideran de necesaria aplicación según el criterio del autor.
5. **Aspectos del contrato** que se refieran al proyecto y que pudieran afectar a su objeto tanto en la fase de materialización como en la de funcionamiento. Según esta norma deberán incluir:
 - a) **Documentos base para la contratación** de su materialización cuyos trabajos quedan definidos en: los planos, el estado de mediciones, la memoria y las especificaciones de materiales y elementos constitutivos del objeto del proyecto.
 - b) **Limitaciones en los suministros** que especifique claramente donde empieza y donde termina las responsabilidades de suministro y montaje.
 - c) **Criterios de medición y abono.**
 - d) **Criterios para las modificaciones al proyecto original**, especificando el procedimiento a seguir para las mismas, su aceptación y cómo deben quedar reflejadas en la documentación final. En general, las modificaciones que se realicen deben suponer un coste inferior al 20 %. En caso contrario, es posible que tenga que considerarse como un proyecto nuevo.
 - e) **Pruebas y ensayos**, especificando cuáles y en qué condiciones deben someterse los suministros según lo indicado previamente.
 - f) **Garantía de los suministros**: indicando el alcance, duración y limitaciones.
 - g) **Garantía de funcionamiento**: indicando el alcance, duración y limitaciones.

2.3.6. Mediciones

Con la norma UNE 157001:2014 [4], uno de los cambios que sufrió el presupuesto lo constituye la **ubicación del estado de mediciones**. Tradicionalmente, se incluía dentro del documento presupuesto, pero ahora constituye, por sí mismo, otro documento del proyecto. Su finalidad es la de **definir y determinar las unidades de cada partida o unidad de obra** que configuran la totalidad del producto, obra, instalación y servicios objeto del proyecto, basándose en la información de los planos (siempre que sea posible, sobre los planos definitivos). Por “unidad de obra” se entiende una **parte elemental** en la que se puede descomponer el proyecto, que suponga una determinada actuación, utilización de **mano de obra, maquinaria o materiales** (descripción completa y pormenorizada de los trabajos, así como los medios y materiales que pueden intervenir); por tanto, **debe contener las magnitudes físicas medibles de cada recurso que se utilice**. Las unidades de obra deben ser identificables y medibles, y deben definirse correctamente, ya que los precios serán distintos. Por ejemplo, no es lo mismo realizar la excavación de 1 m³ en terreno compacto o en terreno rocoso; hacerlo con medios manuales o mecánicos; ni a una profundidad máxima de 2 m o de 50 cm.

Ejemplo 2.1 Se presentan a continuación ejemplos sobre definición de unidades de obra:

m³ **Excavación mecánica de zanjas**

Excavación de zanjas con carga mecánica sobre camión, en terreno compacto, hasta una profundidad máxima de 2 m

m² **Desbroce y limpieza mecánica del terreno**

Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos y carga sobre camión, a una profundidad máxima de 15 cm

ud **Toma de corriente montaje superficial 16 A con 2,5 mm² y tubo de 13 mm**

Toma de corriente en montaje superficial de 16 A con puesta a tierra, instalada con cable de cobre H07V-K de 2,5 mm² de sección nominal, aislado con tubo de PVC rígido de 13 mm de diámetro

Por tanto, una medición consiste en la **determinación de las dimensiones de cada recurso de cada unidad de obra** (obtener su cantidad). La unidad de medida de control de cada medición se expresará en el sistema internacional siguiendo las normas UNE 82100–6:1996 [12] y UNE-EN ISO 80000. Así:

- Para unidades lineales (tuberías, cables...): [m]
- Para unidades superficiales (muros, pavimentos, cubiertas...): [m²]
- Para unidades de volumen (excavaciones, hormigones, tierras...): [m³]
- Para unidades de peso (acero laminado para estructuras, asfalto...): [kg] o [t]
- Para arquetas de registro, aparatos sanitarios, tomas de corriente...: [ud]
- ...

El estado de mediciones debe hacerse sobre **planos debidamente acotados** (son la fuente de información principal), preferiblemente en formato digital, evitando escalímetros. De esta forma, se evitan errores acumulativos. Además, se recomienda que las realicen y comprueben, al menos, dos personas distintas. Podrán incluirse partidas alzadas, solo si no es posible desglosar, en forma razonable, el detalle de las mismas. Las “partidas alzadas” muestran una serie de gastos que se van a producir durante la ejecución del proyecto, que en el momento actual es difícil fijar el costo final exacto de estas. Por tanto, la recomendación es intentar evitarlas lo máximo posible y, en caso de tener que utilizarlas, valorar y definir según experiencias previas de otros proyectos similares o consultando a contratistas e instaladores. En la Figura 2.9 se incluye un ejemplo del cuadro de mediciones. Como se observa, para cada unidad de obra, se incluye el número de unidades y se definen sus **características, modelos, tipos y dimensiones**. El estado de mediciones sirve de base para la realización del presupuesto, por lo que es habitual que el orden en que se incluyan siga el **desarrollo cronológico** de las obras, incluyendo una estructura sistemática de capítulos⁶. En el documento de mediciones **no** se evalúan los honorarios de facultativos, beneficio industrial, etc.

⁶Se agrupará en cada capítulo los conjuntos estructurales con cierta “independencia” del resto del proyecto, con intereses comunes en cuanto a costes. Normalmente, se asocian a tipos de trabajos que se desarrollan, profesionales que los ejecutan, etc.

2. DOCUMENTOS, CONTENIDOS Y ELABORACIÓN

| CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | UNIDADES | LONGITUD | ALTURA | ANCHURA | PARCIAL | TOTAL | |
|-----------------------------------|---|---|---|---|--|--|---|----------------|
| CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | | | | |
| 01.01 | m ² DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO A MÁQUINA Desbroce y limpieza superficial del terreno con espesor máximo de la capa a retirar=10cm, por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares. | 1 | 32 | | 92 | 2.944 | 2.944 | |
| 01.02 | m ³ EXCAVACIÓN EN VACIADOS, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación a cielo abierto, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares. | 1 | 32 | 1 | 92 | 1.472 | 2.944 | |
| 01.03 | m ³ EXCAVACIÓN DE ZANJA, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación en zanjas, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares. | V-1 V-2 V-3 V-4 V-5 V-6 V-7 V-8 V-9 | 18 9 9 9 4 12 8 8 8 | 5,20 5,66 5,58 5,67 3,66 3,64 3,6 3,61 3,65 | 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 | 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 | 14,98 8,15 8,03 8,16 2,34 6,99 4,61 4,62 4,67 | 62,55 |
| 01.04 | m ³ EXCAVACIÓN DE POZOS, A MÁQUINA, TERRENOS FLOJOS Excavación en pozos en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares. | Z-1 Z-2 Z-3 Z-4 Z-5 | 12 6 16 8 8 | 1,6 1,8 2,00 2,40 1,50 | 1,6 1,8 2,00 2,40 1,50 | 0,90 0,90 1,00 1,00 0,90 | 37,648 17,496 64 46,08 16,2 | 181,424 |
| 01.05 | m ³ TRANSPORTE A VERTEDERO <10km. CARGA MECÁNICA Transporte de tierras al vertedero, a una distancia menor de 10 km., considerando ida y vuelta, con camión basculante cargado a máquina, canon de vertedero, y con p.p. de medios auxiliares, considerando también la carga. | | | | | | 3419,34 | |

Figura 2.9: Estado de mediciones, [2]

2.3.7. Presupuesto

El presupuesto es el documento que establece de forma detallada y justificada el coste del proyecto, es decir, la **inversión necesaria** para llevarlo a cabo. **No comprende**, sin embargo, los gastos de explotación que generará la nueva industria una vez construida, la amortización de la inversión, el análisis de rentabilidad ni las fuentes de financiación. Estos estudios pueden ser incluidos en otros documentos del proyecto, generalmente en los anexos de la memoria. El documento se iniciará con un índice que haga referencia a cada uno de los documentos, capítulos y apartados que lo componen, con el fin de facilitar su utilización.

Para crear el presupuesto, se debe componer el precio unitario de cada recurso (material, maquinaria, mano de obra y elementos auxiliares). Con eso, se obtiene el coste de cada unidad de obra, que estará formado por la suma del coste de los recursos necesarios que se utilicen en cada caso. Multiplicando cada precio unitario por el valor de la medición (ver Sección 2.3.6), y haciendo la suma, se obtiene el presupuesto. El documento de presupuesto está formado por diferentes cuadros:

- Cuadro de precios simples de **materiales, mano de obra, maquinaria y elementos auxiliares** que componen las partidas o unidades de obra. Puede no incluirse, aunque es recomendable su realización.
- Cuadro de precios unitarios de las **unidades de obra**. Suele llamarse **cuadro de precios n.º 1**.
- Cuadro de precios unitarios de las **unidades de obra descompuestos**, de acuerdo con el estado de mediciones y con la descomposición correspondiente de materiales, mano de obra y elementos auxiliares. Suele llamarse **cuadro de precios n.º 2**.
- Los **presupuestos parciales** de cada capítulo de la obra, obtenidos multiplicando la medición de cada unidad de obra por el precio unitario del cuadro de precios n.º 1.
- El **presupuesto** propiamente dicho, que contendrá la **valoración económica global**, desglosada y ordenada según el estado de mediciones.

Para su realización, se recomienda seguir el esquema indicado en la Figura 2.10.

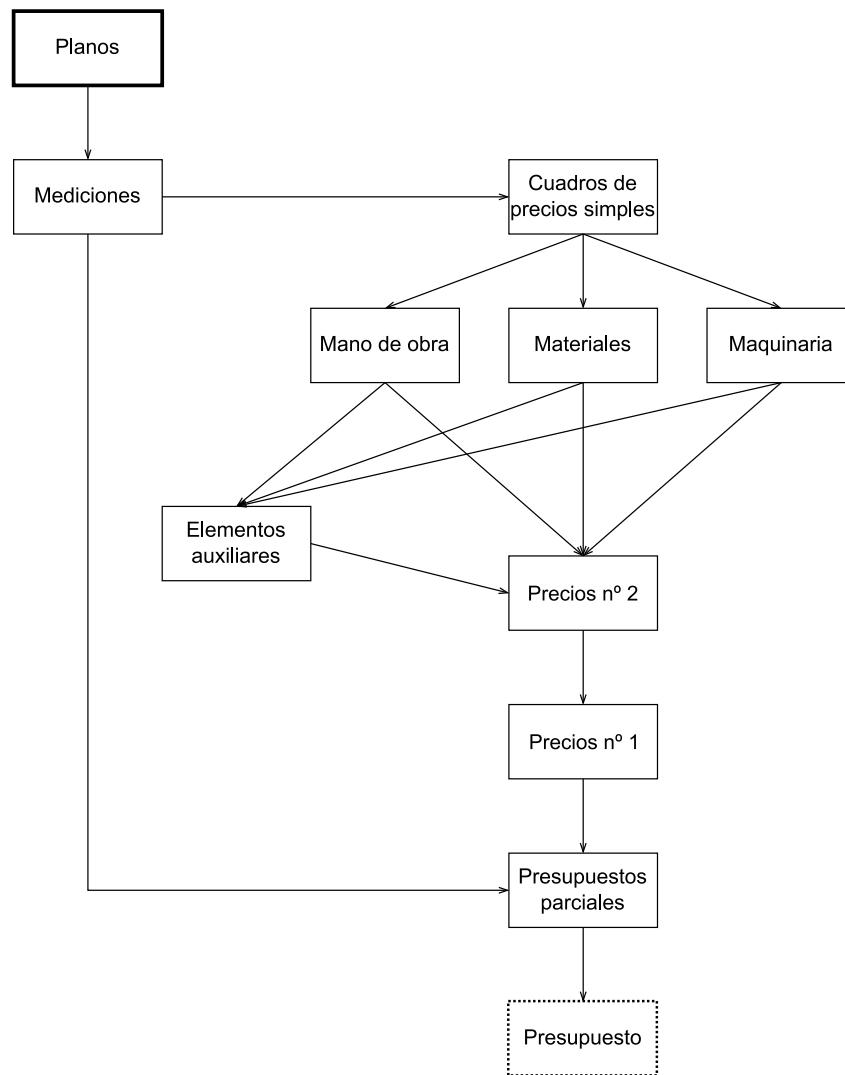


Figura 2.10: Esquema de realización del presupuesto

Cuadro de precios unitarios o precios simples

Se trata de una "lista de precios" agrupada en:

- **Mano de obra.** Precios de todas las categorías profesionales siguiendo las normas vigentes. Ha de tenerse en cuenta, además de los precios de la mano de obra directos, el coste de personal no ejecutivo, como encargados, etc., que reciben la denominación de mano de obra indirecta.
- **Materiales.** Precio de cada material, incluyendo el valor de origen, los costes de carga y descarga, transporte, almacenamiento, etc.
- **Maquinaria.** Precio de la maquinaria necesaria para la realización de las obras.
- **Elementos auxiliares.** Son materiales elaborados en obra que no pueden comprarse directamente, sino que están formados por una mezcla de elementos simples (por ejemplo, pastas y morteros, hormigones, etc.).

En la Figura 2.11 se muestran ejemplos de los cuadros de precios unitarios simples de maquinaria, materiales y mano de obra. Los elementos auxiliares se presentan en la Figura 2.12.

| CÓDIGO | UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO |
|---------------------|----------------|--------------------------------------|-------------|
| MAQUINARIA | | | |
| MAQ001 | h | Retroexcavadora de tamaño mediano | 39,70 Euros |
| MAQ002 | h | Retroexcavadora de tamaño grande | 50,00 Euros |
| MAQ003 | h | Camión 25 t | 33,00 Euros |
| MAQ004 | h | Camión 24t | 32,50 Euros |
| MAQ005 | h | Camión grúa 3t | 27,50 Euros |
| MAQ006 | h | Camión grúa de 5t | 38,60 Euros |
| MAQ007 | h | Hormigonera | 31,00 Euros |
| MAQ008 | h | Planta de hormigón | 55,40 Euros |
| ... | | | |
| MATERIALES | | | |
| MAT001 | t | Arena de cantera de piedra granítica | 7,50 Euros |
| MAT002 | m ³ | Terreno seleccionado | 4,70 Euros |
| MAT003 | m ³ | Zahorra artificial | 9,50 Euros |
| MAT004 | kg | Acero B-500-S | 0,50 Euros |
| MAT005 | kg | Alambre | 0,60 Euros |
| MAT006 | t | Cemento | 70,00 Euros |
| MAT007 | t | Arena de cantera para hormigón | 6,50 Euros |
| MAT008 | t | Grava de cantera para hormigón | 5,00 Euros |
| MAT009 | m ³ | Agua para hormigón | 0,54 Euros |
| ... | | | |
| MANO DE OBRA | | | |
| MO001 | h | Peón | 12,50 Euros |
| MO002 | h | Oficial 1º | 13,40 Euros |
| MO003 | h | peón especialista | 12,50 Euros |
| MO004 | h | Oficial 1º ferrallista | 14,00 Euros |
| ... | | | |

Figura 2.11: Cuadro de precios simples de maquinaria, materiales y mano de obra, [2]

| CÓDIGO | UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO |
|-----------------------------|----------------|---|---------|
| ELEMENTOS AUXILIARES | | | |
| EA001 | m ³ | Mortero de cemento PA-350 y arena de río de dosificación 1:2 confeccionado con hormigonera de 250 l | |
| | Unidad | Descripción | Precio |
| | ton | Cemento PA-350 | 87.84 € |
| | m ³ | Arena de río | 12.54 € |
| | m ³ | Agua | 0.63 € |
| | h | Hormigonera 250 l | 4.96 € |
| | h | Peón ordinario | 12.15 € |
| | | | 52.70 € |
| | | | 11.04 € |
| | | | 0.17 € |
| | | | 1.98 € |
| | | | 26.24 € |
| | | | 92.13 € |
| ... | | | |

Figura 2.12: Cuadro de precios simples de elementos auxiliares

Cuadro de precios descompuestos

También se le conoce con el nombre de **cuadro de precios n.º 2**. Se descompone cada unidad de obra contemplada en el cuadro de precios n.º 1 en los diferentes conceptos que la conforman, incluyendo los costes indirectos. Para la unidad de obra 01.03 de la Figura 2.14, el cuadro de precios n.º 2 quedaría como se muestra en la Figura 2.13.

| CÓDIGO | UNIDADES | DESIGNACIÓN | IMPORTE | | |
|---------------------|----------|--|----------|-----------------------------------|----------------|
| 1.03 m ³ | | Excavación de zanja, a máquina, en terrenos flojos | | | |
| | Código | Unidad | Cantidad | Tipo | Coste Parcial |
| | MQ001 | h | 0.027 | Retroexcavadora de tamaño mediano | 39.70 € 1.07 € |
| | MQ004 | h | 0.151 | Camión de 24 ton | 32.50 € 4.91 € |
| | MO001 | h | 0.119 | Peón | 12.50 € 1.49 € |
| | | | | Costes directos | 7.47 € |
| | | | | 6% Costes indirectos | 0.45 € |
| | | | | | 7.91 € |

Figura 2.13: Cuadro de precio n.º 2

Una vez elaborado el cuadro de precios n.º 2, se puede obtener el **cuadro de precios n.º 1**. Se trata de una lista de todas las unidades de obra, con su descripción y precio (**en cifra y letra**), de las distintas unidades de obra previstas, seguida de los precios correspondientes a las distintas partidas alzadas adoptadas, y viene a resumir el cuadro de precios n.º 2. En los importes **se incluyen** los costes indirectos (generalmente, 3-6%)⁷. En la Figura 2.14 se muestra un ejemplo de cuadro de precios n.º 1.

| CÓD. | UNID. | DESCRIPCIÓN | PRECIO EN LETRA | IMPORTE |
|--|----------------|--|---|-------------|
| CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | |
| 01.01 | m ² | DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO A MÁQUINA Desbroce y limpieza superficial del terreno con espesor máximo de la capa a retirar=10cm, por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares. | CERO EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS | 0,46 |
| 01.02 | m ³ | EXCAVACIÓN EN VACIADOS, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación a cielo abierto, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares | UN EURO con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS | 1,58 |
| 01.03 | m ³ | EXCAVACIÓN DE ZANJA, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación en zanjas, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares. | Siete EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS | 7,91 |
| 01.04 | m ³ | EXCAVACIÓN DE POZOS, A MÁQUINA, TERRENOS FLOJOS Excavación en pozos en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares. | Ocho EUROS con TREINTA CÉNTIMOS | 8,30 |

Figura 2.14: Cuadro de precios n.º 1, [2]

Como se puede comprobar, el importe que se obtiene para la unidad de obra 01.03 con el cuadro de precios n.º 2 de la Figura 2.13, es el mismo que se muestra en el cuadro de precios n.º 1 de la Figura 2.14.

⁷Los costes indirectos hacen referencia a gastos que no son imputables directamente a unidades de obra concretas, sino al conjunto de la obra (instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, almacenes, talleres, laboratorios, imprevistos...). Por otro lado, los costes directos pueden ser identificados con algún objetivo final cuyo coste se quiere estimar, ya sea este, un producto, un servicio o un proyecto. Estos costes pueden ser repercutidos directamente a un proyecto al representar un consumo de recursos exclusivo para ese proyecto.

Presupuesto parcial

Representa el coste o presupuesto de una unidad constructiva. Suelen dividirse en capítulos, y se calculan multiplicando las mediciones correspondientes a cada unidad de obra por su respectivo precio unitario obtenido en el cuadro de precios n.º 1. En la Figura 2.15 se muestra un ejemplo de cuadro de presupuesto parcial.

| CÓD. | UNID. | DESCRIPCIÓN | MEDICIÓN | PRECIO | IMPORTE |
|--|----------------|--|----------|--------|----------|
| CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | |
| 01.01 | m ² | DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO A MÁQUINA Desbroce y limpieza superficial del terreno con espesor máximo de la capa a retirar=10cm, por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares. | 2.994 | 0,46 | 1.377,24 |
| 01.02 | m ³ | EXCAVACIÓN EN VACIADOS, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación a cielo abierto, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares | 2.944 | 1,58 | 2.945,58 |
| 01.03 | m ³ | EXCAVACIÓN DE ZANJA, A MÁQUINA, EN TERRENOS FLOJOS Excavación en zanjas, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares. | 62,55 | 7,91 | 494,77 |
| 01.04 | m ³ | EXCAVACIÓN DE POZOS, A MÁQUINA, TERRENOS FLOJOS Excavación en pozos en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares. | 181,424 | 8,30 | 1.505,82 |
| 01.05 | m ³ | TRANSPORTE A VERTEDERO <10km. CARGA MECÁNICA Transporte de tierras al vertedero, a una distancia menor de 10 km., considerando ida y vuelta, con camión basculante cargado a máquina, canon de vertedero, y con p.p. de medios auxiliares, considerando también la carga | 3.419,34 | 1,25 | 4.274,18 |
| COSTE TOTAL DEL CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS=10.597,59 | | | | | |

Figura 2.15: Presupuesto parcial del capítulo 1, [2]

Presupuesto

La suma de los presupuestos parciales da el **presupuesto total de ejecución material** del proyecto (PEM). En los proyectos de promoción privada, es el presupuesto que se incluye en el proyecto. El

formato habitual del PEM es el que se muestra en la Figura 2.16 ocupando una hoja completa del documento de presupuesto. El PEM representa el **precio que le cuesta al contratista ejecutar las obras**, y es importante destacar que, debajo del presupuesto de ejecución material, se debe incluir el siguiente mensaje:

Asciende el presupuesto de ejecución material a la cantidad de ... euros (XXXX €)

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

| | |
|--|-------------------|
| CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS..... | 10.597,59 |
| CAPÍTULO 2. CIMENTACIÓN..... | 86.118,88 |
| CAPÍTULO 3. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN..... | 221.988,22 |
| CAPÍTULO 4. CUBIERTA..... | 74.490,96 |
| CAPÍTULO 5. CERRAMIENTOS Y DIVISIONES..... | 128.618,81 |
| CAPÍTULO 6. ALBAÑILERÍA..... | 24.146,62 |
| CAPÍTULO 7. CARPINTERÍA..... | 55.300,99 |
| CAPÍTULO 8. PINTURAS..... | 9.453,80 |
| CAPÍTULO 9. SEGURIDAD Y SALUD..... | 2.589,13 |
| CAPÍTULO 10. URBANIZACIÓN Y OBRA CIVIL..... | 62.055,45 |
| TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL..... | 675.360,45 |

"ASCIENDE EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA DE LA NAVE PARA ALMACÉN A LA CANTIDAD DE SEISCIENTO SETENTA Y CINCO MILTRESCIENTOS SESENTA EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS (675.360,45 €) "

Fecha

Autor del proyecto

Fdo.

Figura 2.16: Presupuesto de ejecución material, [2]

Es importante destacar también que existen otros conceptos que es obligatorio (o aconsejable) introducir dentro del citado presupuesto, como por ejemplo:

- El presupuesto de prevención de riesgos laborales.
- El denominado porcentaje del patrimonio histórico.
- El presupuesto para control de calidad.

Sobre el importe del PEM, el proyectista debe estimar los gastos generales (categoría de costes indirectos relacionados con los departamentos de staff de la empresa, tales como dirección, contabilidad, relaciones públicas, y otros que desarrollen actividades para el conjunto de la empresa), los impuestos y el beneficio industrial que el contratista ha de imputar al PEM. El valor resultante recibe el nombre de **presupuesto de ejecución por contrata** (PEC). El presupuesto de ejecución por contrata debe incluirse en los proyectos promovidos por una administración pública. El porcentaje en concepto de gastos generales varía actualmente entre un 5 % y un 25 % de los costes totales (directos e indirectos), aplicándose un 6 % en concepto de beneficio industrial del contratista. El formato en que se presenta en el documento se muestra en la Figura 2.17, ocupando una hoja completa del presupuesto. El PEC el precio que sirve de **referencia para la adjudicación y contratación** del proyecto. Como en el caso del PEM, debajo de este presupuesto de ejecución por contrata, se debe incluir el siguiente mensaje:

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS..... | 10.597,59 |
| CAPÍTULO 2. CIMENTACIÓN..... | 86.118,88 |
| CAPÍTULO 3. ESTRUCTURA DE HORMIGON..... | 221.988,22 |
| CAPÍTULO 4. CUBIERTA..... | 74.490,96 |
| CAPÍTULO 5. CERRAMIENTOS Y DIVISIONES..... | 128.618,81 |
| CAPÍTULO 6. ALBAÑILERÍA..... | 24.146,62 |
| CAPÍTULO 7. CARPINTERIA..... | 55.300,99 |
| CAPÍTULO 8. PINTURAS..... | 9.453,80 |
| CAPÍTULO 9. SEGURIDAD Y SALUD..... | 2.589,13 |
| CAPÍTULO 10. URBANIZACIÓN Y OBRA CIVIL..... | 62.055,45 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| TOTAL..... | 675.360,45 |
| 13,00 % Gastos generales..... | 87.796,86 |
| 6,00 % Beneficio industrial..... | 40.521,62 |

| | |
|--------------------|------------|
| TOTAL..... | 803.678,93 |
| 21,00 % I.V.A..... | 168.772,57 |

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA..... 972.451,50

"ASCIENDE EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA NAVE PARA ALMACEN A LA CANTIDAD DE NOVECIENTOS SETENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS (972.451,50€) "

Fecha

Autor del proyecto

Fdo.

Figura 2.17: Presupuesto de ejecución por contrata, [2]

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la cantidad de ... euros (XXXX €)

En proyectos promocionados por administraciones públicas, cuando éstos van a ser sometidos a licitación y la licitación incluye los trabajos de ingeniería, habrá que incluir los honorarios de proyectos y de dirección facultativa. Habitualmente, estos honorarios se determinan como un porcentaje del PEM, que oscila entre el 4 y el 10 %. Al igual que con el PEM y el PEC, debajo de este presupuesto de ejecución por contrata, se debe incluir el siguiente mensaje:

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con honorarios a la cantidad de ... euros (XXXX €)

2.4. Informes técnicos

Entre las definiciones del término **informe** que aparecen en la RAE [13], se encuentra:

Descripción, oral o escrita, de las características y circunstancias de un suceso o asunto.

En el caso concreto de un **informe técnico**, se trata de una **comunicación verbal o escrita** que tiene por objetivo: **exponer o relacionar hechos**, observaciones; **describir** cualquier objeto o su funcionamiento; **analizar las situaciones** o explicar las circunstancias observadas en el reconocimiento de una cuestión, siempre y cuando se haga de **forma rigurosamente objetiva**. Se extiende a muchos trabajos técnicos que no están relacionados con "diseñar" algo (sin incluir planos, cálculos complejos, etc.), sino únicamente **informar de manera realista** para proporcionar información clara y precisa sobre un tema particular para respaldar la toma de decisiones o la resolución de problemas; también puede servir para comunicar los resultados de investigaciones, experimentos, análisis o evaluaciones. Un informe técnico es **vinculante** y debe cumplir las siguientes características:

- Debe estar **bien estructurado**, es decir, estar ordenado de manera lógica, encadenada y concatenada.
- Debe ser claro, conciso, preciso y concreto, **sin divagaciones**, reiteraciones ni opiniones personales.
- Debe ser de lectura fácil y amena, siguiendo una redacción elegante pero directa y adecuando el contenido al lector.
- El **título** debe definir y delimitar claramente el contenido.
- Al enviarlo, es recomendable adjuntar una **carta de acompañamiento** (física o por e-mail) para resumir y presentar de manera efectiva la información clave del informe, así como para establecer una conexión personal con el destinatario. Un esquema habitual es el siguiente (ver Figura 2.18):
 1. Destinatario: nombre y dirección
 2. Referencia: código alfanumérico del informe
 3. Remitente: nombre y dirección
 4. Fecha de entrega
 5. Inicio: *Estimado Sr./Sra. APELLIDO:*
 6. Asunto: *Dando respuesta a su petición de fecha XXX, adjunto se remite informe sobre...*
 7. Saludo y despedida: *Reciba un cordial saludo, atentamente:*
 8. Firma

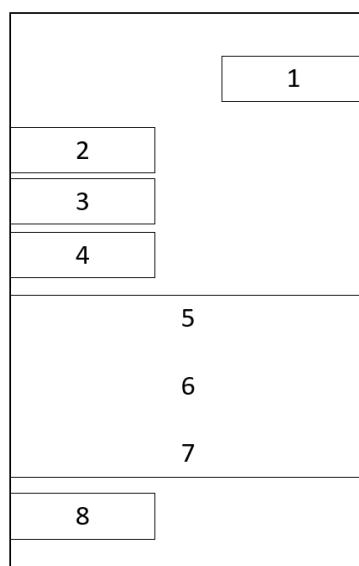


Figura 2.18: Modelo de carta de acompañamiento de un informe técnico

En general, un informe suele contener las siguientes partes:

- **Portada.** Contiene el título del informe, el autor, la fecha y referencia del informe (si se tiene), así como cualquier otra información que se considere relevante.
- **Resumen.** Muestra la “esencia” del informe completo, pero sin entrar en detalles concretos, proporcionando así una visión general de los puntos clave y las conclusiones (objetivos principales, alcance del trabajo, metodología, resultados principales...). Se redacta una vez concluido el informe, sin incluir referencias bibliográficas.
- **Introducción.** Se presenta el propósito y el alcance del informe, así como el contexto, los antecedentes del tema y la estructura del resto del informe.
- **Exposición del trabajo.** Se redacta siguiendo un tono objetivo, se tienen que evitar las formas en primera persona y, por supuesto, los vulgarismos. Se recomienda que cada frase explique una idea. La exposición suele incluir las siguientes secciones:

- **Metodología.** Se describen los métodos utilizados para recopilar y analizar los datos, así como los procedimientos y técnicas empleados en el estudio. Se pueden incluir detalles sobre las fuentes de información utilizadas para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados.
- **Resultados.** Se presentan los hallazgos del análisis realizado. Se pueden utilizar gráficos, tablas u otros recursos visuales para ayudar a ilustrar los resultados de manera clara y comprensible. Debe ser objetivo y basado en evidencias, y puede incluir comparaciones, tendencias, relaciones o cualquier otro tipo de análisis relevante para el problema abordado.
- **Conclusiones.** Se resumen las principales conclusiones que se han obtenido tras el análisis de datos presentado en los resultados. Se incluye aquí la firma del técnico redactor.
- **Referencias.** Si se utilizaron fuentes externas durante el proceso, se deben citar en esta sección utilizando el formato adecuado. Se pueden incluir libros, artículos, documentos técnicos, normativa...
- **Anexos.** Se incluye cualquier información adicional que pueda resultar relevante, como cálculos adicionales, descripciones extensas detalladas, datos...

Es importante destacar que la estructura y el contenido exactos de un informe técnico pueden variar dependiendo del campo de estudio o de la organización que lo solicite, pero en general, estos elementos proporcionan una base sólida para su elaboración. Pueden realizarse informes en muy diversos contextos, destacando:

- **Proyectos de ingeniería.** En el ámbito de la ingeniería, los informes técnicos son comunes durante todas las etapas de un proyecto, desde la planificación hasta la ejecución y el mantenimiento. Estos informes pueden abordar temas como el diseño y cálculo de estructuras, análisis de viabilidad, informes de avance, evaluación de riesgos, entre otros.
- **Evaluación de proyectos.** En el contexto de la evaluación de proyectos, los informes técnicos son utilizados para analizar la viabilidad y el rendimiento de un proyecto propuesto. Estos informes pueden incluir análisis de costos y beneficios, evaluación de riesgos, estimación de plazos, análisis de impacto ambiental, etc. Proporcionan información técnica y recomendaciones para tomar decisiones informadas sobre la implementación o continuidad de un proyecto.
- **Investigación científica.** Los informes técnicos son esenciales en el ámbito de la investigación científica. Los científicos y los investigadores escriben informes técnicos para documentar y comunicar sus hallazgos, describir los métodos y procedimientos utilizados, y presentar conclusiones basadas en datos y análisis. Estos informes pueden ser publicados en revistas científicas, presentados en conferencias o utilizados para solicitar financiamiento para futuras investigaciones.
- **Dictámenes.** Son informes elaborados por expertos o profesionales especializados en un campo específico (como medicina, contabilidad, ingeniería, etc.) y proporcionan una opinión fundada y experta sobre un tema en particular, basándose en conocimientos técnicos y científicos. Los dictámenes pueden ser solicitados por tribunales, abogados u otras partes interesadas en un caso legal para respaldar una argumentación o aclarar puntos técnicos.
- **Peritaciones.** Son procedimientos en los que un perito (experto) evalúa y emite un informe sobre un asunto técnico o científico. El perito examina evidencias, recopila datos, realiza análisis y evaluaciones especializadas para proporcionar una opinión experta en relación con un caso legal. Las peritaciones son comunes en casos de litigio y pueden abarcar diferentes áreas (medicina forense, ingeniería, contabilidad, etc.).
- **Reconocimientos.** Son inspecciones o visitas realizadas por expertos profesionales para evaluar y recopilar información sobre una situación o un lugar específico. Estos reconocimientos pueden ser solicitados por tribunales, abogados o partes interesadas en un caso legal. Durante el reconocimiento, se pueden tomar fotografías, realizar mediciones, recopilar muestras, observar condiciones físicas, etc., con el objetivo de obtener datos relevantes que respalden la argumentación legal.
- **Inspecciones.** Son procedimientos en los que se verifica y evalúa el cumplimiento de ciertas normas, regulaciones o requisitos legales. Las inspecciones pueden ser realizadas por autoridades gubernamentales, entidades reguladoras o inspectores designados para garantizar el cumplimiento

de estándares específicos en áreas como la salud y seguridad, medio ambiente, construcción, entre otros. Los informes de inspección detallan los hallazgos y pueden dar lugar a acciones legales o sanciones.

- **Arbitrajes.** El arbitraje es un procedimiento alternativo de resolución de disputas en el que las partes en conflicto acuerdan someter su disputa a un árbitro o un panel de árbitros en lugar de recurrir a un tribunal. Durante el arbitraje, las partes presentan sus argumentos y pruebas, y los árbitros emiten un fallo que resuelve la disputa. Los laudos arbitrales son considerados vinculantes y tienen fuerza legal.

Anexo

2.A. Legislación y Normativa

2.A.1. Introducción

La realización de un proyecto industrial implica la necesidad de cumplir unas directrices de procedencia muy variada (organismos nacionales, regionales o internacionales), que están destinadas generalmente tanto a garantizar la seguridad de las instalaciones proyectadas, como a otros aspectos, tales como los medioambientales.

Las disposiciones legales de este tipo se dan en todos los países, pero España tiene algunas peculiaridades que hacen que la observación de estas reglas sea más complicado de lo que sería de desear: la dispersión de las administraciones (estatal, autonómica y local) y las dificultades de interpretación, que en muchas ocasiones llega a tener un marcado carácter personalista en función de los interlocutores correspondientes.

Debido a la abundancia y diversidad de la legislación aplicable a proyectos de instalaciones industriales, es complicado realizar una clasificación sistemática. No obstante, es posible realizar una clasificación atendiendo a los elementos más relevantes de un proyecto. Se pueden distinguir cinco grandes grupos:

- **Medio ambiente.** Normativa genérica, contaminación atmosférica, aguas y efluentes, ciclo de vida, residuos sólidos y ruidos.
- **Instalaciones mecánicas.** Instalaciones de agua, calefacción, refrigeración, climatización, plantas frigoríficas, incendios, aparatos a presión, aparatos elevadores, combustibles, etc.
- **Instalaciones eléctricas.** Líneas de alta tensión, acometidas, centrales eléctricas, instalaciones de baja tensión, etc.
- **Infraestructuras y edificación.** Código técnico de la edificación y legislación complementaria, etc.
- **Seguridad y salud.** Riesgos en el trabajo.

Las Comunidades Autónomas han desplegado una gran actividad legislativa que, con frecuencia, **se sobrepone a la estatal con exigencias más detalladas o complementarias**. Las **administraciones locales** también poseen legislación a tener en cuenta. La legislación europea, en forma de directivas, es trasladada a la legislación estatal con **cierto retraso**, pero su conocimiento permite adelantarse a estas exigencias mejorando la situación legal del proyecto de cara a un futuro próximo.

La mayor parte de la legislación aplicable a los **proyectos de instalaciones industriales** corresponde a los ministerios de INDUSTRIA y TRANSICIÓN ECOLÓGICA (ENERGÍA), aunque existen disposiciones aplicables en otros ministerios como FOMENTO, TRABAJO, MEDIO AMBIENTE, etc. Es conveniente, no obstante, que el ingeniero proyectista consulte previamente los criterios de aplicación de las distintas disposiciones con aquellos técnicos de la administración que tengan que ver con la supervisión, control y visto bueno del proyecto. Aunque, como ingenieros, estos aspectos legislativos parezcan ajenos, hacemos patente su importancia, ya que si no se tratan adecuadamente pueden ocasionar graves trastornos en el desarrollo normal del proyecto y, muy especialmente, en el plazo de ejecución.

Como soy ingeniero, no quiero saber nada de leyes, legislación, normativa ni administraciones públicas.

Como soy ingeniero, no tengo más remedio que saber de leyes, legislación, normativa y administraciones públicas, y cuanto más, ¡mejor!

2.A.2. Administraciones públicas

El **Tratado de la Unión Europea**, también conocido como Tratado de Lisboa, es uno de los tratados fundamentales que establecen la **estructura y el funcionamiento de la Unión Europea** (UE). Fue firmado en Lisboa, Portugal, el 13 de diciembre de 2007 y entró en vigor el 1 de diciembre de 2009. Este tratado establece que las instituciones de la UE son [14]:

- **Parlamento Europeo:** Representa a los ciudadanos europeos y desempeña un papel en la legislación, el control democrático y el presupuesto. Es elegido por sufragio directo cada 5 años.
- **Consejo Europeo:** Reúne a los líderes de los Estados miembros y establece las orientaciones políticas generales de la UE.
- **Comisión Europea:** Es el órgano ejecutivo de la UE y propone legislación, gestiona políticas y ejecuta decisiones. Representa los intereses de la UE en su conjunto.
- **Consejo de la Unión Europea:** Reúne a ministros de los Estados miembros para adoptar leyes y coordinar políticas. Aprueba la legislación junto con el Parlamento.
- **Tribunal de Justicia de la Unión Europea:** Garantiza la interpretación y aplicación uniforme del derecho de la UE.
- **Banco Central Europeo:** Responsable de la política monetaria en la zona euro.

Los tipos de normativa desarrollados por la UE son:

- **Reglamento.** Tiene carácter de norma, es obligatorio en todos sus elementos y de obligado cumplimiento en todos los estados.
- **Directiva.** Presenta unos objetivos a lograr, sin especificar los medios. Es de obligado cumplimiento en los estados a los que va dirigida, aunque cada estado establece su norma.
- **Decisión.** Sirve para legislar casos particulares, por lo que sus destinatarios son individuales. Es obligatoria en todos sus elementos.
- **Recomendación y Dictamen.** Son instrumentos no vinculantes utilizados para transmitir orientaciones o evaluaciones. Una recomendación sugiere acciones o políticas (invitación para una actuación), mientras que un dictamen proporciona una opinión o evaluación sobre una situación específica. Ambos instrumentos tienen un efecto político y pueden influir en las decisiones de los Estados miembros, pero no crean obligaciones legales en sí mismos.

A nivel nacional, la Constitución Española [15] separa los poderes nacionales en tres:

- **Poder legislativo.** Se encargan de legislar, lo constituyen las Cortes Generales, siendo en el caso español un sistema bicameral (Congreso y Senado). El Congreso es el que inicia el procedimiento legislativo, debatiendo y redactando las leyes, mientras que el Senado no puede proponer leyes, sino revisarlas y proponer cambios.
- **Poder ejecutivo.** Se encargan de hacer cumplir las leyes aprobadas por el poder legislativo (gobiernos).
- **Poder judicial.** Se encargan de administrar la justicia (jueces y juzgados).

La comunicación de las administraciones públicas es a través de:

- Boletines oficiales.
 - **Boletín Oficial del Estado (BOE).** Diario oficial nacional dedicado a la publicación de leyes, disposiciones y actos de inserción obligatoria [16].
 - **Diario Oficial de Castilla-La Mancha (DOCM).** Diario oficial de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha dedicado a la publicación de determinadas leyes, disposiciones y actos de inserción obligatoria [17].
 - **Boletín Oficial de la Provincia de Albacete (BOP)** [18].
- Notificaciones individuales.

- Tablones de anuncios, prensa.

Hay que tener en cuenta que no todas las legislaciones tienen la misma categoría. En una primera aproximación, se puede clasificar la legislación nacional en cuatro categorías que, de mayor a menor importancia, quedan de la siguiente manera:

- **Ley.** Aprobada por las cortes y sancionada y promulgada por el Rey. Es una norma donde se manda o prohíbe algo, que emana del poder legislativo. Entre sus características destacan las siguientes:

- Obligatoriedad: una parte manda y otra obedece. En caso de no obedecer, hay sanción.
- Permanencia: indefinido hasta derogación.
- Abstracta e impersonal: generalidad.
- Se reputa conocida.

Debe destacarse también que en España existen **leyes orgánicas** y **leyes ordinarias**. Las primeras se utilizan para regular materias que están especialmente protegidas por la Constitución Española, incluyendo derechos fundamentales, la estructura de las instituciones del Estado, el funcionamiento de las Cortes Generales, las elecciones, el poder judicial, las autonomías.... En general, se refieren a aspectos fundamentales de la organización política y social del país, y se aprueban mediante **mayoría absoluta** (al menos la mitad más uno de los miembros presentes en ambas cámaras debe votar a favor⁸). Las leyes ordinarias se utilizan para regular todas las demás materias no protegidas por la Constitución, como regulaciones económicas, sociales, culturales, medioambientales y otros asuntos de interés general; se aprueban mediante **mayoría simple** (más diputados/senadores deben votar a favor que en contra, sin necesidad de alcanzar una mayoría absoluta⁹).

- **Real Decreto.** Aprobado por el Gobierno y promulgado por el Rey (a esta categoría pertenecen los **reglamentos**). Aún subsisten algunos documentos anteriores a la monarquía que son decretos. No puede regular determinadas materias que solo pueden ser reguladas por leyes, según establece la Constitución.
- **Orden Ministerial.** Firmada por el Ministro, es una norma que emana de cualquiera de los Ministros del Gobierno, a nivel individual: las dictan los ministros en los asuntos propios de su departamento y las comisiones delegadas del Gobierno.
- **Resolución.** Es la disposición de menor rango. Se trata de una disposición administrativa que puede ser de carácter general o específico y dictada por algún órgano de la administración.

Se quiere destacar también que las disposiciones legales se estructuran en dos partes:

- **Expositiva.** Expresa los argumentos legales, sociales, económicos, etc., que amparan y justifican la norma que se cita.
- **Dispositiva.** Desarrolla la norma legal en forma de articulado, estableciendo, por tanto, los conceptos de obligatorio cumplimiento.

2.A.3. Disposiciones técnicas

Existen numerosas disposiciones técnicas aplicables a los proyectos, obligatorias o no. Se pueden agrupar de la manera siguiente:

- **Reglamentos.** Constituyen la normativa técnica por excelencia, en lo que a redacción de proyectos se refiere. Es una colección ordenada de preceptos que, por autoridad competente, se da para la ejecución de una ley o para el régimen de una corporación, una dependencia o un servicio. En el campo técnico es obvio que los preceptos y especificaciones que contengan los reglamentos serán de carácter técnico. Por ejemplo, en la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria [19], se encuentra la siguiente definición:

⁸Si hay 50 diputados/senadores, debe haber 25 que voten a favor; si hay 51, debería haber 26 a favor.

⁹Siguiendo el caso anterior, si hay 50 diputados/senadores, se aprobaría la ley si 20 están a favor, 15 en contra y hay 15 abstenciones.

Reglamento técnico es la especificación técnica relativa a productos, procesos o instalaciones industriales, establecida con carácter obligatorio a través de una disposición, para su fabricación, comercialización o utilización.

- **Instrucciones.** Los Reglamentos pueden incorporar, para un mayor detalle técnico y en forma de guía de aplicación, una serie de instrucciones técnicas complementarias (ITC), que se considera que constituyen las guías que se han de observar para conseguir el nivel de seguridad factible con el estado de la técnica en un momento dado. Junto a los reglamentos, constituyen la normativa técnica por excelencia, en lo que a redacción de proyectos se refiere.
- **Pliegos de prescripciones técnicas generales.** Se refiere a un conjunto de especificaciones y requisitos técnicos que se establecen para guiar la ejecución de un proyecto, la adquisición de bienes o servicios, o cualquier otro tipo de actividad que requiera cierto nivel de estándares técnicos. En [20] se pueden ver ejemplos de pliegos de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes y para obras de conservación de carreteras.
- **Normas Técnicas.** En la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria [19] se encuentra una definición ajustada al campo técnico en los siguientes términos:

Norma técnica es la especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada, cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba un organismo reconocido, a escala nacional o internacional, por su actividad normativa.

De aquí se deduce que se elaboran por consenso de fabricantes, usuarios, asociaciones... basándose en resultados de la experiencia y que quedan aprobadas por algún organismo de normalización (nacional, europeo o internacional).

- **Recomendaciones.** Publicaciones nacidas de la experiencia de ciertos órganos de la administración, en cuanto a redacción de proyectos se refiere. Su finalidad es orientar, tanto al funcionario como al profesional que haya contratado la elaboración de un determinado proyecto con la administración. Tienen todas las características de la instrucción (menos su carácter obligatorio).
- **Colecciones oficiales.** Presentan al técnico una gama de soluciones para definir un determinado proyecto. No son obligatorias.

2.A.4. Normalización

La **normalización** es un compromiso plasmado en un documento técnico, mediante el cual fabricantes, usuarios y administración, acuerdan las características técnicas que deberá reunir un producto o servicio. De ese modo, las empresas, las instituciones, los estados y organismos nacionales e internacionales son los responsables del establecimiento de normas referentes a distintos aspectos de la actividad humana. Por tanto, los objetivos de la normalización son los siguientes [2]:

- Facilitar la comunicación, unificando el vocabulario, mediante el establecimiento de definiciones concretas.
- Simplificar las actividades, los procesos y los productos, unificando las formas y dimensiones, lo cual conduce al perfeccionamiento y economización de los productos, beneficiando al fabricante, al consumidor y a la sociedad entera.
- Buscar la seguridad, la protección de la salud y la salvaguarda de la vida y de los bienes.

La normalización permite el aseguramiento de la calidad a través de (Figura 2.A.1):

- **Simplificación.** Consiste en reducir a un mínimo compatible con la aptitud de empleo, las operaciones, movimientos, variedades de productos y materiales inútiles. Con la simplificación se obtiene la economía de materias primas y de tiempo, permitiendo la fabricación de grandes series y favoreciendo la catalogación. En resumen, se busca encontrar lo más adecuado a cada situación.
- **Tipificación/Unificación.** Consiste en adoptar soluciones tipo, eliminando las variedades o los modelos superfluos y seleccionando aquellos que posean las mejores características respecto de la aptitud de empleo y fabricación. La tipificación posibilita el intercambio de elementos y conjuntos y, con ello, la fabricación de grandes series y la posibilidad de disponer de recambios.

- **Definición.** Consiste en precisar, prescribir o especificar las características de los materiales, productos, procesos y servicios. Al definir se establece la garantía de calidad por identificación de las características exigidas, eliminando toda indeterminación.

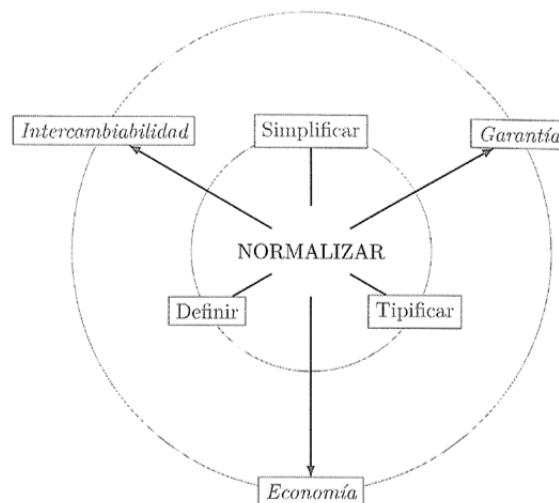


Figura 2.A.1: Aseguramiento de la calidad debido a la normalización

La normalización constituye uno de los parámetros esenciales del desarrollo económico de un país y, por ello, deben ser actualizadas continuamente de acuerdo con el desarrollo socio-económico. Aun siendo necesaria la normalización, son numerosas las cuestiones que surgen en torno a esta actividad, tales como:

- Hasta qué punto se debe normalizar un producto o un proceso, con qué flexibilidad, adaptabilidad, si ha de ser modificable, en qué ámbito...
- Cuál es el sentido de elaboración de una norma: ha de ser de abajo hacia arriba (es decir, que primero normalicen las empresas, después las instituciones y por último los estados y los órganos internacionales), o viceversa.
- Con qué nivel de exigencia: debe ser obligatoria que en caso de incumplimiento conlleve una sanción, o sencillamente recomendatoria.
- Hasta qué punto es importante que exista una homogeneidad de normas en los diferentes ámbitos geográficos: ¿no es mejor que, al menos para ciertos temas, cada territorio tenga sus propias normas?
- ¿No es verdad que una normalización excesiva o inadecuada acota el desarrollo creativo de los profesionales y de las empresas?

Los **organismos de normalización** son aquellas asociaciones responsables de regular la actividad normalizadora en su país y coordinarla a nivel internacional y regional. Destacan los siguientes:

AENOR Asociación española de normalización y certificación

ISO International organization for standardization

CEN Comité europeo de normalización

CENELEC Comité europeo de normalización electrotécnica

CEI Comité electrotécnico internacional

ETSI Instituto europeo de normalización de las telecomunicaciones

La **certificación** es la acción llevada a cabo por una entidad reconocida como independiente de las partes interesadas, mediante la que se manifiesta que se dispone de la confianza adecuada en que un producto, proceso o servicio debidamente identificado, es conforme con una norma u otro documento normativo especificado.

2.A.5. Reglamentos de seguridad industrial

Legislación nacional

Los reglamentos de seguridad industrial establecen:

- Las **condiciones técnicas o requisitos de seguridad** que, según su objeto, deben reunir las instalaciones, los equipos, los procesos, los productos industriales y su utilización, así como los procedimientos técnicos de evaluación de la conformidad con las referidas condiciones o requisitos.
- Las medidas que los titulares deban adoptar para la **prevención, limitación y cobertura de los riesgos** derivados de la actividad de las instalaciones o de la utilización de los productos.
- Las **condiciones de equipamiento, los medios y capacidad técnica** y, en su caso, las autorizaciones exigidas a las personas y empresas que intervengan en el proyecto, dirección de obra, ejecución, montaje, conservación y mantenimiento de instalaciones y productos industriales.
- Las instalaciones, equipos y productos industriales deberán estar construidos o fabricados de acuerdo con lo que prevea la correspondiente reglamentación, que podrá establecer la obligación de comprobar su funcionamiento y estado de conservación o mantenimiento mediante inspecciones periódicas.
- Los reglamentos de seguridad podrán **condicionar el funcionamiento** de determinadas instalaciones y la utilización de determinados productos a que se acredite el cumplimiento de las normas reglamentarias, en los términos que las mismas establezcan.

El cumplimiento de las exigencias reglamentarias en materia de seguridad industrial, sin perjuicio del control por la administración pública, se probará por alguno de los siguientes medios, de acuerdo con lo que establezcan los reglamentos que resulten aplicables:

- Declaración del titular de las instalaciones y, en su caso, del fabricante, su representante, distribuidor o importador del producto.
- Certificación o acta de organismo de control, instalador o conservador autorizados o técnico facultativo competente.
- Cualquier otro medio previsto en el derecho comunitario.

Dicha prueba podrá servir de base para las actuaciones de la administración competente previstas en los correspondientes reglamentos.

La seguridad industrial no acaba con la puesta en servicio de las instalaciones y equipos, sino que exige que estos requisitos de seguridad **se mantengan durante toda su vida útil**, para lo cual los titulares deben acometer una labor preventiva basada en la realización de una adecuada conservación o mantenimiento de estas instalaciones y equipos, en general, con la participación de empresas instaladoras. Además, existe la obligatoriedad de comprobar el funcionamiento y estado de conservación o mantenimiento de las instalaciones y equipos mediante la **realización de inspecciones periódicas** que acrediten que continúan cumpliendo los requisitos de seguridad exigibles en materia de seguridad industrial.

A nivel nacional, destacan los siguientes reglamentos de seguridad industrial:

RD2291/1985 Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención de los mismos

RD1027/2007 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios

RD1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior

RD0223/2008 Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

RD0842/2002 Reglamento electrotécnico para baja tensión

RD0337/2014 Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión

RD0919/2006 Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos

RD0552/2019 Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias

RD0379/2001 Reglamento de almacenamiento de productos químicos

RD1942/1993 Reglamento de Instalaciones de protección contra Incendios

RD2267/2004 Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

RD0809/2021 Reglamento de equipos a presión

Directivas europeas

Recuérdese que una **directiva** presenta unos objetivos a lograr, sin especificar los medios (ver Sección 2.A.2). Dado que uno de los pilares básicos de la Unión Europea es la libre circulación de mercancías, es necesario que existan normativas comunes aplicables a los productos industriales entre los Estados Miembros. Para ello, aparecieron las **Políticas de Nuevo Enfoque**, que establecen [21]:

- Una **armonización legislativa** de lo que se exige que cumpla cada producto, conocido como *Requisitos Esenciales*, en defensa de la seguridad, salud e intereses económicos de los consumidores.
- La creación de un **entorno técnico común** que permita la confianza mutua entre los Estados Miembros, de modo que los ensayos y certificados realizados en cualquiera de ellos tenga la misma validez legal.

Algunas de las directivas de nuevo enfoque relacionadas con la seguridad industrial son las siguientes [22]:

2014/35/UE Baja Tensión

2014/29/UE Recipientes a Presión Simples

2014/30/UE Compatibilidad Electromagnética

89/686/CEE Equipos de Protección Individual

2009/142/CE Aparatos de Gas

92/42/CEE Calderas Nuevas de Agua Caliente Alimentadas con Combustibles Líquidos y Gaseosos

2014/28/UE Puesta en el Mercado y el Control de los Explosivos con Fines Civiles

2014/34/UE Aparatos y Sistemas de Protección para Uso en Atmósferas Potencialmente Explosivas

2014/33/UE Ascensores

2014/68/UE Equipos a Presión

2006/42/CE Máquinas

2014/53/EU Equipos Radioeléctricos

...

2.A.6. Leyes sectoriales

La normativa sectorial regula de manera específica el ámbito material de ejercicio de competencias de cada departamento. En el ámbito industrial, destacan las siguientes:

- **Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del sector eléctrico.** Regula las actividades destinadas al suministro de energía eléctrica, consistentes en su generación, transporte, distribución, servicios de recarga energética, comercialización e intercambios intracomunitarios e internacionales, así como la gestión económica y técnica del sistema eléctrico [23].
- **Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos.** Regula el régimen jurídico de las actividades relativas a los hidrocarburos líquidos y gaseosos [24].

Referencias

- [1] M. Socorro García Cascales. *Proyectos de Ingeniería*. 2012.
- [2] Ana María Nieto Morote y Francisco de Asís Ruz Vila. *Proyectos de Ingeniería*. <https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=140&topic=3>. 2013.
- [3] Decreto 1998/1961, de 19 de octubre, por el que se aprueban las tarifas de honorarios de los Ingenieros en trabajos a particulares. Boletín Oficial del Estado, 1961.
- [4] UNE 157001:2014 — Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. Una Norma Española, 2015.
- [5] UNE 50132:1994 — Documentación. Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos. Una Norma Española, 1994.
- [6] UNE-ISO 10006:2018 — Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos. Una Norma Española, 2018.
- [7] Adobe Color. Colores seguros para daltónicos. <https://color.adobe.com/es/create/color-accessibility>.
- [8] UNE-EN ISO 7200:2004 — Documentación técnica de productos. Campos de datos en bloques de títulos y en cabeceras de documentos. Una Norma Española, 2004.
- [9] UNE-EN ISO 129:2019 — Documentación técnica de los productos (TPD). Representación de dimensiones y tolerancias. Parte 1: Principios generales. Una Norma Española, 2019.
- [10] UNE 1027:1995 — Dibujos técnicos. Plegado de planos. Una Norma Española, 1995.
- [11] UNE 5455:1996 — Dibujos técnicos. Escalas. Una Norma Española, 1996.
- [12] UNE 82100:1996 — Magnitudes y unidades. Parte 6: Luz y radiaciones electromagnéticas conexas. Una Norma Española, 1996.
- [13] Real Academia Española. <https://dle.rae.es/>.
- [14] Tratado de la Unión Europea. <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/treaty-on-european-union.html>.
- [15] Constitución Española. “Constitución española”. En: Boletín Oficial. Del Estado 311 (1978), págs. 29313-29424.
- [16] Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/>.
- [17] Diario Oficial de Castilla-La Mancha. <https://docm.jccm.es/docm/>.
- [18] Boletín Oficial de la Provincia de Albacete. <http://www.dipualba.es/WebBop/?s=i>.
- [19] Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria. Boletín Oficial del Estado, 1992.
- [20] Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales. <https://www.mitma.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/17-pliegos-de-prescripciones-tecnicas-generales>.
- [21] Introducción al mercado “CE”. Directivas de Nuevo Enfoque. <https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/MT08-Introduccion-al-marcado.pdf>.
- [22] Directivas europeas de Nuevo Enfoque. <https://www.marcado-ce.com/directivas-europeas-de-nuevo-enfoque.html>.
- [23] Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Boletín Oficial del Estado, 2013.
- [24] Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos. Boletín Oficial del Estado, 1998.

Capítulo 3

Evaluación Económica y Financiera

3.1. Introducción: Estudios de viabilidad

El estudio de viabilidad, también conocido como “estudio previo” o “estudio preliminar” (primera fase de un proyecto, como se especificó en el Tema 1), sirve para comprobar que **existen soluciones** que cumplen los objetivos definidos en el planteamiento inicial del proyecto, y determinar que son viables a todos los niveles, es decir:

- Físicamente (técnicamente)
- Legalmente
- Socialmente
- Económica – financieramente
- Medioambientalmente

Además, permite obtener una visión global del proyecto, conociéndolo en su conjunto, obteniendo posibles soluciones y estudiando la viabilidad de las diferentes soluciones analizadas. Es necesario comprobar que el proyecto es viable, puesto que, en caso de no serlo, **no se sigue adelante** con el desarrollo del mismo. Por tanto, es necesario analizarlo desde una perspectiva multicriterio, que englobe los aspectos económico-financieros, técnicos, sociales y ambientales. Entre estos cinco aspectos, el **nivel técnico** es prioritario al resto. Tras el estudio, se puede llegar a la conclusión de que el proyecto:

- No es viable.
- Entre todas las alternativas analizadas, solo 1 es viable (o 1 de ellas destaca sobre el resto).
- Hay varias alternativas viables, en cuyo caso habrá que determinar la “óptima”.

La importancia del estudio de viabilidad previo a la ejecución de los proyectos es evidente, ya que, al incorporar recursos escasos, **su utilización en unos impide la posible realización de otros**, quizá más ventajosa. Por otra parte, la inversión tiene **cárcáter irreversible**, de manera que, una vez realizada, si no se ha previsto adecuadamente la rentabilidad, puede llegar incluso a ser la ruina de la empresa o, como mínimo, una **pérdida de oportunidades** en proyectos mucho más interesantes. Si el estudio de viabilidad es completo, incluye una serie de estudios de distinto tipo, como son: **estudio de mercado, tamaño del proyecto, procesos aplicables, tecnología, localización, emplazamiento, impacto ambiental, estimación de la inversión, financiación, presupuesto de ingresos y gastos, etc.**

Los dos estudios de viabilidad más utilizados son:

- **Estudio de viabilidad técnica.** Se encarga de resolver todo lo concerniente a la **instalación y funcionamiento del proyecto**, identificando posibles soluciones técnicas del proyecto y su evaluación. Se deben definir una serie de parámetros a partir de los cuales se efectúa la evaluación y posterior selección de la solución más adecuada, como pueden ser:

- Coste de producción asociado
- Capacidad de la planta
- Calidad del producto
- Coste de la inversión

La selección que se tomará será la que suponga la mejor combinación de la **relación entre costes de inversión y costes de producción**. Para esta asignatura, se va a considerar que el proyecto que quiere realizarse es viable técnicamente.

- **Estudio de viabilidad económico-financiera.** Se detalla en el resto de este tema.

3.2. Viabilidad económico-financiera

Una vez se sabe que el proyecto es viable técnicamente, lo habitual es que el **criterio de selección** entre las distintas alternativas posibles de inversión sea fundamentalmente económico, ya que el objetivo principal de las empresas es la obtención de beneficios. Así, el concepto de **rentabilidad** viene asociado a la relación entre beneficios obtenidos e inversión necesaria para la obtención de dichos beneficios. La fórmula de la rentabilidad es:

$$R = 100 \cdot \left(1 - \frac{C}{P} \right) \quad (3.1)$$

donde R es la rentabilidad del proyecto (en %), C son los costes incurridos en su realización (en unidades monetarias) y P es el precio (o presupuesto) predefinido (también en unidades monetarias). Por tanto, la rentabilidad económica se puede definir como los **beneficios por unidad monetaria invertida**:

- La **viabilidad económica** estudia la rentabilidad económica del proyecto como indicador de su grado de atractivo para decidir la conveniencia o no de llevarlo a cabo.
- La **viabilidad financiera**, en caso de que *los recursos propios no sean suficientes* o no sea conveniente su utilización exclusiva, estudia la posibilidad de obtención de recursos externos, ya sea de entidades financieras o de otro tipo.

Ejemplo 3.1 Si se destinan 70 h de trabajo para la realización de un proyecto, con un coste por hora de 50 €, más 100 € en concepto de desplazamientos y dietas, y el presupuesto total del proyecto son 6.000 €, ¿cuál es la rentabilidad del proyecto?

Sol.: $R = 40\%$



3.2.1. Conceptos básicos

- **Inversión:** En general, invertir es **renunciar a unas satisfacciones inmediatas** y ciertas a cambio de unas expectativas, es decir, de unas esperanzas de **beneficios futuros**. En un contexto empresarial, las renuncias y satisfacciones se medirán en unidades monetarias, por lo cual se entenderá en este caso por inversión todo proceso que implique unos **pagos** más o menos **inmediatos** y unos **cobros futuros**.
- **Ingresos y Gastos vs. Cobros y Pagos:** Para evaluar económicamente una inversión, los datos básicos son los instantes en que se producen **entradas y salidas de dinero** y los importes de estos movimientos. Los ingresos y gastos se producen cuando **se reconoce la obligación** de pagar de una parte a otra, mediante un contrato o una factura. Los cobros y los pagos son los **movimientos efectivos** de dinero. Puede ocurrir que un proyecto tenga un volumen de ingresos que permita afrontar los gastos necesarios, pero **si los pagos y los cobros no están bien temporizados, pueden originarse graves problemas de tesorería y financiación**. En definitiva, son tan importantes las cantidades como los tiempos asociados.
- **Costes fijos:** Costes que no varían prácticamente con el volumen de producción o carga de trabajo, y en los que se debería seguir incurriendo aún en el supuesto de que la carga de trabajo fuese nula. Entre ellos, se encuentran los costes de seguros, alquiler, impuestos y gestión de la empresa. Estos costes constituyen la parte más importante de los **costes indirectos**.

- **Costes variables:** Costes que son incurridos en función de la carga de trabajo, sea esta un volumen de producción o un nivel de prestación de servicio. Normalmente, son **costes directos**, aunque pueden tener un componente indirecto.
- **Horizonte:** Desde el punto de vista económico, la vida de un proyecto es el **tiempo durante el cual se producirán cobros y pagos**; a este tiempo se le denomina **horizonte de la inversión** y puede no coincidir con la vida del proyecto desde el punto de vista técnico. Por ejemplo, una empresa decide construir una planta de energía solar, con un horizonte económico proyectado de 10 años (para recuperar la inversión y obtener beneficios durante 10 años a partir del momento en que la planta comience a operar). Sin embargo, la vida técnica útil de los paneles solares y otros componentes de la planta podría ser más larga, 25 o 30 años, aunque desde el punto de vista económico puede dejar de ser rentable (por ejemplo, por cambios en la normativa, depreciación de los equipos, aumento de mantenimiento...).
- **Periodo:** Aunque cobros y pagos pueden tener lugar en cualquier instante, en la práctica el horizonte se considera dividido en **períodos de igual duración** (tales como un año, un mes, etc.) y normalmente se tratan todos los cobros y pagos de un período como si tuvieran lugar en el **instante final del mismo**.
- **Presupuesto de inversión:** Es la cantidad de dinero necesaria para poner en pie el objeto del proyecto. Es algo previo al funcionamiento del proyecto, pero es todo el dinero **necesario para poner en marcha lo proyectado**. El presupuesto de inversión **real** se conocerá una vez construido o fabricado totalmente el objeto del proyecto.
- **Balance de situación:** Situación patrimonial¹ en una fecha concreta, donde los *activos* se refieren a los recursos de que dispone una empresa para realizar sus operaciones y los *pasivos* son las deudas y obligaciones de la empresa.

El activo puede clasificarse en:

- **Activo circulante:** Es aquel que se renueva en períodos inferiores a un año, y suele incluir:
 - Existencias: materias primas y mercaderías (productos necesarios para el proceso productivo).
 - Realizable: productos semielaborados, productos elaborados disponibles para la venta y clientes que tienen el producto, pero no han pagado (deudores).
 - Tesorería: dinero líquido.
- **Activo fijo:** Es aquel que se considera “permanente” porque se renueva en períodos superiores a un año, incluyendo:
 - Inmovilizado material: activos de más de un año que son materiales (maquinaria, vehículos, terrenos, edificios...).
 - Inmovilizado inmaterial: activos de más de un año que son inmateriales (patentes, software...).
 - Inmovilizado financiero: dinero puesto en activos financieros (acciones, fondos...).

De manera similar, el pasivo puede clasificarse en:

- **Pasivo circulante:** Es aquel que supone gastos en períodos inferiores a un año, y suele incluir²:
 - Créditos a corto plazo.
 - Hacienda.
 - Seguridad social.
 - Préstamos a corto plazo.
- **Pasivo fijo:** Es aquel que se considera “permanente” porque se amortizan a lo largo de períodos superiores a un año, incluyendo:

¹Se entiende por **patrimonio** el conjunto de bienes, derechos y obligaciones para desarrollar una actividad económica.

²Se quiere destacar la diferencia entre **crédito** y **préstamo**. En un crédito, se pone todo el dinero a disposición del peticionario, pero puede que éste no utilice todo, por lo que solo se devolvería la parte utilizada (con los intereses correspondientes). En el caso de un préstamo, se pone todo el dinero a disposición del peticionario, que deberá devolver (con los intereses correspondientes) independientemente de la cantidad que éste finalmente utilice.

- Préstamos a largo plazo.
- Acreedores a largo plazo.
- Fondos propios.

- **Capital circulante** (fondo de maniobra): Capital que necesita un negocio (o proyecto), una vez realizada la inversión, para poder afrontar su **actividad normal**. Es decir, es el que cubre las **diferencias existentes entre los calendarios de pagos y los cobros**, financia los almacenamientos de materias primas, productos semielaborados y productos terminados que todo negocio (o proyecto) necesita para realizar su actividad normal. Hay veces en las que este circulante tiene una gran importancia por su cuantía o porque si no se dispone de él, puede crear **problemas de tesorería** con los consiguientes costes financieros que afectan a la rentabilidad del proyecto, Figura 3.2.1. El capital circulante se calcula como la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante, y lo ideal es que sea mayor que 0:

$$CC = AC - PC > 0 \quad (3.2)$$

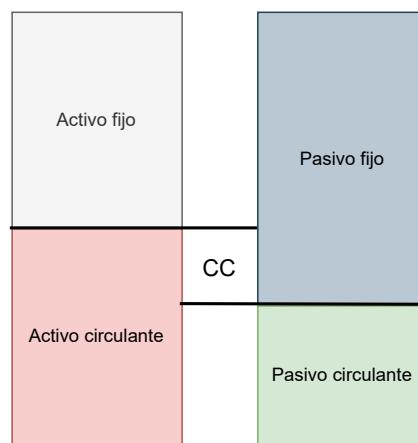


Figura 3.2.1: Fondo de maniobra

- **Amortización** (de inmovilizado material): El inmovilizado material está constituido por elementos patrimoniales tangibles (muebles o inmuebles). Se trata, por tanto, de bienes que se utilizan en la actividad permanente y productiva de la empresa, tienen por lo general una vida útil pre-determinada, que trasciende la duración de un ejercicio económico, condicionada por el **desgaste** y la evolución tecnológica y que no están destinados a la venta. Los elementos integrantes del inmovilizado material están determinados en el subgrupo 21 del Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad [1], el cual reúne las siguientes cuentas:

- 210 **Terrenos y bienes naturales**. Solares de naturaleza urbana, fincas rústicas, otros terrenos no urbanos, minas y canteras.
- 211 **Construcciones**. Edificaciones en general cualquiera que sea su destino dentro de la actividad productiva de la empresa.
- 212 **Instalaciones técnicas**. Unidades complejas de uso especializado en el proceso productivo, que comprenden: edificaciones, maquinaria, material, piezas o elementos, incluidos los sistemas informáticos que, aun siendo separables por naturaleza, están ligados de forma definitiva para su funcionamiento y sometidos al mismo ritmo de amortización; se incluirán asimismo, los repuestos o recambios válidos exclusivamente para este tipo de instalaciones.
- 213 **Maquinaria**. Conjunto de máquinas o bienes de equipo mediante las cuales se realiza la extracción o elaboración de los productos. En esta cuenta figurarán todos aquellos elementos de transporte interno que se destinen al traslado de personal, animales, materiales y mercaderías dentro de factorías, talleres, etc. sin salir al exterior.
- 214 **Utillaje**. Conjunto de utensilios o herramientas que se pueden utilizar autónomamente o conjuntamente con la maquinaria, incluidos los moldes y plantillas.

215 **Otras instalaciones.** Conjunto de elementos ligados de forma definitiva, para su funcionamiento y sometidos al mismo ritmo de amortización, distintos de los señalados en la cuenta 212; incluirá asimismo, los repuestos o recambios cuya validez es exclusiva para este tipo de instalaciones.

216 **Mobiliario.** Mobiliario, material y equipos de oficina, con excepción de los que deban figurar en la cuenta 217.

217 **Equipos para procesamiento de información.** Ordenadores y demás conjuntos electrónicos.

218 **Elementos de transporte.** Vehículos de todas clases utilizables para el transporte terrestre, marítimo o aéreo de personas, animales, materiales o mercaderías, excepto los que se deban registrar en la cuenta 213.

219 **Otro inmovilizado material.** Cualesquiera otras inmovilizaciones materiales no incluidas en las demás cuentas del subgrupo 21. Se incluirán en esta cuenta los envases y embalajes que por sus características deban considerarse como inmovilizado y los repuestos para inmovilizado cuyo ciclo de almacenamiento sea superior a un año.

- **Punto de equilibrio (punto muerto, umbral de rentabilidad):** Indica el nivel de ventas que se debe alcanzar para empezar a obtener beneficios, por lo que sirve de guía a la hora de elaborar el presupuesto de ventas. Si el presupuesto de ventas estimado fuera inferior al punto muerto, se tiene la certeza de que van a obtenerse pérdidas. Se calcula como:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costes fijos}}{\text{Margen de contribución}} \quad (3.3)$$

donde el margen de contribución es:

$$\text{Margen de contribución} = (\text{Precio venta} - \text{Costes variables}) \Big|_{\text{unitarios}} \quad (3.4)$$

Ejemplo 3.2 Una empresa tiene unos costes fijos de 1.800.000 € y ha obtenido unos ingresos por la venta de 100.000 unidades del producto 2.000.000 €. Si los costes variables unitarios suponen un 40 % del precio de venta, determinar el punto muerto y el beneficio que se obtendría si se vendiesen 200.000 unidades.

Sol.: Punto muerto = 150.000 unidades
Beneficio = 600.000 €

Ejemplo 3.3 Una empresa se plantea elegir una de las siguientes alternativas para fabricar un nuevo producto que se venderá a 300 €:

- Alternativa 1. Costes fijos anuales de 450.000 € y costes variables unitarios de 150 €
- Alternativa 2. Costes fijos anuales de 496.000 € y costes variables unitarios de 140 €

¿Qué alternativa es más interesante? Tras un análisis de mercado, se ha determinado que se pueden conseguir vender 10.000 unidades en dos años. En este nuevo supuesto, ¿qué alternativa se elegiría?

Sol.: Inicialmente, la alternativa 1 es más interesante, puesto que tiene un punto muerto menor que la alternativa 2. Sin embargo, con los datos del estudio de mercado, los beneficios son mayores con la alternativa 2.

3.3. Beneficios y costes en un proyecto

Los **beneficios** que se consiguen en un proyecto, considerados como “efectos positivos”, están relacionados con los bienes y servicios obtenidos a partir de ese proyecto que van a generar unos ingresos. Los beneficios pueden ser **ordinarios** (relacionados con la venta de productos y subproductos del proyecto, suelen aumentar gradualmente) o **extraordinarios** (relacionados con el valor de desecho al final de la vida útil).

Los **costes** que se generan en un proyecto, considerados como “efectos negativos”, están relacionados con los recursos consumidos y, por tanto, con los gastos y pagos relacionados con la necesidad de adquirir nuevos recursos. En un proyecto, se tienen los siguientes costes:

- **Costes iniciales.** Engloban:
 - **Pagos preliminares.** Relacionados con asesorías y estudios iniciales técnicos, económicos, topográficos, etc., licencias, impuestos y honorarios del ingeniero.
 - **Presupuesto de ejecución del proyecto.** Todo lo englobado en el presupuesto del proyecto (ver Sección 2.3.7): ejecución de obras e instalaciones, dirección de obra e instalaciones, compra directa de maquinaria y equipos, estudios de impacto ambiental y seguridad y salud...
 - **Pagos de establecimiento.** Vinculados a la constitución de una sociedad, creación de la red de ventas y publicidad, selección, contratación y financiación del personal, etc.
 - **Terrenos.** Coste de los terrenos y derechos notariales y registrales.
 - **Por utilización de inversiones ya existentes.** En maquinaria o edificaciones ya existentes, se computa como inversión su valor al inicio del proyecto.
- **Costes ordinarios (anuales) de explotación.** Relacionados con la adquisición de materias primas, mano de obra, conservación de edificaciones, instalaciones, maquinaria, etc., carburantes y lubricantes, energía eléctrica y agua, intereses del capital circulante, seguros e impuestos, etc.
- **Costes extraordinarios.** Entrarían en esta categoría los costes de reposición (reponer material existente al final de su vida útil), nuevas adquisiciones y, en su caso, el servicio de la deuda en créditos y préstamos.
- **Costes de oportunidad.** Cese de percepción de beneficios en otra inversión por haber realizado la explotación actual.

Ejemplo 3.4 Se tienen 100.000 €, y se duda entre:

- Invertirlos en la creación de una frutería.
- Comprar 12.500 acciones que cotizan a 8 € en bolsa.

Pasados dos años, la frutería ha dado un beneficio de 20.000 €, y las acciones han bajado a 4 €. ¿Cuál ha sido el coste de oportunidad, si se decidió comprar las acciones? Si las acciones subieran a 10 €, ¿cuál habría sido el beneficio? Sol.: 70.000 €; 25.000 €

3.4. Flujos de caja

El flujo de caja del proyecto se obtiene a partir de los pagos y cobros previstos del proyecto, organizados por período temporal:

- Entre los pagos estarían los pagos a proveedores por compra de materias primas, pagos a subcontratistas, pagos correspondientes a la remuneración de mano de obra de la empresa, pagos por gastos financieros, pagos de gastos de formación, mantenimiento, y cualesquiera otros pagos derivados de la utilización de recursos en el proyecto.
- Entre los cobros están los pagos del cliente, promotores, servicio de deuda, y los procedentes de subvenciones si las hubiera.

Supóngase que se plantea la realización de un determinado proyecto de inversión que se extiende a lo largo de n **períodos**, normalmente expresado en años. Dicho proyecto supone la realización de unos cobros y pagos en cada uno de los diferentes años de vida de la inversión. Se define el **flujo neto de caja** Q_j , como la **diferencia entre los cobros y los pagos** que tengan lugar en un momento determinado del tiempo. Así, en el año j , el flujo neto de caja Q_j vendrá dado por la diferencia entre los cobros sucedidos durante ese año C_j y los pagos del mismo P_j :

$$Q_j = C_j - P_j \quad (3.5)$$

El flujo de caja proporciona una información que permite cuantificar los flujos netos de los fondos, después del cálculo de impuestos, con la finalidad de reflejar los costes y beneficios en el horizonte temporal establecido. La estructura general para calcular los flujos de caja es la siguiente:

- (+) Ingresos de explotación
- (-) Gastos de explotación
- (-) Amortizaciones

- (=) **Beneficio antes de intereses e impuestos (BAIT)**
- (-) Gastos financieros

- (=) **Beneficio antes de impuestos (BAT)**
- (-) Impuestos

- (=) **Beneficio después de impuestos (BDT)**
- (+) Amortizaciones

- (=) **Flujo de caja**

Algunas consideraciones sobre el cálculo de un flujo de caja son las siguientes [2]:

- El flujo de caja debe corresponder exclusivamente a lo **generado por el proyecto**. La realización de un proyecto supone el cambio o la transformación de una situación inicial a una situación final. Por lo tanto, en la consideración de ingresos y gastos habrá que tener en cuenta los **cambios que se han producido entre las situaciones inicial y final**. Así, si el proyecto consiste en el cambio de una empresa desde una nave alquilada a una comprada, en el cálculo del flujo de caja se deberá considerar como un ingreso el alquiler que se pagaba anteriormente.
- Las amortizaciones son una **previsión** de fondos para sustituir aquellas máquinas o instalaciones que se deprecian con el tiempo. El hecho de restarlas antes de calcular los impuestos y, posteriormente, volverlas a sumar, tiene el sentido de **no pagar impuestos** por una cantidad de dinero que en el futuro se deberá gastar para sustituir la maquinaria y las instalaciones obsoletas.

El flujo de caja va variando a lo largo de la vida útil del proyecto. En la Figura 3.4.1 se muestra un ejemplo típico de la evolución de los flujos de caja en 26 años. El primer año solo se producen los gastos correspondientes a los costes iniciales del proyecto (ver Sección 3.3); suele coincidir con un año en el que no hay ganancias (o son muy pequeñas), en función del tiempo que se necesite para empezar a explotar el proyecto. A partir de ese momento, los costes que se tienen son los ordinarios y extraordinarios, por lo que se mantendrán prácticamente constantes; sin embargo, los beneficios irán en aumento paulatinamente, generando flujos de caja positivos. Es habitual que los beneficios también sean similares, año a año, durante la mayor parte de la vida útil del proyecto. Únicamente al final los beneficios empiezan a decaer, ya sea porque la tecnología queda obsoleta, competencia, cambio de legislación... y, aunque sigue dando ciertos beneficios, a largo plazo deja de ser rentable.

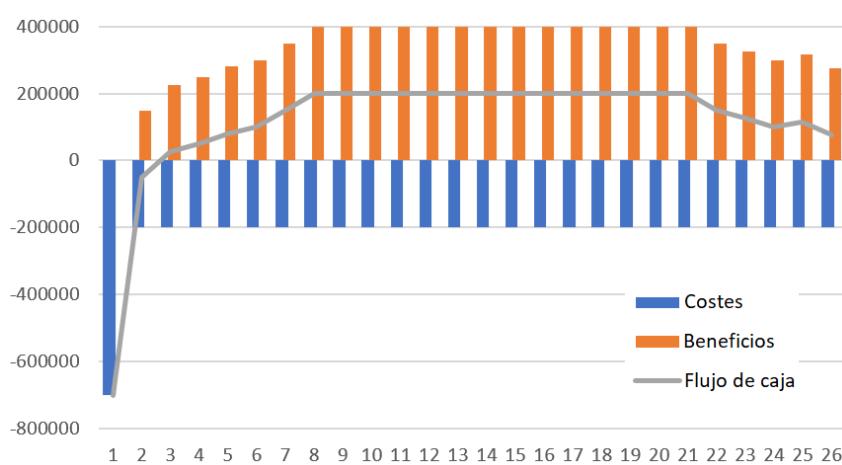


Figura 3.4.1: Flujos de caja de un proyecto

3.5. Valor del dinero en el tiempo

El valor del dinero en el tiempo hace referencia a un concepto económico que busca explicar el fenómeno por el cual el **dinero presente**, sea expresado en cualquier divisa, tendrá un **menor poder de compra** en el futuro. Por ello, es importante comprender el funcionamiento de la **inflación**, una escalada generalizada y prolongada en los precios, que implica que cada vez se pueda comprar menos con la misma cantidad de dinero (reducción de poder de compra del dinero). Este efecto puede notarse en la cotidianidad, como en el poder de compra que tiene una persona al ir a un supermercado. Lo que se adquiere con un billete de 50€ es inferior a lo que compraba hace 5 años con la misma cantidad. En este caso, la inflación que ha vivido el país en esos últimos años se refleja en la capacidad de compra de las personas.

Por tanto, se puede decir que tener conocimiento de cuánto vale el dinero en el tiempo puede influir en las decisiones financieras. Supóngase que se tiene cierta cantidad de dinero y se decide simplemente guardarla en casa, en lugar de invertirla: la inflación reducirá el valor del dinero que se tiene. Y, si en una fecha futura se decide invertir, ese dinero tendrá un menor poder de compra: **el dinero que no se invierte pierde su valor en el tiempo**.

Supóngase que se invierte una cantidad de dinero P en el momento presente. Pasado un número de periodos n (generalmente, expresado en años), la cantidad de dinero que se tendrá en el futuro F , si la tasa de actualización (o descuento) es i , será:

$$F = P \cdot (1 + i)^n, \quad (3.6)$$

donde debe tenerse en cuenta que i y n vayan expresados en la misma forma temporal (años, meses, semanas...). De manera análoga, si desea calcularse cuánto dinero es necesario invertir hoy (P) para conseguir una cantidad F pasados n periodos a una tasa de actualización i :

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} \quad (3.7)$$

Estas dos expresiones se repiten de nuevo en la Sección 3.7.

La tasa de actualización o de descuento i es un factor financiero que se utiliza, en general, para **determinar el valor del dinero en el tiempo** y, en particular, para calcular el valor actual de un capital futuro o para evaluar proyectos de inversión. Es el tipo de interés que permite "traducir" el **dinero del futuro a dinero del presente (y viceversa)**. En general, suele depender de tres aspectos:

1. **Inflación.**
2. **Recursos financieros** (interés en el mercado de los préstamos bancarios). Estos recursos financieros pueden ser **propios** (aportaciones del inversor, es decir, el capital), **ajenos** (aportaciones de los acreedores o prestamistas) o **mixtos** (mediante fondos propios y ajenos). Por lo tanto, para calcular el coste de los recursos totales, se debe analizar **en qué proporción intervienen** cada uno de estos recursos en el proyecto y cuál es su coste:

- **Proyecto financiado solo con fondos propios.** Si cuando se decide entrar en una inversión, se dispone de la totalidad de los fondos necesarios y no se necesitan recursos ajenos (se financia el proyecto con el 100 % de los recursos propios), se debe tener claro, lógicamente, que a esta nueva inversión se debe exigirle, al menos, lo mismo que se dejaría de obtener por no dedicar nuestros fondos a otra inversión alternativa más segura. Es decir, la rentabilidad de la inversión que se está evaluando debe igualar, como mínimo, la más alta rentabilidad que se obtendría con el dinero en otra inversión con una duración similar, como puede ser un plazo fijo, un depósito bancario, bonos del estado, etc. Esto es lo que se conoce como **coste de oportunidad**.
- **Proyecto financiado solo con fondos ajenos.** Si, por el contrario, no se dispone de fondos (recursos propios) y hay que acudir para ello a la financiación bancaria mediante un préstamo (financiando el 100 % del proyecto con recursos ajenos), la tasa de descuento mínima será el coste de dicho préstamo; es decir, el tipo de interés más los gastos bancarios (TAE). Esto es lo que se denomina **coste de la deuda**.
- **Proyecto financiado con fondos propios y ajenos.** Por último, se puede dar el caso intermedio, en el que se financia la inversión tanto con recursos propios como con recursos ajenos. Este es el caso con el que se trabaja **más habitualmente**. Lo que procede es calcular el coste medio ponderado entre los recursos propios y los recursos ajenos (la media del coste de

ambas fuentes de financiación ponderada por el volumen de cada una de ellas). Esto se denombra **coste de capital**. El término completo es *coste medio ponderado de capital*, CMPC (o bien WACC, por sus siglas en inglés *weighted average cost of capital*). El CMPC (o WACC) es la tasa por debajo de la cual no se lleva a cabo la inversión. El WACC puede calcularse según [3]:

$$WACC = E \cdot k_E + D \cdot k_D \cdot (1 - IS), \quad (3.8)$$

donde E hace referencia al porcentaje de fondos propios, k_E la rentabilidad exigida por los socios de la empresa, D es el porcentaje de la financiación ajena, k_D es el interés de la financiación ajena e IS es el impuesto de sociedades, expresado en tanto por uno (alrededor del 25 %).

Ejemplo 3.5 Se necesitan 400.000 € para llevar a cabo un nuevo proyecto. Los socios de la empresa aportan el 85 % y esperan una rentabilidad del 10%; el resto de fondos se obtendrán por financiación ajena, con un interés del 5 %. ¿Cuál es el WACC?

Sol.: 9,1 % ■

3. **Riesgo asociado a la inversión.** Una vez calculado el coste de los recursos financieros se debe analizar otra cuestión muy importante que puede afectar considerablemente al valor de la tasa de descuento. Es el **riesgo** que puede albergar cada una de las inversiones (la analizada y la que se toma de referencia) y que se necesita incorporar a la tasa de descuento para que los flujos de caja de estos proyectos de inversión sean homogéneos. Si la nueva inversión que se está analizando presenta **más riesgo** que la que se está tomando de referencia, se debería exigir más rentabilidad a la nueva inversión, es decir, **aumentar la tasa de descuento**. El método más utilizado para introducir este dato consiste en añadir una **prima de riesgo** a la tasa de descuento, de tal forma que, la prima será mayor cuanto más riesgo represente el proyecto de inversión respecto a la inversión comparable. Por tanto, la tasa de descuento puede calcularse como:

$$i = \text{rentabilidad mínima} + \text{prima de riesgo} \quad (3.9)$$

3.6. Métodos de evaluación de la rentabilidad (viabilidad)

Cuando se habla de la **rentabilidad de un proyecto**, se piensa inmediatamente en el beneficio económico a obtener. Pero la rentabilidad es un concepto muy amplio que, en función del tipo de proyecto, puede incluir aspectos más cualitativos o intangibles, como pueden ser:

- Conocimiento adquirido.
- Mejoras operativas conseguidas.
- Rentabilidad social, derivada de aquellos beneficios que un proyecto puede reportar al entorno en el que se desarrolla. Este aspecto es especialmente relevante, por ejemplo, en proyectos solidarios, como los desarrollados por las ONGs.

Sin embargo, no hay duda de que en muchos proyectos existe el objetivo explícito fundamental de conseguir una rentabilidad económica. Existen fundamentalmente cuatro índices de rentabilidad que se emplean como indicadores que permiten la comparación entre diversas alternativas para un mismo proyecto o, simplemente, para comparar la rentabilidad de una inversión dada frente a otro tipo de inversión posible:

1. **Plazo de recuperación (PR).** Es el número de períodos (años) que la empresa tarda en recuperar el valor de la inversión inicial del proyecto a través de los flujos de caja generados. Este método selecciona aquellos proyectos cuyos beneficios permiten recuperar más rápidamente la inversión, es decir, **cuanto más corto sea el periodo de recuperación de la inversión mejor será el proyecto**. El PR se obtiene mediante la expresión:

$$\sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i)^t} \quad (3.10)$$

siendo Q_t el flujo de caja neto en el año t , i la tasa de descuento e I_t la inversión en el año t . Es decir, el PR se obtiene igualando la suma de los flujos de caja netos Q actualizados de n años

a las inversiones I actualizadas durante n años. Se puede hacer mediante una tabla, donde se calcule cada Q_t actualizado y el total acumulado. Hay que tener en cuenta que los flujos de caja se consideran **al finalizar el año**, con lo que el año se toma como una unidad completa. Dado que, en realidad, los flujos se generan de forma continuada, hay que calcular la **parte proporcional** del año hasta alcanzar la inversión mínima mediante una regresión simple.

Ejemplo 3.6 *Un proyecto requiere una inversión de 50.000 €. Estimando que los flujos netos de caja actualizados en los cinco años de la inversión son: 10.000 €, 15.000 €, 25.000 €, 20.000 € y 30.000 €, ¿en qué año se recupera la inversión?*

Sol.: Al tercer año ■

Ejemplo 3.7 *Un proyecto requiere una inversión de 34.000 €, y se estima que los flujos netos de caja actualizados en los cinco años de la inversión son: 9.000 €, 5.250 €, 6.700 €, 17.000 € y 5.500 €. La empresa tiene como política no considerar aquellos proyectos cuyos plazos de recuperación sean superiores a tres años. ¿Se aprueba o se rechaza?*

Sol.: Se rechaza ■

Ejemplo 3.8 *Determinar el plazo de recuperación de una inversión, con un desembolso inicial de 30.000 €, que genera 15.000 € en el año uno, 5.000 € en el dos y 40.000 € en el tres (valores del dinero actualizados al momento presente).*

Sol.: 2 años y 3 meses ■

Ejemplo 3.9 *Un proyecto requiere una inversión de 80.000 €. Estimando que los flujos netos de caja actualizados en los siete años de la inversión son: 10.000, 25.000, 30.000, 25.000, 30.000, 30.000 y 30.000, se pide determinar el plazo de recuperación si se considera que:*

- *Caso 1: Los flujos se producen al finalizar el año*
- *Caso 2: Los flujos se generen de forma continuada*

Sol.: Caso 1: $PR = 4$ años

Caso 2: $PR = 3$ años y 7 meses ■

Ejemplo 3.10 *Se quieren analizar dos inversiones con el mismo desembolso inicial (30.000 €):*

- *I1 genera en cada uno de los dos primeros años 15.000 € y 1 € en el tercero (actualizados).*
- *I2 obtiene 15.000 € el primer año, 14.999 € en el segundo año y 200.000 € en el tercero (actualizados).*

Con el método del plazo de recuperación, ¿qué inversión se elegiría? ¿Tiene sentido?

Sol.: I1 ■

2. **Valor Actual Neto (VAN)**. Es la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Expresa en términos absolutos la rentabilidad del proyecto. Si un proyecto de inversión tiene un **VAN positivo**, el proyecto es **rentable** (no siendo rentable en caso contrario). Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un **VAN más alto**. Así, el VAN sirve tanto para determinar que el proyecto es **económicamente viable** (si $VAN > 0$) y para **jerarquizar** entre todas aquellas inversiones que son viables (elegir los que tengan un VAN más elevado). Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. La fórmula para calcular el VAN es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (3.11)$$

siendo I_0 la inversión inicial.

Ejemplo 3.11 Un proyecto requiere una inversión de 50.000 €. Estimando que los flujos netos de caja en los cinco años de la inversión son de 20.000 €, con una tasa de descuento del 5%, determinar el VAN.

Sol.: $VAN = 36589,53 \text{ €}$

Ejemplo 3.12 Una inversión requiere un desembolso inicial de 300.000 €, generando unos flujos de caja anuales de 80.000 €, 200.000 € y 200.000 €. La tasa de descuento es del 5 %. Determinar:

- Si la inversión es viable según el VAN.
- Si la inversión es (o no) preferible a otra con el mismo desembolso inicial y tasa de descuento, pero con unos flujos de caja anuales de 100.000 €, 180.000 € y 200.000 €.

Sol.: Es viable según el VAN

Es preferible la segunda inversión

Ejemplo 3.13 Dados los tres proyectos de inversión siguientes que está evaluando una empresa, ordenar las inversiones por su orden de preferencia aplicando:

- El criterio del VAN
- El criterio del PR

Supóngase una tasa de actualización del 6 %.

| € | I_0 | Q_1 | Q_2 | Q_3 | Q_4 | Q_5 |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A | 10.000.000 | 0 | 0 | 6.000.000 | 6.000.000 | 8.000.000 |
| B | 20.000.000 | 3.000.000 | 4.000.000 | 5.000.000 | 6.000.000 | 8.000.000 |
| C | 16.000.000 | 4.000.000 | 5.000.000 | 8.000.000 | 3.000.000 | 3.000.000 |

Sol.: Criterio del VAN: $A > C > B$

Criterio del PR: $C > A > B$

Ejemplo 3.14 A un inversor se le ofrecen las siguientes posibilidades para realizar una determinada inversión:

| € | I_0 | Q_1 | Q_2 | Q_3 | Q_4 | Q_5 |
|---|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A | 1.000.000 | 100.000 | 150.000 | 200.000 | 250.000 | 300.000 |
| B | 1.500.000 | 200.000 | 300.000 | 350.000 | 400.000 | 500.000 |
| C | 1.700.000 | 400.000 | 600.000 | 300.000 | 600.000 | 400.000 |

Determinar la alternativa más rentable según el criterio del Valor Actualizado Neto, si la tasa de descuento es del 7 %.

Sol.: C

3. **Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).** También conocida como **tasa interna de retorno**, es la **tasa de descuento** que hace que el valor actual neto de una inversión sea igual a cero, es decir, el interés mínimo a partir del cual la inversión es rentable. Para que el proyecto sea rentable, es necesario que la **TIR** sea mayor que la tasa de descuento i previamente definida (que, como se ha comentado, será igual o similar al WACC, $TIR > WACC$). Para calcular la **TIR**, es necesario ir iterando en la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (3.12)$$

hasta conseguir que $VAN \approx 0$.

Ejemplo 3.15 Un proyecto requiere una inversión de 20.000 €. Estimando que los flujos netos de caja en los dos primeros años de la inversión son de 13.000 € cada uno, calcular si el proyecto es rentable o no siguiendo el criterio de la tasa interna de rentabilidad, para una tasa de descuento del 8 %.

Sol.: Es rentable

4. **Índice beneficio-coste (IBC)**. Mide la relación entre los beneficios y los costes asociados a un proyecto de inversión. Por tanto, es una medida relativa que informa sobre lo que el proyecto genera por unidad económica invertida. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$IBC = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i)^t}} \quad (3.13)$$

Cuando el IBC es mayor que 1, los beneficios superan los costes, por lo que el proyecto debe ser considerado.

Ejemplo 3.16 Un proyecto requiere una inversión de 50.000 €. Estimando que los flujos netos de caja en los cinco años de la inversión son de 20.000 €, a una tasa de descuento del 5 %, ¿cuál es su IBC?

Sol.: $IBC = 1,73$

Para que un proyecto sea rentable, al menos es necesario que se cumplan las condiciones de VAN y TIR.

Ejemplo 3.17 Dados los dos proyectos siguientes, determinar cuál es más interesante suponiendo que WACC = 9 %. Considerar la tasa de descuento como $i = WACC$.

| Miles de € | I_0 | Q_1 | Q_2 | Q_3 | Q_4 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A | 4000 | 400 | 3800 | 50 | 150 |
| B | 4000 | 600 | 2200 | 1000 | 6600 |

Sol.: El proyecto B

3.6.1. Análisis de sensibilidad

Los análisis de sensibilidad se utilizan para determinar cuánto varía una salida cuando se modifica una variable de entrada y el resto permanece constante. Por ejemplo, se podría ver cómo cambian los métodos de evaluación anteriores al modificar:

- La producción.
- Los precios de venta.
- Los precios de compra.
- Los costes de energía.
- La tasa de interés de créditos.
- Los plazos de ejecución.
- ...

Para realizar los análisis de sensibilidad, es importante analizar variables relevantes. Así, por ejemplo, se recomienda realizar siempre un análisis de sensibilidad de la rentabilidad en función de la tasa de actualización, debido a la dificultad de elegir correctamente dicho valor.

3.7. Fórmulas de interés compuesto

El interés simple es la tasa aplicada sobre un capital inicial que permanece constante en el tiempo, es decir, no se añade a períodos sucesivos. Esto implica que la cantidad futura F que se tendrá tras n períodos únicamente depende de la tasa de interés i , el valor o suma de dinero en el momento presente P y el número de períodos n :

$$F = P \cdot (1 + i \cdot n) \quad (3.14)$$

Ejemplo 3.18 Se ingresan 1.000 € en un fondo de inversión que proporciona un interés simple del 5 % anual. ¿Qué cantidad habrá pasados 3 años?

Sol.: 1.150 € ■

Se dice que el interés es compuesto cuando los intereses que gana el capital invertido se capitalizan periódicamente, es decir, se suman al capital a intervalos iguales de tiempo, constituyendo de ese modo un nuevo capital al final de cada unidad de tiempo. Esto implica que se van generando **intereses sobre intereses**. La fórmula para determinar el capital futuro es la mostrada en la ecuación (3.6).

Ejemplo 3.19 Se ingresan 1.000 € en un fondo de inversión que proporciona un interés compuesto del 5 % anual. ¿Qué cantidad habrá pasados 3 años?

Sol.: 1.157,63 € ■

La nomenclatura que se va a seguir es la siguiente [4]:

- P Valor o suma de dinero en el momento presente, expresado en términos monetarios.
- F Valor o suma de dinero en algún tiempo futuro, al final de n períodos a partir de hoy, expresado en términos monetarios.
- A Serie de sumas de dinero consecutivo, igual al fin de los n períodos, denominadas valor equivalente por periodo o valor anual.

En la Figura 3.7.1 se muestra la representación gráfica de esta nomenclatura, que se utilizará también en las diferentes fórmulas.

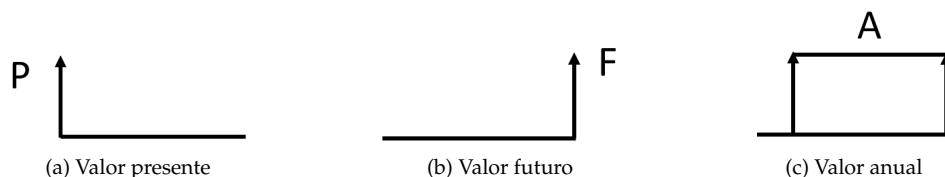


Figura 3.7.1: Representación gráfica de la nomenclatura del interés compuesto

- **Capital futuro F en función del capital presente P .** Se corresponde con la expresión (3.6), que se repite aquí por comodidad. Permite determinar el capital que se tendrá en el futuro en función del dinero que se ha invertido en el presente:

$$F = P \cdot (1 + i)^n \quad (3.15)$$

Ejemplo 3.20 Un total de 5.000 € se deposita en un proyecto durante 15 años. Si la tasa de descuento anual es del 12 %, ¿cuál sería el importe pasado ese tiempo?

Sol.: 27.367,83 € ■

- **Capital presente P en función del capital futuro F .** Se corresponde con la expresión (3.7), que se repite aquí por comodidad. Permite determinar el capital que hay que invertir en el presente para tener una cantidad determinada en el futuro:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} \quad (3.16)$$

Ejemplo 3.21 Se estima que se necesitarán 15.000 € para completar la ejecución de un proyecto dentro de 5 años. ¿Cuánto hay que depositar en un fondo para que alcance esa cantidad, si el fondo paga un interés del 9,2 % anual?

Sol.: 9.660,02 € ■

- **Capital presente P en función de las anualidades A .** Permite determinar el capital que hay que invertir en el presente en función de la cantidad anual a pagar:

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \right] \quad (3.17)$$

Ejemplo 3.22 Hay que retirar de una cuenta la cantidad de 12.000 €/año para hacer frente a los gastos anuales de funcionamiento de un proyecto plurianual. La cuenta del proyecto paga un interés del 7,5 % anual. Si se espera que el proyecto dure 10 años, ¿cuál es la cantidad que debe depositarse ahora en la cuenta?

Sol.: 82.368,97 € ■

- **Anualidades a pagar A en función del capital presente P .** Permite determinar las anualidades a pagar según el capital que se invierte en el presente:

$$A = P \left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3.18)$$

Ejemplo 3.23 Se necesita un equipo de 50.000 € para lanzar un proyecto. El coste total se financia al 13,5 % anual, y se paga durante 4 años. Calcular el precio anual que se pagará.

Sol.: 16.984,66 € ■

- **Capital futuro F en función de las anualidades A .** Permite determinar el capital que se tendrá (o se habrá pagado) en el futuro según las anualidades:

$$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (3.19)$$

Ejemplo 3.24 Si se hace un pago anual de 5.000 € durante 10 años a un fondo de proyecto que paga 8 % anual, ¿cuánto se puede esperar que esté disponible pasado ese tiempo?

Sol.: 72.432,82 € ■

- **Anualidades a pagar A en función del capital futuro F .** Permite determinar las anualidades a pagar según el capital que se desea tener en el futuro:

$$A = F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3.20)$$

Ejemplo 3.25 Se desea tener un fondo de 50.000 € para lanzar un proyecto. El coste total se financia al 13,5 % anual, y se paga anualmente durante 4 años. Calcular el precio anual que se pagará.

Sol.: 10.234,66 € ■

Referencias

- [1] Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad. Boletín Oficial del Estado, 2007.
- [2] M. Socorro García Cascales. Proyectos de Ingeniería. 2012.

- [3] A Alcocer. *Qué es el WACC y cómo se calcula*. <https://www.antonioalcocer.com/wacc-weighted-average-cost-of-capital/>.
- [4] Adedeji B Badiru. *Project management: Systems, principles, and applications*. CRC Press, 2011.

Capítulo 4

Seguridad y Salud y Medio Ambiente

4.1. Introducción

El apartado 4.1 de la norma UNE 157001:2014 [1] especifica que:

Las normas de proyectos específicos que complementen esta norma, o en su defecto el proyectista en función del carácter específico del proyecto y la reglamentación legal, podrían incluir el Estudio Básico de Seguridad y Salud o el Estudio de Seguridad y Salud como capítulo anexo a la Memoria y el Estudio de Impacto Ambiental como estudio con entidad propia.

Por ello, este tema se enfoca en esos dos estudios, generalmente necesarios para los proyectos relacionados con la actividad industrial.

4.2. Seguridad y Salud

4.2.1. Legislación en materia de Seguridad y Salud

Antes de empezar a hablar de la normativa relacionada con seguridad y salud en el trabajo, se quieren definir algunos conceptos que serán de utilidad más adelante.

- **Riesgo.** La RAE [2] define riesgo como:

Contingencia o proximidad de un daño.

En el ámbito de la seguridad y salud laboral, el término riesgo se refiere a todo aquello que puede causar un daño (lesión, enfermedad...) futuro e hipotético; es decir, puede que este no ocurra. La posibilidad de que el riesgo se convierta en daño depende de:

- Las condiciones personales, como la condición física, estado de salud, nivel de atención, experiencia...
- Las condiciones ambientales de trabajo, materiales, organización...

Para realizar las evaluaciones de prevención de riesgos laborales, se analizan únicamente las **condiciones ambientales**, dado que analizar las condiciones personales requeriría hacer una evaluación individual para cada trabajador.

- **Factor de riesgo.** Hace referencia a una **condición de trabajo** que incrementa la probabilidad de aparición del daño relacionado con el riesgo en cuestión. Pueden agruparse en:

- Derivados de las condiciones de seguridad (estructurales, manejo de equipos).
- Derivados de las condiciones medioambientales, incluyendo agentes físicos (iluminación, temperatura, ruido...), agentes químicos (gases, aerosoles, polvo...) y agentes biológicos (bacterias, hongos, virus...).
- Derivados de la carga de trabajo (fatiga física, fatiga mental).
- Derivados de la organización del trabajo (trabajo por turnos, estilo de dirección...).

■ **Medida preventiva.** Son aquellas acciones/estrategias que actúan antes de que se produzca el daño, e intentan eliminar o reducir las causas que lo provocan. Pueden ser:

- De carácter material (barandillas, plataformas de trabajo, redes, cascós...).
- De carácter formativo.

Ejemplo 4.1 Clasificar cada uno de los siguientes elementos entre riesgo, factor de riesgo y medida preventiva:

- *Deslumbramiento*
- *Jornada laboral de 14 horas*
- *Caída a mismo nivel*
- *Fatiga laboral*
- *Protector auditivo*
- *Señalización adecuada*
- *Suelo mojado*
- *Luz solar directa*

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales [3], tiene por objeto la determinación del **cuerpo básico de garantías y responsabilidades** preciso para establecer un adecuado **nivel de protección de la salud de los trabajadores**. Su finalidad es hacer frente a los **riesgos derivados de las condiciones de trabajo**. Como Ley, establece un marco legal a partir del cual se han definido normas reglamentarias que han ido fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas. En el amplio conjunto de normas complementarias desarrolladas destacan, en el campo de la actividad relacionadas con los proyectos, las siguientes:

- R.D. 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las **obras de construcción** [4].
- R.D. 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los **lugares de trabajo** [5].
- R.D. 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de **señalización** de seguridad y salud en el trabajo [6].
- R.D. 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los **equipos de trabajo** [7].
- R.D. 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de **equipos de protección individual** [8].

Los agentes principales que intervienen en el ámbito de seguridad y salud son:

- **Promotor.** Cualquier persona física o jurídica por cuenta de la cual se realiza una obra.
- **Proyectista.** El autor o autores, encargados por el promotor, de la totalidad o parte del proyecto de obra.
- **Coordinador durante la elaboración del proyecto de obra.** Es el técnico competente designado por el promotor para coordinar durante las fases de elaboración del proyecto, la aplicación de las normas, los principios generales y las medidas de prevención relativas a la seguridad y la salud en el trabajo.
- **Dirección facultativa.** Es el técnico o técnicos competentes designados por el promotor, encargados de la dirección, del control y de la ejecución de la obra.

- **Coordinador durante la ejecución de la obra.** Es el técnico competente integrado en la dirección facultativa, designado por el promotor, para llevar a cabo las tareas y actividades preventivas concretas en materia de seguridad y salud laboral.
- **Contratista.** Es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato.
- **Subcontratista.** Es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.
- **Trabajador autónomo.** Es la persona física, distinta del contratista y del subcontratista, que asume contractualmente ante el contratista o el subcontratista el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

4.2.2. Estudio de seguridad y salud

Tanto el estudio de seguridad y salud (ESS) como el estudio básico de seguridad y salud (EBSS) tienen por objetivo prevenir accidentes y enfermedades laborales durante la ejecución de una obra. Para ello, especifica una serie de medidas determinadas que deben adoptarse durante la obra, y que deben estar **calculadas, reflejadas en los planos, presupuestadas y definidas sus condiciones de implantación y uso**. El artículo 4 del RD 1627/1997 (seguridad y salud en obras de construcción) dispone la **obligatoriedad de realizar un estudio de seguridad y salud o un estudio básico de seguridad y salud** en las obras. Así, el estudio forma parte del proyecto, debiendo ser coherente con el contenido del mismo y recoger las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleva la realización de la obra. La obligación de que deba elaborarse este estudio recae en el **promotor**, que lo deriva directamente al proyectista, pero no todas las obras requieren un estudio de seguridad y salud, sino aquellas en las que se den **alguno** de los siguientes supuestos (en aquellas obras en las que no se cumpla ninguno de estos supuestos, se requiere un EBSS):

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a **450.760 €** (75 millones de pesetas).
- Que la **duración estimada** de la obra sea de más de **30 días laborables** y se empleen en algún momento a **más de 20 trabajadores simultáneamente**.
- Que el **volumen** de la obra estimada, entendiéndose por tal la suma de días de trabajo por el total de trabajadores, sea **superior a 500**.
- En todas las obras de **túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas**.

El contenido que se debe incluir en un ESS es el mismo que el de un proyecto, es decir: memoria, pliego de condiciones, planos, mediciones y presupuesto. Por ello, el ESS puede presentarse como un documento independiente del propio proyecto, o bien incluirlos como anexo dentro de la propia memoria, pliego, etc., del proyecto:

- **Memoria.** De acuerdo con las condiciones del entorno, la tipología y las características de los materiales, la determinación del proceso productivo y el orden de realización de los trabajos, la memoria deberá recoger:
 - La **descripción** de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse.
 - La identificación de los riesgos laborales que **puedan evitarse** y medidas preventivas a tomar.
 - Relación de riesgos laborales que **no puedan eliminarse** y las **medidas correctoras o preventivas** tendentes a controlar, reducir o atenuar dichos riesgos, valorando su eficacia.
 - Descripción de los **servicios** sanitarios, higiénicos, de descanso o de alojamiento en función del número de trabajadores empleados.

Deberá hacer referencia a los siguientes aspectos:

- Conjunto de unidades de obra descritas según los métodos y sistemas de ejecución previstos en el proyecto. Ello implica analizar, desde el punto de vista preventivo, las **tareas y operaciones a desarrollar** durante la realización de dichas unidades de obra.
 - **Orden cronológico** de ejecución de la obra.
 - **Localización** en el centro de trabajo de las unidades de obra a ejecutar.
 - **Identificación de los riesgos laborales** que puedan ser evitados y relación de aquellos que no puedan eliminarse.
 - **Descripción** de las medidas preventivas, protecciones, equipos a utilizar y procedimientos a aplicar.
- **Pliego de condiciones.** Deberá tener en cuenta las **normas legales y reglamentarias aplicables** a las condiciones técnicas de la obra y las **prescripciones y medidas de seguridad** que deberán cumplimentarse en la utilización y conservación de las máquinas, útiles, herramientas y equipos preventivos. En función de esto, el pliego de condiciones debe hacer referencia a:
- **Normas legales** (disposiciones normativas con rango de ley) y reglamentarias (disposiciones normativas con rango de reglamento -real decreto, decreto, orden-) que puedan afectar a las características de la obra y que deberán ser tenidas en cuenta durante la ejecución de la misma. Se evitarán los listados generales de la normativa vigente.
 - **Criterios** que se tomarán como base para realizar las mediciones, valoraciones, certificaciones, abonos (incluidas las partidas alzadas de seguridad y salud) de cada una de las unidades de obra, así como para la aplicación de posibles sanciones.
 - Normas que afectan a los medios de **protección colectiva** que estén certificados y que vayan a utilizarse en la obra.
 - **Cálculos, prescripciones, pruebas**, etc. que sea necesario realizar para el diseño o la adecuación, instalación, utilización y mantenimiento de los medios de protección colectiva no normalizados que se prevea que se van a utilizar en la obra.
 - **Requisitos para la correcta instalación, utilización y mantenimiento** de cada uno de los equipos de trabajo (máquinas, herramientas y medios auxiliares) que se tenga previsto emplear en la obra.
 - **Requisitos de los materiales y productos** sometidos a reglamentación específica que vayan a ser utilizados en la obra.
 - **Requisitos de los equipos de protección individual y sus accesorios** en cuanto a su diseño, fabricación, utilización y mantenimiento.
 - Requisitos respecto a la **cualificación profesional**, formación e información preventiva del personal de obra.
 - **Condiciones particulares** que, en su caso, complementen aspectos concretos de los procedimientos de trabajo que hayan sido incluidos en la memoria.
 - Requisitos de la **señalización** en materia de seguridad y salud, vial, portuaria, aeroportuaria, etc.
 - Requisitos para el **control de acceso** de personas a la obra.
 - Requisitos de los **servicios higiénicos**, locales de descanso y alojamiento, comedores y locales para la prestación de los primeros auxilios.
 - **Obligaciones específicas** para la obra proyectada relativas a **contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos**.
- **Planos.** Conjunto de gráficos y esquemas como ilustración de las medidas preventivas definidas en la memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias. Los planos deben ser descriptivos y coherentes con el proyecto de ejecución, así como con el resto de los documentos que conforman el ESS, de tal modo que se facilite la localización y, en su caso, medición de aquellos elementos que puedan ser ubicados en la obra. Deberán tener en cuenta que:
- Su **presentación** sea adecuada.
 - Se localicen, de forma expresa, las zonas en las que se desarrolle trabajos incluidos en el anexo II (artículo 5.5 del RD 1627/1997).

- Los **medios de protección y sus elementos** se ubiquen de manera específica y concreta, determinándose los detalles necesarios para su montaje en obra.
- Figuren las fechas y firmas de los autores.
- **Mediciones.** Todas las **unidades o elementos de seguridad** y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados serán objeto de la correspondiente medición. En las mediciones se considerarán aquellas unidades o elementos que afecten, exclusivamente, a la obra de construcción proyectada, como puede ser el caso de una **protección colectiva** determinada, y **no aquellas otras aplicables a cada empresa con carácter general** e independiente de la obra de la que se trate, como ocurre con aspectos tales como la vigilancia de la salud de los trabajadores. A modo de orientación, y de forma no exhaustiva, podrían incluirse en las mediciones del estudio de seguridad y salud aspectos tales como:
 - **Dispositivos asociados a máquinas, equipos y medios auxiliares** que requieran ser incorporados a los mismos por circunstancias específicas de la obra (exceptuando aquellos que deben tener agregados para cumplir con la reglamentación en materia de seguridad y salud y demás normas que les sean de aplicación).
 - Medios de protección colectiva.
 - Medios de **delimitación física de la obra**: vallado, barreras de seguridad rígidas o portátiles, etc.
 - **Señalización y balizamiento.**
 - **Iluminación de emergencia.**
 - Equipos de lucha **contra incendios** fijos o móviles.
 - Sistemas de **ventilación y extracción** de aire.
 - Sistemas de **detección de gases** en recintos confinados (fijos o móviles).
 - Servicios **sanitarios y comunes**, incluidas sus infraestructuras y equipamiento.
 - Equipos de **protección individual**.
- **Presupuesto.** Ha de realizarse un presupuesto en el que se cuantifique el **conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del ESS**. Esta cuantificación supondrá la valoración unitaria de elementos con referencia al **cuadro de precios** sobre el que se calcula, procediendo posteriormente a la suma total y desecharlo en general las partidas alzadas que solo podrán figurar respecto a elementos u operaciones de difícil precisión. Además, conviene efectuar estas consideraciones:
 - Se incorporarán al presupuesto las **medidas alternativas** propuestas por el contratista en el plan de seguridad y salud en el trabajo juntamente con sus correspondientes mediciones, calidades y valoración, siempre que ello no suponga disminución del importe total ni de los niveles de protección contenidos en el estudio.
 - El presupuesto debe ir incorporado al presupuesto general de la obra como **un capítulo más**.
 - **No se incluirán** en el presupuesto los costes exigidos por la **correcta ejecución profesional de los trabajos**, de acuerdo con las normas reglamentarias y criterios técnicos generalmente admitidos.

En el caso de hacer un EBSS¹, el contenido que suele incluirse es:

- Justificación de la inclusión en el proyecto de un EBSS en lugar de un ESS.
- Identificación y descripción de la obra y de las normas de seguridad y salud aplicables a los trabajos, ajustándose al tipo de obra a realizar.
- Identificación de riesgos laborables que pueden ser evitados, indicando las medidas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, determinando las medidas preventivas o protecciones técnicas (controlar y reducir).

¹Recuérdese que se debe hacer un EBSS, según el art. 4 del RD 1627/1997: "En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud."

- Valoración de la eficacia de las protecciones técnicas para controlar y reducir los riesgos que no pueden ser eliminados.
- Medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en los apartados del anexo II del RD 1627/1997.
- Previsiones e informaciones para la prevención de los trabajos posteriores.

4.3. Medio Ambiente

4.3.1. Legislación en materia medioambiental

Según la Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo [9], el medio ambiente es un sistema formado por:

- a) El ser humano, la fauna y la flora.
- b) El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- c) Los bienes materiales y el patrimonio cultural.
- d) La interacción entre los factores contemplados en las letras a), b) y c).

Se dice que hay **impacto ambiental** cuando se produce una alteración significativa en el medio ambiente como resultado de una actividad humana; en el caso concreto que aquí se aborda, por el desarrollo de un proyecto. Existen diferentes clasificaciones sobre un impacto ambiental:

- Según su **efecto**:
 - *Positivo*: Produce una mejora en el medio ambiente (reforestación, gestión eficiente de recursos, etc.).
 - *Negativo*: Produce un empeoramiento del medio ambiente (contaminación, sobreexplotación de recursos, cambio climático, etc.).
- Según el **momento en que se producirá la alteración**:
 - *Directo*: Se aprecia de manera inmediata, en un corto periodo de tiempo.
 - *Indirecto*: A largo plazo.
- Segundo su **aparición**:
 - *Acumulativo*: Se produce por la suma de impactos de pequeño tamaño a lo largo del tiempo en una misma zona (aunque los impactos son de pequeño tamaño, su acumulación hace que acaben teniendo un efecto mayor).
 - *Sinérgico*: Se produce cuando se están dando conjuntamente diferentes actividades que provoquen mayor incidencia ambiental.
- Segundo la **posibilidad de reversibilidad**:
 - *Reversible*: Se puede volver al estado medioambiental inicial (tratamiento de agua contaminada, reforestación, etc.).
 - *Irreversible*: No hay tratamientos específicos para recuperar el estado medioambiental inicial.
- Segundo la **posibilidad de que ocurra**:
 - *Actual*: Está ocurriendo u ocurrirá con seguridad.
 - *Potencial*: Puede ocurrir si no se toman ciertas medidas.
- Segundo su **duración**:
 - *Temporal*: El impacto podría desaparecer con el tiempo y la zona afectada recuperarse; se considera que tiene una duración media de entre 10 y 19 años.
 - *Permanente*: Impacto que perdura más de 20 años.
- Segundo la **extensión**:

- *Local*: Solo afecta a un territorio.
- *Diseminado*: El impacto se expande a espacios lejanos.

A nivel nacional, la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental [10], reúne en un único texto las bases que deben regir la evaluación ambiental de planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, y puede ser simplificada u ordinaria:

- Los **planes y programas**² deben realizar una evaluación ambiental estratégica (EAE), obteniendo:
 - Declaración ambiental estratégica, que finaliza la EAE ordinaria.
 - Informe ambiental estratégico, que finaliza la EAE simplificada.
- Los **proyectos** deben realizar una evaluación de impacto ambiental (EIA), obteniendo:
 - Declaración de impacto ambiental, que finaliza la EIA ordinaria.
 - Informe de impacto ambiental, que finaliza la EIA simplificada.

Esta ley pretende ser un instrumento eficaz para la protección medioambiental, por lo que se propone **simplificar el procedimiento de evaluación ambiental**, incrementar la seguridad jurídica de los operadores y, en íntima relación con este último fin, lograr la concertación de la normativa sobre evaluación ambiental en todo el territorio nacional. Se establecen los siguientes plazos máximos:

- Evaluación estratégica ordinaria: 22 meses, prorrogable por 2 meses más por razones justificadas debidamente motivadas.
- Evaluación ambiental estratégica simplificada: 4 meses.
- Evaluación de impacto ambiental ordinaria: 4 meses, prorrogable por 2 meses más por razones justificadas debidamente motivadas.
- Evaluación de impacto ambiental simplificada: 3 meses.

A nivel autonómico, hay que considerar también la Ley 2/2020, de 7 de febrero, de Evaluación Ambiental de Castilla-La Mancha [11].

4.3.2. Evaluación de impacto ambiental

Según la legislación española, se entiende por “Evaluación Ambiental” el **proceso a través del cual se analizan los efectos significativos que tienen o pueden tener los planes, programas o proyectos, antes de su adopción, aprobación o autorización sobre el medio ambiente**.

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos debe identificar, describir y evaluar de forma apropiada, en función de cada caso particular y de conformidad con la ley, todos los efectos de un proyecto sobre el medio ambiente, entendido este como se definió en la Sección 4.3.1 (efectos sobre el ser humano, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, los bienes materiales, el patrimonio cultural y las interacciones entre ellos). El promotor del proyecto es el encargado de confeccionar el **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)**, donde se recoge la información necesaria para **determinar cuál es la alternativa que va a causar un menor impacto en el entorno del proyecto** y la Administración competente para resolver a favor o en contra, pudiendo llegar a designar un seguimiento del proyecto.

La EIA exige comparar las situaciones del entorno en cada una de las fases del proyecto: construcción, explotación y abandono. Por ello, es útil distinguir cuatro estados cualitativos del proyecto:

- **Estado pre-operacional** o estado cero.
- **Estado de construcción** que supone conocer las modificaciones que va a sufrir el entorno con motivo de las obras. Es habitual que sea en esta fase donde se producen los mayores impactos.
- **Fase de explotación**, que supone conocer la incidencia en el entorno durante la vida de la instalación, como consecuencia de su funcionamiento y explotación. Es importante considerar que dicha instalación no permanecerá inalterable en el transcurso del tiempo, lo que puede modificar los impactos previstos.

²La Ley 21/2013 define los planes y programas como el conjunto de estrategias, directrices y propuestas destinadas a satisfacer necesidades sociales, no ejecutables directamente, sino a través de su desarrollo por medio de uno o varios proyectos.

■ **Estado del entorno una vez agotada la vida útil** de la instalación.

El procedimiento ordinario de **evaluación de impacto ambiental** está integrado por dos documentos básicos:

- **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA).** Contiene la información necesaria para evaluar los posibles efectos significativos del proyecto sobre el medio ambiente (población, salud humana, flora, fauna, biodiversidad, geodiversidad, suelo, subsuelo, aire, agua, etc.) y permite adoptar las decisiones adecuadas para prevenir y minimizar dichos efectos (Ley 21/2013, Art. 5.3 y 35.1 [10]).
- **Declaración de Impacto Ambiental (DIA).** Sobre la base del EsIA, la autoridad competente de medio ambiente determina, si procede o no, a los efectos ambientales, la realización del proyecto y, en su caso, las condiciones en las que puede desarrollarse, las medidas preventivas, correctoras y compensatorias (Ley 21/2013, Art. 41 [10]):
 - *Medidas preventivas:* Acciones que se llevan a cabo para evitar la aparición de efectos ambientales negativos (o mitigarlos anticipadamente).
 - *Medidas correctoras:* Acciones que atenúan el impacto ambiental: la afección es inevitable, pero se puede minimizar.
 - *Medidas compensatorias:* Acciones que compensan un efecto negativo inevitable, generando efectos positivos en otras zonas.

La evaluación de impacto ambiental de proyectos comprende las siguientes actuaciones:

1. **Presentación de la solicitud de evaluación de impacto ambiental y del documento inicial del proyecto por parte del promotor** ante el órgano que determine cada comunidad autónoma y este, una vez mostrada su conformidad con los documentos, los enviará al órgano ambiental. En aquellos proyectos en los que corresponda a la Administración General del Estado su autorización o aprobación, la documentación a que se refiere este apartado se presentará ante el órgano sustantivo. Este documento inicial se trata de un **documento breve**, en el que se informa de las características más relevantes del proyecto a realizar, principales alternativas, potenciales impactos y un diagnóstico territorial y del entorno afectado por el proyecto (Ley 21/2013, Art. 34.2 [10]).
2. A la vista de este documento inicial, el **órgano ambiental consultará a las Administraciones públicas afectadas por el proyecto** y, además, podrá ampliar sus consultas a personas, especialistas u organizaciones vinculadas a la protección del medio ambiente (Ley 21/2013, Art. 34.3 [10]). Esta fase recibe el nombre de *scoping*.
3. Recibidas las contestaciones, se comunicará al titular del proyecto el contenido de aquellas, así como los **aspectos más significativos que deben tenerse en cuenta en la realización del estudio de impacto ambiental**.
4. Una vez redactado y presentado, el **estudio de impacto ambiental será sometido al trámite de información pública**, bien junto al proyecto, si este, por su naturaleza, exigiera este trámite de información pública, o bien de forma aislada, si la legislación de aplicación al proyecto no lo exigiera. El órgano sustantivo informará al público de los aspectos relevantes relacionados con el procedimiento de autorización del proyecto (Ley 21/2013, Art. 36 [10]).
5. El órgano sustantivo **remitirá el expediente al órgano medioambiental**, acompañado, en su caso, de las observaciones que estime oportunas, al **objeto de que este formule una Declaración de Impacto Ambiental (DIA)**, en la que se determine las condiciones que deberán cumplirse a la hora de ejecutar el proyecto con el fin de proteger el medio ambiente (Ley 21/2013, Art. 39.3 [10]).
6. La declaración de impacto ambiental determinará, únicamente a efectos ambientales, **la conveniencia o no de realizar el proyecto**, y en caso afirmativo fijará las condiciones en que debe realizarse (**condicionado ambiental**).

Es importante destacar que la denominación de un impacto ambiental es la siguiente:
Alteración + Sub-factor afectado + Acción que provoca el impacto

Ejemplo 4.2 Ejemplos sobre cómo denominar un impacto ambiental:

- Disminución del confort sonoro diurno por el transporte de materiales
- Degradoación de la vegetación de un bosque provocada por un vertido
- Disminución de la calidad del aire por emisiones de una central

4.3.3. Estudio de impacto ambiental

Los proyectos que hayan de someterse a evaluación de impacto ambiental (anexos I y II de la Ley 21/2013 [10]) deberán incluir un estudio de impacto ambiental, cuya amplitud y nivel de detalle se determinará previamente por el órgano ambiental. Dicho estudio contendrá, al menos, los siguientes datos:

- **Descripción general del proyecto** y previsiones en el tiempo sobre la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
- **Exposición de las principales alternativas estudiadas**, incluida la alternativa cero (no realización del proyecto), y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.
- **Evaluación y, si procede, cuantificación de los efectos previsibles directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto** sobre el medio ambiente, durante las fases de ejecución, explotación y, en su caso, durante la demolición o abandono del proyecto.
- **Medidas que permitan prevenir, corregir y compensar**, en su caso, los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- **Programa de vigilancia ambiental**, cuya finalidad es garantizar que se cumplan las medidas correctivas y preventivas establecidas en el estudio.
- **Resumen del estudio y conclusiones** en términos fácilmente comprensibles.

4.3.4. Declaración de impacto ambiental

La declaración de impacto ambiental es la **respuesta** del órgano ambiental al estudio de impacto ambiental presentado por el promotor. Una vez finalizado el análisis técnico del expediente de evaluación de impacto ambiental, el órgano ambiental formulará la declaración de impacto ambiental, la cual tendrá la naturaleza de **informe preceptivo y determinante**, y determinará si procede o no, a los efectos ambientales, la realización del proyecto y, en su caso, las condiciones en las que puede desarrollarse las medidas correctoras y las medidas compensatorias. En el plazo de quince días desde que adopte la decisión de autorizar o denegar el proyecto, el órgano sustitutivo remitirá al BOE o diario oficial correspondiente (DOCM), para su publicación, un extracto del contenido de dicha decisión. Asimismo, publicará en su sede electrónica la decisión sobre la autorización o denegación del proyecto. En la DIA son tres las decisiones que debe adoptar el órgano ambiental:

- La **viabilidad ambiental**.
- El establecimiento del **condicionado ambiental**.
- El **seguimiento de las actuaciones** conforme con el programa de vigilancia ambiental.

4.3.5. Métodos para la realización de un estudio de impacto ambiental

Se presentan a continuación las metodologías más utilizadas para analizar el impacto ambiental [12].

Métodos para ponderar factores

Método Delphi Es un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo. En el método Delphi se utilizan los siguientes términos:

- **Panel de expertos**: Conjunto de expertos que forman el grupo.

- **Moderador:** Responsable del equipo técnico que recoge las respuestas y prepara los cuestionarios.
- **Cuestionarios:** Documento que se envía a los expertos, formado por cuestiones y resultados de las anteriores circulaciones.
- **Circulación:** Forma en que se van presentando los sucesivos cuestionarios.

El objetivo de los cuestionarios sucesivos es disminuir el espacio intercuartil, esto es, cuánto se desvía la opinión del experto de la opinión del conjunto, precisando la mediana de las respuestas obtenidas. Al final se obtiene el valor del rango $R_{f,i}$ que cada individuo i atribuye al factor f . Cada rango $R_{f,i}$ debe ir desde 0 hasta $n - 1$, siendo n el número de factores.

Técnica de jerarquización u ordenación por rangos Basándose en el resultado del método Delphi, se calcula el peso de cada factor aplicando la siguiente expresión:

$$P_f = \frac{\sum_{i=1}^m R_{f,i}}{\sum_{f=1}^n \sum_{i=1}^m R_{f,i}} \quad (4.1)$$

donde m es el número total de expertos y n es el número total de factores. Una vez calculados los pesos de todos los factores, se pueden ordenar de menor a mayor.

Métodos para identificar acciones, subfactores o impactos

Listas de chequeo o control Se trata de una lista, elaborada por expertos, donde se proporciona un enfoque estructurado para identificar los impactos claves y factores ambientales pertinentes que han de ser considerados. Aunque las listas de chequeo se pueden aplicar para formular el EsIA de prácticamente cualquier proyecto, generalmente son **insuficientes** como método analítico y necesitan completarse con otras herramientas. De hecho, tienen el inconveniente de que, por ejemplo, algún impacto muy específico no quede reflejado. En la Figura 4.3.1 se muestra un ejemplo de este tipo de listas. Para cada uno de estos subfactores, se debería indicar si afecta, si no afecta, o si es posible que se vea afectado.

Matrices de interacción causa–efecto Se trata de una tabla de doble entrada, en la cual se relaciona cada acción del proyecto (indicadas en las columnas de la tabla) con los factores ambientales a los que pueden afectar (representados en las filas). En las casillas de interacción se puede añadir una \times para indicar la interacción, o incluso seguir un código numérico o de colores para indicar la gravedad/importancia. Un ejemplo de este tipo de matriz se presenta la Figura 4.3.2. La matriz más importante de interacción causa–efecto es la **matriz de Leopold** y apareció en 1971. Inicialmente, en esta matriz se consideraban 100 acciones y 88 factores, aunque en la actualidad se puede ajustar el número de acciones y factores (método de Leopold reducido) a cada proyecto concreto. En las casillas de cruce, se indica la magnitud (intensidad) del impacto (esquina superior izquierda, con signo) y la importancia (peso relativo que el factor tiene en el proyecto o posibilidad de que se presenten las alteraciones) en la esquina inferior derecha, siempre $+$, siguiendo una escala del 1 al 10 en ambos casos. Una vez completada la matriz, se cuentan los impactos que afectan a cada factor y que provoca cada acción, haciendo distinción entre impactos positivos y negativos. De esta manera, se sabe a cuántos factores afecta cada acción; y también a cuántos factores afecta cada una de las acciones. Además, si se multiplica *magnitud* \times *importancia* de cada casilla de cruce, y se hace la suma para cada acción y factor, se obtiene una estimación cuantitativa del impacto total. En la Figura 4.3.3 se muestra un ejemplo de matriz de Leopold.

Además de la matriz de Leopold, existe también la **matriz de importancia**. En este caso, únicamente se muestra en las casillas de cruce el valor de la importancia de un impacto, que se determina a partir de:

$$I = \pm(3 \cdot IN + 2 \cdot EX + MO + PE + RV + MC + SI + AC + EF + PR) \quad (4.2)$$

donde:

IN Es la **intensidad**, y hace referencia al grado de incidencia (destrucción) de la acción sobre el factor, con un baremo comprendido entre 1 (baja) y 12 (total).

| SISTEMA | SUBSISTEMA | COMPONENTE AMBIENTAL |
|----------------------------------|----------------------|--|
| MEDIO FÍSICO | MEDIO INERTE | Aire Clima Agua Tierra y suelo Procesos Vegetación Fauna Procesos |
| | | Valor testimonial Paisaje Intervisibilidad Componentes singulares Recursos científico culturales Recreativo Producción Conservación de la naturaleza Viario rural Proceso |
| | | M. DE NÚCLEOS URBANOS |
| | MEDIO SOCIO CULTURAL | Estructura de los núcleos Estructura urbana y equipamientos Infraestructura y servicios Patrimonio histórico artístico |
| | | Aspectos culturales Servicios colectivos Aspectos humanos Patrimonio histórico artístico |
| | | MEDIO ECONÓMICO |
| | | Economía Población |
| MEDIO SOCIO-ECONOMICO Y CULTURAL | | |

Figura 4.3.1: Lista de revisión o chequeo [13]

| | Acción 1 | Acción 2 | Acción 3 | Acción 4 | Acción 5 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Factor 1 | | | | | |
| Factor 2 | | x | | | |
| Factor 3 | | | | | x |
| Factor 4 | | | | | |
| Factor 5 | | | x | | |
| Factor 6 | | | | | |
| Factor 7 | | | | | |
| Factor 8 | x | | | x | |

Figura 4.3.2: Matriz causa–efecto

| | | ACCIONES DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------|
| FACTORES MEDIO AMBIENTALES | ACCIONES | Ubicación de los aerogeneradores | Cimentación de las torres | Construcción de la subestación | Construcción de la línea eléctrica | Construcción de caminos itinerantes | Tratamiento de residuos | Explosión del parque | TOTALES DE IMPACTOS | IMPACTOS POSITIVOS | IMPACTOS NEGATIVOS | PROMEDIO ARITMÉTICO | |
| | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | FÍSICO-QUÍMICAS | Agua | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Microclima | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Tierra | -4 4 | -8 4 | -3 3 | -4 8 | -5 3 | -2 4 | -5 4 | 7 | 0 | 7 | -132 |
| | | Erosión | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Aire | | | -3 | | -6 | -4 | | 3 | 0 | 3 | -45 |
| | | Ruido | -4 4 | -4 4 | -8 4 | -4 4 | -8 4 | -7 4 | | 6 | 0 | 6 | -140 |
| | BIOLÓGICAS | Diversidad flora | | -3 3 | | -4 3 | | -3 3 | | 3 | 0 | 3 | -30 |
| | | Diversidad fauna | -7 3 | -3 3 | -4 3 | -3 3 | | -8 3 | -8 7 | 6 | 0 | 6 | -131 |
| | | Pájaros | -9 8 | | -6 4 | -7 4 | | -9 8 | | 4 | 0 | 4 | -196 |
| TOTAL DE IMPACTOS | | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 29 | | | | |
| IMPACTOS POSITIVOS | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | |
| IMPACTOS NEGATIVOS | | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | | | 29 | | |
| PROMEDIO ARITMÉTICO | | -125 | -66 | -86 | -97 | -71 | -53 | -176 | | | | -674 | |

Figura 4.3.3: Matriz de Leopold

EX Es la **extensión**, y se refiere al área de influencia. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno, teniendo efecto en todo él, el impacto será total (8). *Si el efecto es puntual, pero se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor 4 unidades por encima del que le correspondería.*

MO Es el **momento**, y hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor considerado. Así, cuando el momento es inferior a un año, se le asigna un valor 4 (momento inmediato). Si el periodo de tiempo va de 1 a 5 años, se le asigna un 2 (momento a medio plazo), y si el efecto tarda en aparecer más de 5 años, se le asigna un 1 (momento a largo plazo). *Si concurriera alguna circunstancia que hiciera crítico el momento de la aparición, se le atribuiría un valor 4 unidades superior a la correspondiente.*

PE Es la **persistencia**, se refiere al tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, se le asigna un valor 1 (efecto fugaz). Si dura entre 1 y 10 años, se le asigna un valor 2 (efecto temporal); y si tienen una duración superior a los 10 años, se le asigna un valor 4 (efecto permanente).

RV Es la **reversibilidad**, se refiere a la posibilidad de reconstruir el factor afectado por medios naturales. Si es a corto plazo, se le asigna un valor 1; si es a medio plazo, se le asigna un valor 2; y si el efecto es irreversible, se le asigna un valor de 4.

MC Es la **recuperabilidad**, se refiere a la posibilidad de reconstruir el factor, por medio de intervención humana. Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor 1 si es inmediato y 2 si es a medio plazo. Si es parcialmente recuperable (el efecto es mitigable), toma un valor de 4. Cuando un efecto es irrecuperable se le asignará un valor 8; y *en el caso de ser irrecuperable, pero existir la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será 4.*

SI Es la **sinergia**, hace referencia al grado de reforzamiento del efecto de una acción sobre un factor debido a la presencia de otra acción. Cuando una acción que actúa sobre un factor no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, se tomará el valor 1; si presenta un sinergismo moderado, toma un valor 2; si es altamente sinérgico, toma valor 4. *Si se presentaran casos de debilitamiento (es decir, la acción simultánea de dos acciones sobre un mismo factor debilita el resultado que se cabría esperar por separado), la valoración del efecto presentará valor con el signo negativo.*

AC Es la **acumulación**, hace referencia al incremento progresivo de la manifestación del efecto. Cuando la acción no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como 1, y si el efecto es acumulativo, el valor será 4.

EF Es el **efecto**, hace referencia a la relación causa-efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario (valor 4), si la repercusión de la acción tiene consecuencias directas sobre el factor; o puede ser indirecto o secundario, si su manifestación no es consecuencia directa (valor 1).

PR Es la **periodicidad**, se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto. Si es un efecto irregular, toma el valor 1; si es un efecto periódico, o de forma impredecible, valdrá 2; si tiene un efecto continuo, su valor es de 4.

A la vista de estos valores, y con la expresión (4.2), la importancia puede variar desde 13 a 100. Cuando un impacto tiene una importancia cercana a 13, implica que dicho impacto es muy poco importante. Por el contrario, cuanto mayor sea la importancia, más significativo es el impacto, hasta llegar a un máximo de 100.

Ejemplo 4.3 Determinar la importancia de una acción de un proyecto sobre el deterioro del terreno en el que se va a hacer la obra, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Intensidad (IN): Muy alta**
- **Extensión (EX): Efecto total**
- **Momento (MO): Inmediato**
- **Persistencia (PE): Temporal, entre 1 y 10 años**
- **Reversibilidad (RV): Medio plazo**
- **Recuperabilidad (MC): Parcialmente recuperable, mitigable**
- **Sinergia (SI): Sinergismo moderado debilitador**
- **Acumulación (AC): Acumulador**
- **Efecto (EF): Efecto directo o primario**
- **Periodicidad (PR): Efecto irregular**

Sol.: $I = -59$

Ejemplo 4.4 Determinar la importancia de una acción de reforestación, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Intensidad (IN): Grado de destrucción 1**
- **Extensión (EX): Puntual**
- **Momento (MO): Manifestación a largo plazo**
- **Persistencia (PE): Fugaz**
- **Reversibilidad (RV): Corto plazo**
- **Recuperabilidad (MC): Inmediato**
- **Sinergia (SI): Muy sinérgico**
- **Acumulación (AC): Simple**
- **Efecto (EF): Secundario**
- **Periodicidad (PR): Periódico**

Sol.: $I = +17$

Ejemplo 4.5 Determinar la importancia de una acción de un proyecto sobre el deterioro de la calidad del aire, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Intensidad (IN): Total**
- **Extensión (EX): Puntual crítica**
- **Momento (MO): Medio plazo crítico**
- **Persistencia (PE): Temporal**
- **Reversibilidad (RV): Irreversible**
- **Recuperabilidad (MC): Irrecuperable**
- **Sinergia (SI): Sin sinergismo**
- **Acumulación (AC): Acumulativo**
- **Efecto (EF): Secundario**
- **Periodicidad (PR): Continuo**

Sol.: $I = -76$

Ejemplo 4.6 Determinar la importancia de una acción de un proyecto sobre el deterioro de la flora y fauna, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Intensidad (IN): Media**
- **Extensión (EX): Extenso**
- **Momento (MO): Nulo**
- **Persistencia (PE): Superior a 10 años**
- **Reversibilidad (RV): Medio plazo**
- **Recuperabilidad (MC): Irrecuperable con posibilidad de introducir medidas compensatorias**
- **Sinergia (SI): Moderado de debilitamiento**
- **Acumulación (AC): No acumulable**
- **Efecto (EF): Indirecto**
- **Periodicidad (PR): Impredicable**

Sol.: $I = -30$

Métodos de evaluación de impactos: Método Batelle–Columbus

Este método fue diseñado por los americanos para determinar el impacto de un proyecto hidráulico, siendo el primer esfuerzo serio de valoración y cuantificación de impactos. El método sigue el siguiente procedimiento:

1. **Elaboración o selección del árbol de factores.** El método parte de un árbol de factores genérico, que divide el entorno en 4 categorías ambientales (ecología, contaminación ambiental, aspectos estéticos y aspectos de interés humano). Estas categorías ambientales se clasifican a su vez en componentes ambientales, cada una de las cuales está formada por factores ambientales. En total, en este método, el árbol está formado por 78 factores ambientales, aunque se puede adaptar este árbol a cada entorno específico. Se puede ver este árbol de factores en [13].
2. **Asignación del peso relativo a los factores ambientales,** mediante una encuesta tipo Delphi. Dentro de un entorno, no todos los factores contribuyen de la misma forma a la calidad ambiental de ese entorno. Hay factores considerados muy importantes y otros que no lo son tanto, en función

de su contribución a la buena o mala calidad ambiental del entorno (por ejemplo, no es lo mismo el impacto visual que aumentar las emisiones de CO₂)³. Por esta razón, a los factores ambientales se les asigna un peso relativo en función de la importancia que tienen dentro del entorno. Estos pesos suelen obtenerse mediante encuestas tipo Delphi, necesitando que el panel de expertos sea representativo de todos los subfactores que se van a ponderar. Dado que se considera que el entorno tiene una total de 1000 unidades de importancia relativa (UIP), con los pesos relativos de cada factor, estos 1000 UIP se reparten de forma relativa, mediante la técnica de jerarquización por rangos (ecuación (4.1)).

3. **Valoración de los impactos.** Para ello, se calcula la “cantidad” de calidad ambiental que pierde o que gana cada uno de los factores considerados, es decir, se resta la calidad ambiental del factor en la situación **con proyecto** y la calidad ambiental del factor en la situación **sin proyecto** por medio de los indicadores ambientales. Se tiene que elegir un indicador para cada factor, identificándolo mediante su n.^º. Se mide el valor del indicador **sin** ($Ind_{f,sin}$) y se estima el valor del indicador en la situación **con** ($Ind_{f,con}$). Lógicamente, estos valores están en las unidades que marque el indicador. A veces serán unidades de medida convencionales (concentración, nivel de ruido, ...) y otras veces serán escalas (bueno, malo, ...). Siempre serán unidades heterogéneas (incommensurables) que no se pueden sumar. Hay que transformarlas en unidades homogéneas o commensurables. Para ello, se usan las funciones de transformación o curvas de valor (f) que transforman los valores de los indicadores (Ind) en unidades de calidad ambiental (CA) que van siempre de 0 a 1 y que sí se pueden sumar. Así, mediante la función de transformación del indicador elegido para medir el factor f , se transforma el $Ind_{f,sin}$ en $CA_{f,sin}$ y el $Ind_{f,con}$ en $CA_{f,con}$. Por diferencia de los niveles de calidad ambiental en las situaciones con y sin, se obtiene el valor global de los impactos para cada factor:

$$V_f = CA_{f,con} - CA_{f,sin} \quad (4.3)$$

4. **Impacto total.** Se calcula el impacto total del proyecto sobre el entorno como la suma del valor global de los impactos V_f , ponderada por el peso de los factores, P_f . El dato está en tanto por uno, puesto que el denominador debe ser 1000:

$$V_p = \frac{\sum_{f=1}^n V_f \cdot P_f}{\sum_{f=1}^m P_f} \quad (4.4)$$

Referencias

- [1] UNE 157001:2014 — *Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico*. Una Norma Española, 2015.
- [2] Real Academia Española. <https://dle.rae.es/>.
- [3] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, 1995.
- [4] Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [5] Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [6] Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [7] Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Boletín Oficial del Estado, 1997.
- [8] Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Boletín Oficial del Estado, 1997.

³No se debe confundir, por tanto, la importancia de un impacto con la importancia de un factor. Si un factor tiene un peso relativo bajo y experimenta un impacto negativo significativo, la pérdida de calidad ambiental del entorno no será considerable, incluso si el impacto es significativo. Por otro lado, si un factor tiene un peso relativo elevado y sufre un impacto poco importante, la pérdida de calidad ambiental del entorno será significativa, aunque el impacto en sí no lo sea, debido a la gran contribución que este factor tiene en la calidad ambiental del entorno, es decir, debido a su alto peso específico o relativo.

4. SEGURIDAD Y SALUD Y MEDIO AMBIENTE

- [9] *Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011 , relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.* Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2011.
- [10] *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.* Boletín Oficial del Estado, 2013.
- [11] *Ley 2/2020, de 7 de febrero, de Evaluación Ambiental de Castilla-La Mancha.* Boletín Oficial del Estado, 2020.
- [12] María Dolores Encinas Malagón y Zuriñe Gómez de Balugera López de Alda. *Evaluación de Impacto Ambiental: Aspectos teóricos.* 2011.
- [13] Vicente Conesa Fernández-Vitoria. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.* Ediciones mundi-prensa, 2009.

Capítulo 5

Calidad y Recursos Humanos

5.1. Introducción: claves del éxito en un proyecto

El **éxito de un proyecto** puede medirse basándose en:

- Cumplimiento de los **plazos** en los que debía ejecutarse.
- Cumplimiento del **presupuesto**.
- **Calidad** técnica esperada de los entregables.
- Nivel de **satisfacción** del cliente.

5.2. Definición de calidad

Entre las definiciones del término **calidad** que se muestran en el diccionario de la RAE [1], aparece la siguiente:

Adecuación de un producto o servicio a las características especificadas.

Una definición similar se proporciona en la norma UNE-EN ISO 9001:2015 [2]:

La totalidad de las funciones y características de un producto o servicio que cumplen y satisfacen las necesidades o requerimientos implícitos o explícitos del mismo.

Y la Sociedad Americana para la Calidad (American Society for Quality) [3] considera que la **calidad** es:

El grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

Por tanto, independientemente de la definición que se prefiera, se deduce que cuanto mejor responda un producto o servicio a las expectativas del cliente o usuario, mayor calidad tendrá. Es decir, la calidad siempre se debe entender como el **grado en el que el conjunto de características cumplen con los requisitos**, entendiendo por requisitos, las **necesidades o expectativas establecidas**, generalmente recogidas explícitamente en un **acuerdo o contrato**, o de forma implícita en normas obligatorias. Por ello, es necesario que las expectativas del cliente estén **perfectamente definidas, cuantificadas y recogidas** en la lista de especificaciones del proyecto.

Las **normas ISO 9000** son un conjunto de estándares internacionales relacionados con la **gestión de la calidad en las organizaciones**. Estas normas son desarrolladas y publicadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y se utilizan ampliamente en todo el mundo para establecer **sistemas de gestión de calidad efectivos y eficientes**. Es importante destacar que las normas ISO 9000 **no son obligatorias**, pero muchas organizaciones eligen implementarlas para mejorar su desempeño, aumentar la satisfacción del cliente y obtener una ventaja competitiva en el mercado. Además, cumplir con los requisitos de estas normas puede conducir a la **certificación** por parte de un organismo externo, lo que demuestra el cumplimiento y la conformidad con los estándares establecidos. A continuación, se proporciona una breve descripción de las principales normas de la serie ISO 9000:

- **ISO 9000:2015.** Proporciona una introducción general a los conceptos y principios de gestión de la calidad que subyacen en la serie ISO 9000. No es una norma de certificación, pero ofrece orientación sobre cómo interpretar e implementar los requisitos de la norma ISO 9001 [4].

- **ISO 9001:2015.** Es la norma central y más reconocida de la serie ISO 9000. Establece los requisitos para un sistema de **gestión de calidad en una organización** y se aplica a cualquier tipo de empresa, sin importar su tamaño o sector. Establece principios y procesos para asegurar que una organización cumple con los requisitos del cliente, mejora continuamente y demuestra su capacidad para proporcionar productos y servicios de calidad [5].
- **ISO 9004:2018.** Proporciona pautas para **mejorar el desempeño y la eficacia de una organización** en general. Se centra en la mejora continua, la satisfacción del cliente y el logro de resultados sostenibles a largo plazo [6].

5.2.1. ISO 9001:2015

La norma ISO 9001:2015 [5] establece los requisitos que debe cumplir una organización para conseguir un sistema de gestión de calidad adecuado. Promueve la adopción de:

- **Enfoque basado en procesos.** La organización debe identificar y gestionar los procesos necesarios para el logro de los resultados deseados y la satisfacción del cliente.
- **Enfoque en el cliente.** Se enfatiza la importancia de comprender y cumplir con los requisitos y expectativas del cliente. La organización debe determinar y satisfacer las necesidades del cliente, y demostrar su capacidad para proporcionar productos o servicios que cumplan con esos requisitos.
- **Liderazgo y compromiso de la dirección.** Establece que la alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con el sistema de gestión de calidad, estableciendo una política de calidad, asignando responsabilidades y autoridades y promoviendo la mejora continua en la organización.
- **Mejora continua.** Se trata de uno de los principios fundamentales de la norma. La organización debe buscar oportunidades para mejorar su desempeño y eficacia en el logro de los objetivos de calidad. Esto implica establecer objetivos medibles, realizar el seguimiento de su progreso y tomar acciones para mejorar, lo que se conoce como el **ciclo de mejora continua** (o ciclo PDCA: *Plan, Do, Check, Act* — Figura ??):
 - *Plan* (Planificar): En esta etapa, se establecen los objetivos de calidad y los procesos necesarios para lograrlos. Para ello, se deben identificar los requisitos y expectativas del cliente, establecer métricas de desempeño y desarrollar planes de acción para cumplir los objetivos.
 - *Do* (Hacer): Despues, se implementan los planes y procesos definidos, ejecutando las actividades planificadas y recopilando información relevante sobre el desempeño de los procesos.
 - *Check* (Comprobar): Ahora se monitoriza y compara el desempeño real (resultados en términos de rendimiento) con los objetivos y métricas establecidos en la etapa de planificación. Así, se evalúa si los procesos están funcionando de forma efectiva y si se están logrando los resultados deseados. Es necesario tener auditorías internas y revisiones por parte de la dirección.
 - *Act* (Actuar): En función de los resultados, se deben tomar acciones, ya sea para incorporar lo aprendido (si no hay desviaciones entre lo obtenido y lo esperado) o para empezar el ciclo de nuevo si hay que corregir cualquier desviación identificada en la etapa anterior.

La aplicación de la norma ISO 9001:2015 en una organización puede proporcionar ciertos beneficios a esta. Al obtener dicha certificación, una organización demuestra su compromiso con la excelencia en la gestión y satisfacción del cliente, por lo que le proporciona:

- **Beneficios ante el mercado.** Una organización comprometida con la mejora continua y la satisfacción del cliente **mejora la imagen y reputación** de los productos y/o servicios ofrecidos, generando confianza en sus clientes y el mercado en general. Por tanto, se favorece su **desarrollo** y se afianza su posición, puesto que puede diferenciarse de sus competidores al ofrecer constantemente mejoras en sus productos, servicios o procesos. Esto puede ser atractivo y ayudar a la empresa a **ganar cuota de mercado y acceder a mercados exteriores** gracias a la confianza que genera entre los clientes y consumidores.
- **Beneficios ante los clientes.** Al mejorar la calidad de los productos de la organización, se produce un aumento de la **satisfacción del cliente**, puesto que se intenta comprender y cumplir con los requisitos y expectativas de estos. Al escuchar y actuar sobre los comentarios de los clientes, se logra una mayor satisfacción del cliente y se fortalecen las relaciones con ellos. De hecho, los

clientes confían en que la organización está comprometida con la calidad, pudiendo **eliminar múltiples auditorías** (con el correspondiente ahorro de costes) e incluso acceder a **acuerdos de calidad concertada**¹.

- **Beneficios para la gestión de la organización.** Al aplicar los principios y requisitos de la ISO 9001:2015, una organización puede mejorar su eficacia y eficiencia en diversas áreas. Al adoptar un enfoque sistemático y estructurado hacia la gestión de la calidad, se mejora la **eficacia y eficiencia de los procesos**, identificando y eliminando las actividades innecesarias o ineficientes de la organización. Como está basada en el ciclo PDCA, la organización establece un **proceso sistemático de mejora continua**, lo que permite identificar y abordar problemas, implementar acciones correctivas y preventivas, y buscar constantemente oportunidades de mejora. Además, al involucrar a los empleados en la identificación de problemas, la generación de ideas y la implementación de mejoras, se fomenta un ambiente de trabajo colaborativo, lo que puede conducir a una **mayor motivación y satisfacción laboral**.

5.2.2. Sistema de gestión de calidad: manual de calidad

Un sistema de gestión de calidad (SGC) es un conjunto de procesos, políticas, procedimientos y recursos organizados de manera sistemática para dirigir y controlar una organización en relación con la calidad. El objetivo principal de un SGC es asegurar que una organización cumpla con los requisitos del cliente, mejore continuamente su desempeño y logre la satisfacción del cliente. La implementación y el mantenimiento de un sistema de gestión de calidad deben ser adaptados a las necesidades y características específicas de cada organización, y pueden basarse en estándares internacionales, como la norma ISO 9001:2015 (ver Sección 5.2.1).

El manual de calidad de una organización es el **documento guía del SGC**. Sirve como referencia principal para comprender y establecer las **políticas, procedimientos, normas y pautas** relacionados con la calidad de los productos o servicios proporcionados por la organización. Se trata, por tanto, de una **herramienta fundamental** dentro del SGC. Proporciona una **descripción detallada** de cómo la organización cumple con los requisitos de la norma ISO 9001:2015 y cómo se implementa y mantiene el SGC, demostrando su **compromiso con la calidad y mejora continua**. Por tanto, es el manual de consulta básico para la implantación, mantenimiento y mejora continua del SGC.

El manual proporciona información sobre la forma en que la **organización cumple con los requisitos** de los clientes, reglamentarios y otros requisitos aplicables. Además, también puede incluir los objetivos y metas de calidad establecidos por la propia organización, así como las responsabilidades y autoridades asignadas a los miembros de la organización en relación con la calidad. Se deben describir también los procesos y procedimientos específicos que se utilizan para el control de la calidad, la gestión de riesgos, la mejora continua y la satisfacción del cliente, y puede abordar aspectos como la planificación de la calidad, la gestión de recursos, la auditoría interna y la revisión por la dirección.

Debe destacarse que el manual de calidad debe ser **revisado y actualizado regularmente para reflejar los cambios** en la organización, los requisitos del cliente y los avances en la gestión de la calidad. También debe estar **disponible y accesible** para todas las partes interesadas relevantes, tanto internas como externas, que deseen conocer cómo la organización gestiona y mejora la calidad en sus operaciones.

El contenido y la estructura del manual de calidad pueden variar según la organización y sus necesidades particulares. Sin embargo, en general, debe estar alineado con los requisitos establecidos en la norma ISO 9001:2015, en caso de que la organización la siga, por lo que se deberían **desarrollar todos los epígrafes** de dicha norma. **No es necesario** que se siga exactamente la misma estructura siempre y cuando se contemplen todos los conceptos y requisitos de la ISO 9001:2015 y la estructura sea coherente y ordenada. En [7] se puede ver un ejemplo de manual de calidad para empresas de transporte por carretera.

5.2.3. ¿Cómo puede mejorarse la calidad?

Existen diferentes factores que permiten que se mejore la calidad, como pueden ser:

¹Un acuerdo de “calidad concertada” supone para el cliente un menor coste en los controles de recepción, ya que los disminuyen por la confianza en el sistema de calidad de la empresa que ha realizado el proyecto. Este acuerdo se elabora conjuntamente entre cliente y empresa, figurando, además de los requisitos ya definidos en las especificaciones de producto, aspectos relativos al sistema de calidad. Ambas partes deben firmarlo. Periódicamente, el cliente realiza auditorías al proveedor para verificar que se cumplen los acuerdos de calidad concertada.

- Mejor diseño.
- Mejores materiales.
- Potenciar la formación.
- Mejorar la comunicación interna.
- Mejor asignación de recursos a tareas.
- ...

En general, todo esto implica, al final, un **aumento de costes**. Puesto que el director del proyecto ha de considerar permanentemente el coste del proyecto, si se intenta promover una calidad razonable en todo lo que se proyecta, va a repercutir en un aumento del coste total. La implantación de un plan de calidad en un proyecto engloba dos tipos de costes: los costes de la calidad y los costes de la no calidad (Figura 5.2.1, [8]):

- **Costes de la calidad.** Son los costes en los que incurre la organización que está dispuesta a mejorar la calidad de lo que hace. A medida que la calidad mejora, los costes van aumentando. Se categorizan en:
 - *Costes de prevención.* Destinados a evitar o reducir errores y posibles problemas de calidad. Entraría aquí el departamento de calidad de la organización, mantenimiento de maquinaria, revisión del diseño, recursos suplementarios para asegurar el servicio, formación, ensayos de materiales...
 - *Costes de evaluación.* Analizan los proyectos elaborados mediante auditorías, homologaciones, ensayos... También se debe comprobar el grado de satisfacción del cliente.
- **Costes de la no calidad.** Son los costes ocasionados como consecuencia de una mala proyección o ejecución. Estos costes son más elevados cuanto peor es la calidad. Se pueden desglosar en:
 - *Costes internos.* Se detectan internamente en la organización antes de la entrega definitiva del proyecto. Provocan pérdidas económicas directas (tiempo y material, realizar acciones correctivas, repetir ensayos...) o indirectas (alargar el plazo de proyección, interferencia con otros proyectos, horas extras...)
 - *Costes externos.* Los detecta el cliente una vez recibido el proyecto, lo que puede afectar a futuras contrataciones por parte de dichos clientes o a posibles clientes que no contratan a la organización por haber recibido malas referencias. Pueden resolverse o minimizarse mediante asistencia técnica, reparaciones, sustituciones..., causando, en general, una pérdida de imagen.

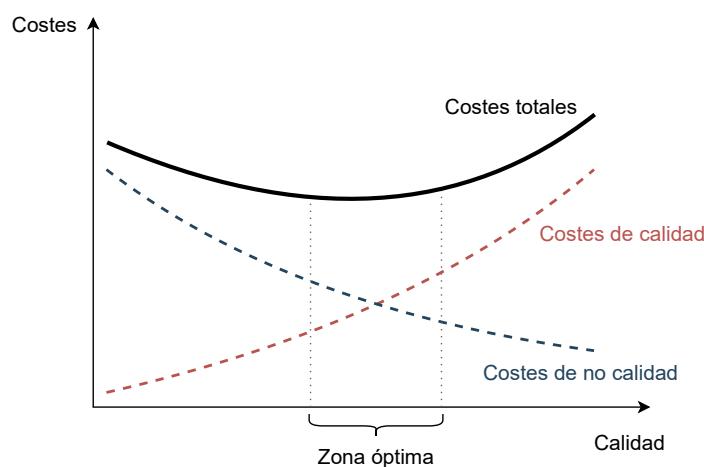


Figura 5.2.1: Costes de calidad y no calidad

Como se muestra en la Figura 5.2.1 y como ya se ha comentado, la mejora de la calidad puede suponer un coste añadido, aunque también repercutirá en un **ahorro de costes** debido a la reducción

de operaciones repetidas, a la disminución de reparaciones y sustituciones de elementos, etc. De esta forma, por lo general, una mayor inversión en la calidad puede causar una **disminución de los costes**, siempre que no se supere un cierto punto (coste total mínimo) a partir del cual la calidad del producto es tan buena que mejorarla supone un **gran esfuerzo** que no se ve compensado por la mejora de calidad obtenida. Por ello, la clave para que un buen equipo de proyectos trabaje con calidad óptima, es que consiga alcanzar el **punto de coste mínimo**, bien entendido que dicho punto siempre debe quedar a la derecha del **nivel mínimo de calidad**, y que cuanto más a la derecha se sitúe dicho punto, más competente demuestra ser el equipo de proyectos [9]. Por ello, es recomendable aplicar la **regla del 1-10-100**:

Cada unidad monetaria invertida en la prevención, producirá los mismos efectos que 10 invertidas en la evaluación, que impedirá un coste de 100 por razón de fallos.

Por tanto, **resulta más rentable invertir en costes de la calidad que no hacerlo**.

5.3. Gestión de la calidad en proyectos (ISO 10006:2017)

La gestión del proyecto debe incluir todas las actividades necesarias para asegurar que el proyecto satisfará al cliente y resultará beneficioso para la empresa. Para el cliente, la calidad óptima del proyecto se consigue cuando:

- Lo proyectado cumple con las especificaciones de forma óptima.
- El proyecto se realiza en el plazo contratado.
- El proyecto se realiza al coste contratado.
- La documentación generada es óptima.

Sin embargo, para el equipo de proyectos, la calidad óptima del proyecto se obtiene cuando:

- Se genera la documentación necesaria.
- No se producen errores.
- No se repiten actividades.
- Se programan adecuadamente las actividades.
- Se identifica al responsable de cada actividad.
- Se definen correctamente los recursos necesarios para cada actividad.
- Se presupueste adecuadamente el proyecto.
- Se distribuye correctamente la carga del proyecto entre los recursos del equipo.
- ...

Cuando el equipo de proyectos consigue todo esto, se logra más fácilmente la plena satisfacción del cliente (que es un objetivo prioritario en cualquier proyecto) al menor coste, proyectando, por tanto, con mayor calidad.

Por lo tanto, la gestión de la calidad del proyecto podrá definirse como [8]:

El conjunto de actividades de la dirección y gestión que determinan la política de calidad, objetivos y responsabilidades, así como su desarrollo por medios tales como planificación de la calidad, control de la calidad, aseguramiento de la calidad y mejora de la calidad, dentro del sistema de calidad.

La norma ISO 10006:2017 [10] resume los **principios y prácticas de gestión de calidad en lo que respecta a la gestión de proyectos**, proporcionando directrices generales pero sin establecer requisitos específicos que deban cumplirse obligatoriamente. Su objetivo principal es ayudar a las organizaciones a establecer un **marco de referencia** sólido para la gestión de la calidad en proyectos y promover la mejora continua en este ámbito. Es aplicable a proyectos de diversa complejidad y tamaño, y las directrices se pueden aplicar a los proyectos gestionados por un individuo o por un equipo de trabajo, incluso de un programa o de una cartera de proyectos. Dado que la norma ISO 10006:2017 es un documento de orientación, su objetivo general es **crear y mantener la calidad en los proyectos a través de un proceso sistemático** que asegura:

- Necesidades expresadas o implícitas de los **clientes**.
- Necesidades de las **partes interesadas**.
- **Política de calidad de la organización** que incorpora la gestión de proyectos.

En muchos ámbitos, todavía persiste un concepto erróneo de calidad en el proyecto, bajo el cual un proyecto de calidad es aquel que vaya **más allá de los requisitos para los que ha sido desarrollado**, y nada más lejos de la realidad. Otorgar más prestaciones o extras de los requeridos por el cliente es lo que se denomina “**Gold Plating**”, y es una **práctica nada recomendable** porque nos hace incurrir en costes que probablemente **no aporten valor para nuestro cliente**, o en su caso, están más allá del alcance y costes acordados.

La gestión de la calidad en el proyecto se articula alrededor de tres procesos fundamentales:

- **Planificar la calidad.** Es el proceso por el cual se **identifican los requisitos de calidad y/o normas para el proyecto**, documentando la manera en que el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos (**CÓMO** se cumplirán esos requisitos/normas).
- **Realizar el aseguramiento de calidad.** Se refiere al proceso utilizado para **garantizar que un proyecto cumple** con los estándares y requisitos de calidad establecidos. Consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados de las medidas de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas de calidad apropiadas y las definiciones operacionales (es un enfoque preventivo: la mejor corrección del error es no cometerlo). Como herramientas y técnicas usadas en el proceso se pueden destacar las **auditorías de calidad**, que consisten en una revisión estructurada e independiente para determinar si las actividades del proyecto **cumplen** con las políticas, procesos y procedimientos propios de la organización.
- **Realizar el control de calidad.** Es el proceso por el que se monitorizan y registran los **resultados de la ejecución de actividades de control de calidad**, a fin de verificar y medir que **el entregable tenga la calidad aceptable** y recomendar cambios necesarios. Dicho control de calidad se realiza principalmente a través del **plan de inspección y ensayos**, aplicado a los procesos de ingeniería, adquisiciones, contratos y construcción. Es importante destacar que **se controla la calidad tanto del objeto del proyecto como del desarrollo del proyecto**. Así, no solo se comprueba que el producto cumple con las especificaciones determinadas en su descripción, sino que también se comprueba que se desarrolla con fidelidad al programa (plazos y costes) previsto.

Para efectuar el control de la calidad del producto, se pueden utilizar las siguientes técnicas y herramientas:

- **Inspección.** Verificar la conformidad de un producto, servicio o proceso con las normas establecidas o las especificaciones previamente definidas. Su objetivo principal es identificar defectos, problemas o desviaciones con respecto a los estándares y, en caso necesario, tomar medidas correctivas.
- **Gráficos de control.** Diagrama que muestra los valores de la medición de una característica de calidad, ubicados en una serie cronológica. Tiene una línea central que muestra el valor nominal, que es el objetivo del proceso, y uno o más límites de control, tanto superior como inferior, para determinar cuándo es necesario analizar una eventualidad. Se muestra un ejemplo en la Figura 5.3.1.
- **Diagramas de Pareto.** Diagrama que permite comparar de forma cuantitativa y ordenada diferentes factores según su contribución a un efecto. Se basa en el **principio de Pareto**, que dice que, en todo grupo de factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son los responsables de la mayor parte de dicho efecto. Por tanto, se puede distinguir entre:
 - *Pocos vitales*: elementos muy importantes en su contribución al efecto
 - *Muchos triviales*: elementos poco importantes en su contribución al efecto

En general, puede decirse que los *pocos vitales* representan el 80 % del efecto, siendo los *muchos triviales* el 20 %. El diagrama de Pareto (Figura ??) se debe utilizar para:

- Identificar oportunidades para mejorar.
- Identificar un producto/servicio para mejorar la calidad.
- Identificar causas principales de problemas y establecer prioridad de las soluciones.

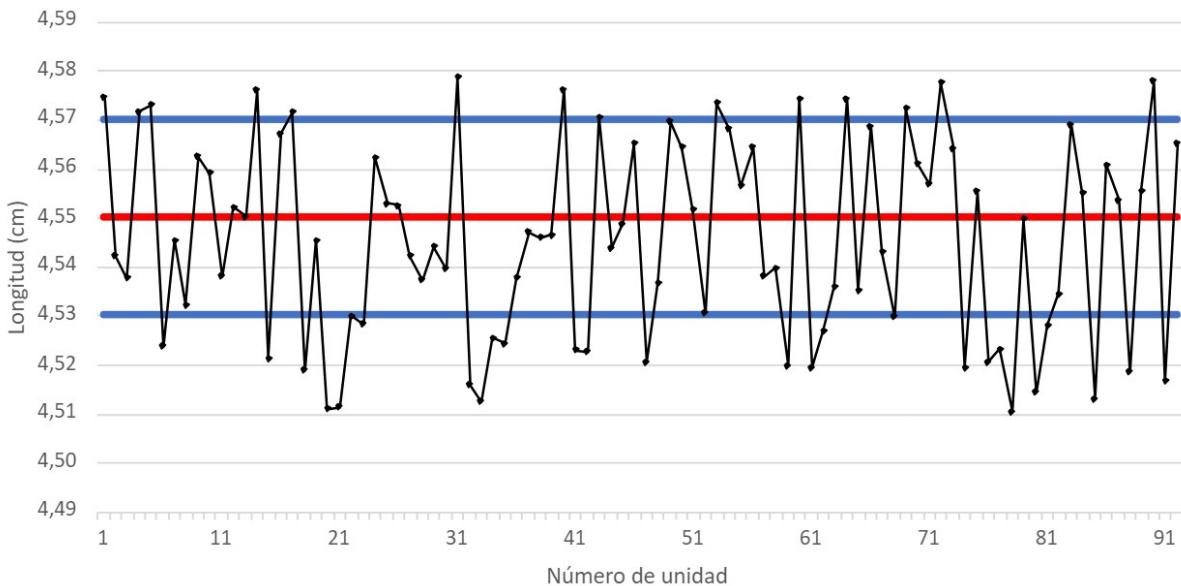


Figura 5.3.1: Gráfico de control

Para construirlo, hay que seguir los siguientes pasos:

1. Elaborar lista de factores i que contribuyen al efecto en estudio.
2. Cuantificar la presencia de dichos factores (frecuencia, f_i).
3. Construir una tabla, ordenando de mayor a menor según su frecuencia:
 - Calcular la frecuencia acumulada (FA):

$$FA = f_i + f_{i-1} \quad (5.1)$$

- Calcular la frecuencia acumulada en tanto por ciento:

$$FA \% = \frac{FA}{\sum FA} \quad (5.2)$$

4. Realizar el gráfico:
 - En el eje horizontal se representan los factores.
 - En el eje vertical IZQUIERDO se incluye la magnitud (frecuencia) del efecto estudiado (de 0 al total).
 - En el eje vertical DERECHO se muestran las frecuencias acumuladas en % (de 0 al 100 %).
 - Se grafican barras verticales de cada factor, que representan los elementos contribuyentes (según eje izquierdo).
 - Se añade un gráfico lineal del % acumulado (según eje derecho).
 - Hacer una línea horizontal desde el % más cercano a 80 %.
 - Hacer una línea vertical para identificar *pocos vitales* y *muchos triviales*.

- **Diagramas de causa-efecto.** Se representan varios elementos (causas) que pueden contribuir a un problema (efecto), por lo que sirve para identificar posibles causas de un problema específico (Figura ??). Permite organizar grandes cantidades de información del problema y determinar las posibles causas. No ofrece una respuesta a una pregunta, puesto que se ignora si estas causas son (o no) responsables de los efectos. Se debe utilizar si se puede contestar SÍ al menos a una de estas preguntas:

- ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
- ¿Existen ideas u opiniones sobre las causas de un problema?

Para su realización, se pueden seguir los siguientes pasos:

1. Definir el efecto del que se quieren identificar las causas.
2. Trazar una flecha horizontal.

3. Identificar las causas principales que contribuyen al efecto, y conectarlas con la flecha horizontal. En caso de no poder identificar cuáles son las causas principales, puede seguirse como referencia el método de las 6M (o las 4M, en negrita):

- **Mano de obra.**
- **Maquinaria.**
- **Material.**
- **Método.**
- **Medición.**
- **Medioambiente.**

4. Añadir causas a cada rama principal (causas de las causas principales), de manera paralela a la fecha horizontal

- **Brainstorming.**
- **Muestreo estadístico.**
- **Análisis de tendencia.** Permite observar la evolución de alguna variable empresarial (ventas, costes, etc.). Además, se puede ajustar una recta de regresión para poder analizar futuras tendencias, como se muestra en la Figura 5.3.2.

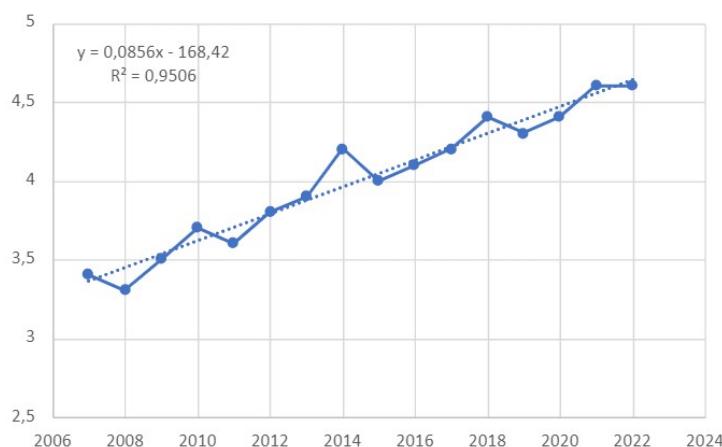


Figura 5.3.2: Análisis de tendencia

5.4. Recursos humanos

En la administración de empresas, se denomina recursos humanos al **trabajo que aporta el conjunto de los empleados o colaboradores de una organización**, aunque lo más frecuente es llamar así al sistema o proceso de gestión que se ocupa de **seleccionar, contratar, formar, emplear y retener al personal** de la organización. Estas tareas las puede desempeñar tanto una persona, como un departamento en concreto, junto a los directivos de la organización.

Generalmente, la función del departamento de recursos humanos está compuesta por áreas tales como **reclutamiento y selección, contratación, capacitación, administración o gestión del personal** durante la permanencia en la empresa. Dependiendo de la empresa o institución donde opere, pueden existir otros grupos que desempeñen distintas responsabilidades que pueden tener que ver con aspectos tales como la **administración de la nómina de los empleados o el manejo de las relaciones con sindicatos**, entre otros.

Para poder ejecutar la estrategia de la organización, es fundamental la **administración de los recursos humanos**, para lo cual se deben considerar conceptos tales como la **comunicación organizacional, el liderazgo, el trabajo en equipo, la negociación y la cultura organizacional**. Una gerencia de recursos humanos tiene varias funciones en la empresa:

- Determinar las necesidades del personal.
- Seleccionar y potenciar a los empleados más eficientes.
- Supervisar el trabajo de los empleados.

- Asegurar la buena marcha del grupo y las relaciones entre los empleados.
- Redactar los documentos y políticas de los empleados.
- Asegurar un alto rendimiento.
- Administrar las nóminas y pagas extra de los empleados.
- Asegurar la igualdad de oportunidades entre los empleados.
- Combatir la discriminación.
- Resolver posibles problemas referentes al trabajo.
- Asegurar que las prácticas de la empresa se rigen basándose en varias regulaciones.
- Trabajar la motivación de los empleados.

La **gestión de los recursos humanos** se encarga de **obtener y coordinar a las personas de una organización, de forma que consigan las metas establecidas**. Para ello es muy importante cuidar las **relaciones humanas**. Este proceso requiere un objetivo coherente con las políticas de la empresa en donde este departamento debe de mantener el activo más valioso de cualquier organización: las personas. La gestión de las personas contratadas por una organización implica el empleo de las personas, el diseño y desarrollo de los recursos relacionados y, lo más importante, la utilización y la **compensación a sus servicios** para optimizar la rentabilidad del negocio a través del desempeño de los empleados. Hoy en día, la gestión de recursos humanos funciona en forma conjunta con todo el personal, desde el escalón inferior del organigrama hasta el nivel gerencial de cada uno de los diferentes departamentos. Es por esto que el gerente de recursos humanos mantiene **relaciones interdepartamentales** con todos los empleados, de forma que se mantiene una efectiva comunicación y trato exclusivo con los empleados de todos los niveles de la organización.

En el ámbito de un proyecto, la gestión de los recursos humanos incluye los **procesos que organizan y dirigen el equipo** del proyecto, es decir, aquellas personas a las que se les han asignado roles y responsabilidades (personal del proyecto). Los procesos de gestión de los recursos humanos del proyecto incluyen:

- **Planificación de los recursos humanos** Establece los roles y responsabilidades del proyecto, los organigramas del proyecto y el plan para la administración de personal. Responde a preguntas como:
 - ¿Cuándo se incorporará cada recurso?
 - ¿Qué capacidades tiene? ¿Necesita formación?
 - ¿Cuáles serán sus roles y responsabilidades?
 - ¿A qué reunión deberá asistir cada uno?
 - ¿Cuáles son las diferencias culturales o de idioma?
 - ¿Cuál es la distancia que separa físicamente a las personas?
 - ...
- **Adquirir el equipo del proyecto.** Obtener los recursos humanos necesarios para concluir el proyecto. En este proceso se planifica el proyecto con los miembros clave del equipo, y en el momento de empezar la ejecución del proyecto, comienza a incorporarse a los trabajadores. En ocasiones, es necesario aplicar técnicas de decisión multicriterio para seleccionar al equipo, considerando diferentes criterios ponderados según las necesidades (disponibilidad, capacidades, oratoria, idiomas, salario, experiencia...). Esta adquisición puede ser mediante contratación o subcontratación. Una vez se conoce el equipo con el que se va a contar, se consigue:
 - Calendario de recursos. Conocer con exactitud cuándo se tendrán los recursos para realizar un cronograma realista.
 - Asignación del personal a las actividades.

- **Desarrollar el equipo del proyecto.** Mejorar las competencias y la interacción del personal del proyecto para conseguir un mejor rendimiento. Para ello, es importante potenciar las capacidades individuales y grupales del equipo de trabajo; aunque esto es más beneficioso en las etapas iniciales, debe hacerse durante todo el proyecto. Algunas capacidades a potenciar pueden ser la cohesión, confianza, trabajo en equipo... Para que esta etapa sea productiva, es necesario que el director de proyecto tenga habilidades de liderazgo, motivación, empatía, creatividad..., que establezca reglas básicas de convivencia. Es posible también establecer reconocimiento o recompensas para llevar a cabo esta etapa.
- **Gestionar/Dirigir el equipo del proyecto.** Hacer un seguimiento del rendimiento del personal del proyecto, proporcionando retroalimentación, resolviendo polémicas y coordinando cambios a fin de mejorar el rendimiento del proyecto. Para ello, es importante seguir el desempeño de los miembros del equipo, y proporcionar retroalimentación sobre su trabajo. Puede ser interesante realizar una **retroalimentación de 360°**, mediante la cual se pregunta sobre el desempeño de una persona a todas las personas que trabajan con ella (tanto superiores, como iguales y subordinados). Esta estrategia permite aclarar roles y responsabilidades, descubrir polémicas desconocidas y desarrollar planes de formación individual. En caso de que aparezcan conflictos, deben tratarse cuanto antes y en privado, y siempre mediante un enfoque constructivo. Solo tomar acciones disciplinarias en última instancia. Puede realizarse también un registro de incidentes/polémicas para futuros proyectos.

En la práctica, estos procesos pueden solaparse e interactuar entre sí.

Durante el proyecto, será necesario llevar a cabo una **serie de reuniones**, que deberían establecerse de forma periódica para asegurar una correcta coordinación entre todos los recursos humanos. En general, las reuniones las llevará a cabo el equipo del proyecto, aunque pueden informar a directivos y ejecutivos por si quieren asistir a las mismas. También se pueden tener reuniones con el cliente a medida que se evoluciona en el proyecto. Antes de fijar una reunión, es importante preguntarse si es *necesaria* dicha reunión:

- En caso afirmativo, se recomienda establecer la hora de comienzo y de final, así como tener claro el propósito de la misma, de manera que se obtengan los resultados deseados. Se debe informar a los asistentes sobre el orden del día de la reunión, adjuntando la documentación o el material necesario para que todos tengan la máxima información posible. Cuando la reunión se termine, es importante que el convocante haga un resumen sobre los puntos tratados, las conclusiones obtenidas y asigne responsables y fechas para cumplir los objetivos tratados. En algunos casos, una reunión puede servir para otros propósitos, no directamente relacionados con el proyecto; por ejemplo: resolver conflictos, fomentar la cohesión, mitigar el desánimo...
- Si no se considera necesaria dicha reunión, es preferible no convocarla, puesto que se considerará una “pérdida de tiempo”.

Para las comunicaciones (ya sea durante las reuniones o simplemente para informar sobre algún tema concreto), se pueden utilizar diferentes medios de comunicación (teléfono, e-mail, videollamada, cara a cara...). En general, se elegirá uno u otro en función del tipo de información a transmitir, la duración o el número de interlocutores. Por ejemplo, se recomienda utilizar el texto escrito para comunicar datos; y hablar por videollamada o cara a cara si se va a proporcionar información ambigua, difícil de explicar, o se tiene intención de persuadir o convencer.

Referencias

- [1] Real Academia Española. <https://dle.rae.es/>.
- [2] UNE 9001:2015 — *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2015)*. Una Norma Española, 2015.
- [3] American Society for Quality. <https://asq.org/>.
- [4] ISO 9000:2015 *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*. International Organization for Standardization, 2015.
- [5] ISO 9001:2015 *Quality management systems — Requirements*. International Organization for Standardization, 2015.

- [6] ISO 9004:2018 *Quality management — Quality of an organization — Guidance to achieve sustained success*. International Organization for Standardization, 2018.
- [7] Ministerio de Fomento. *Modelos para implantar la mejora continua en la gestión de empresas de transporte por carretera*. https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdf/39430980-4652-41E3-8059-7B07D5FC6644/19526/IA02.pdf.
- [8] M. Socorro García Cascales. *Proyectos de Ingeniería*. 2012.
- [9] Ana María Nieto Morote y Francisco de Asís Ruz Vila. *Proyectos de Ingeniería*. <https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=140&topic=3>. 2013.
- [10] ISO 10006:2017 *Quality management — Guidelines for quality management in projects*. International Organization for Standardization, 2017.

Capítulo 6

Planificación, Programación y Control de Proyectos

6.1. Planificación y programación

En el ámbito del proyecto, la **planificación** contribuye a cuantificar los aspectos temporales y de recursos, así como establecer secuencias, prioridades y dependencia entre tareas. Pretende disponer los recursos necesarios, de modo que los objetivos planteados por el proyecto sean alcanzados en un plazo determinado de tiempo. En el marco planteado por la planificación, la **programación** de proyectos se debe entender como el momento en que la secuencia de tareas se plasma en un calendario, incluyendo fechas de inicio y fin.

Así, en la planificación del proyecto, se suele establecer lo siguiente:

- Objetivos.
- Actividades/tareas.
- Secuencia, prioridades, dependencia...
- Duración tareas.
- Recursos disponibles.
- Presupuesto disponible.

Y en la programación se determina:

- Más detalles.
- “El plan se convierte en programa”.
- Calendario:
 - Fechas de inicio y fin de cada actividad.
 - Proyecto completo.

6.2. Inicio de un proyecto

Una vez se saben los **objetivos** del proyecto, hay que determinar **cómo** conseguirlos. Esto se suele realizar mediante la **estructura de descomposición del proyecto** (EDP). La EDP es una técnica de descomposición funcional de las actividades y tareas del proyecto, plasmada en un listado de tareas organizadas en forma de diagrama jerárquico en árbol. Así, se puede reducir sistemáticamente la complejidad del proyecto, de forma que este quede descompuesto en “fragmentos” constituidos por bloques

de tareas (o **paquetes de trabajo**¹). Cada elemento queda identificado de forma numérica o alfanumérica, de manera que se tenga una asignación más clara de responsabilidades. Con la EDP ya realizada, se obtiene el **organigrama del equipo de trabajo**, un diagrama visual que muestra quién está en cada equipo y qué papel desempeña en un proyecto determinado, documentando la estructura de la organización del proyecto, la jerarquía entre los miembros del equipo y las relaciones entre los empleados. Así, ya se puede determinar quién hace qué, realizando las asignaciones de cada paquete de trabajo a una persona/equipo. De manera general, cada paquete de trabajo se desglosa en actividades y tareas, que deberán tener una fecha de comienzo y final, una serie de criterios para poder empezar y terminar y unos recursos (materiales/humanos) para poderla realizar. Por tanto, se debe determinar la **duración** de cada una de esas tareas, que será una estimación, bajo la hipótesis de tener todos los recursos necesarios para su desarrollo. Tras esto, es necesario determinar en qué orden realizar cada tarea (**diagrama de Pert**), considerando su relación con el resto, siendo estas relaciones de los siguientes tipos:

- **Fin a comienzo (FC)**. Hasta que no termina una tarea t_1 , no puede empezar la tarea t_2 .
- **Comienzo a comienzo (CC)**. Las tareas t_1 y t_2 empiezan a la vez.
- **Fin a fin (FF)**. Las tareas t_1 y t_2 finalizan a la vez.

Finalmente, se realiza la distribución temporal de todas las tareas, con sus respectivos recursos, a lo largo del tiempo mediante un diagrama de Gantt. Es muy importante asignar correctamente los recursos a cada tarea, principalmente por dos motivos:

1. Evitar **sobreasignación de recursos**, es decir, que haya que realizar varias tareas en paralelo que requieran del mismo recurso. Esto implicaría la necesidad de adquirir nuevos recursos (contratar más personal, comprar materiales...). Es preferible retrasar ciertas tareas para evitar solapes.
2. Procurar el **equilibrado de las cargas de trabajo**. Esto permite realizar el proyecto con una plantilla media, siempre y cuando haya una buena secuenciación de tareas para evitar también tiempos muertos.

En el diagrama de Gantt se incluirán también los **hitos**, eventos sin duración que deben ocurrir en un momento determinado. Los hitos suelen estar relacionados con las fechas de inicio/fin de cada una de las fases del proyecto.

Cuando todo esto está correctamente realizado, se obtiene el proyecto. Un esquema de este proceso se muestra en la Figura 6.2.1.

6.3. Métodos de programación y diagramación

Desde su aparición en el año 1958, las modernas técnicas de programación y control de proyectos se han aplicado con éxito a campos muy diversos, tales como explotaciones de recursos naturales, construcciones de barcos o aviones, proyectos de ingeniería civil, introducción en el mercado de un nuevo producto, puesta en órbita de satélites, edición y lanzamiento de libros, instalación y puesta a punto de computadores, etc. El **método PERT** (Program Evaluation and Review Technique) y el **método CPM** (Critical Path Method) constituyen las dos técnicas pioneras en el campo de la moderna programación y control de proyectos. Tanto el PERT como el CPM hicieron su aparición aproximadamente en la misma época.

6.3.1. Método PERT

El método PERT se basa en la construcción de un grafo orientado (**red PERT**) constituido por arcos y nodos:

- **Arcos**. Representan las tareas, y se identifican, generalmente, con letras.
- **Nodos**. Representan los sucesos o acontecimientos, momentos temporales en que terminan las tareas que llegan a ese nodo y que empiezan las que salen de él. Se identifican, generalmente, con números.

En el método PERT existen tres tipos de relaciones (precedencias) entre las tareas:

¹Un paquete de trabajo es una parte del proyecto que puede ser desarrollada por una persona/equipo con plena responsabilidad sobre la misma.

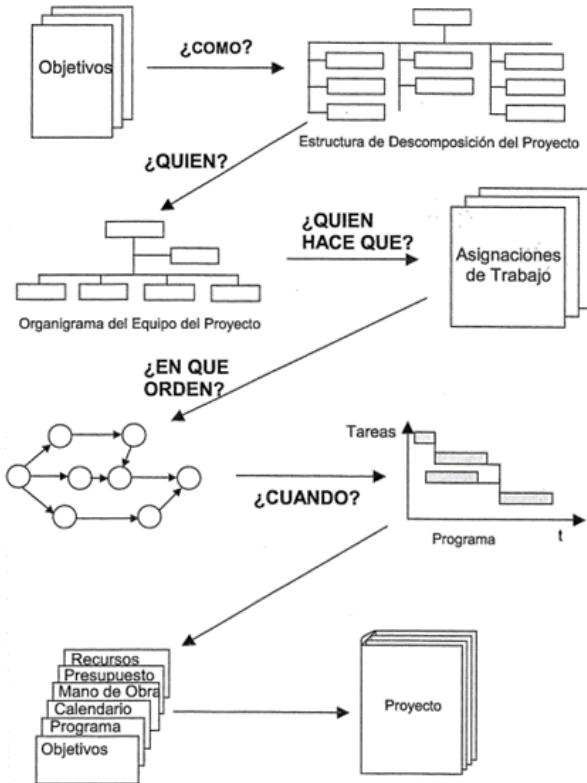


Figura 6.2.1: Inicio de un proyecto

- **Precedencia lineal.** Para poder iniciar una tarea t_n , es necesario que haya finalizado la tarea t_{n-1} . En la Figura 6.3.1, es necesario que haya finalizado la tarea a para poder iniciar la b . El nodo 2 representa el suceso fin de la actividad a y, a la vez, el suceso comienzo de la actividad b .



Figura 6.3.1: Precedencia lineal

- **Precedencia convergente.** Para poder iniciar una tarea t_n , es necesario que hayan finalizado las tareas precedentes t_{n-1}, t_{n-2}, \dots . En la Figura 6.3.2, el nodo 4 representa el suceso fin de las tareas a, b y c y, a la vez, el suceso comienzo de la tarea d . Además, hasta que a, b y c no han finalizado, no se puede iniciar d .

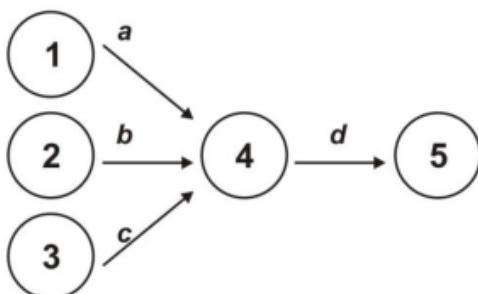


Figura 6.3.2: Precedencia convergente

- **Precedencia divergente.** Para poder iniciar una serie de tareas t_{n+1}, t_{n+2}, \dots , es necesario que haya finalizado la tarea precedente t_n . En la Figura 6.3.3, el nodo 2 representa el suceso fin de la tarea a y, a la vez, el suceso comienzo de las tareas b, c y d . Además, hasta que a no ha finalizado, no se pueden iniciar b, c y d .

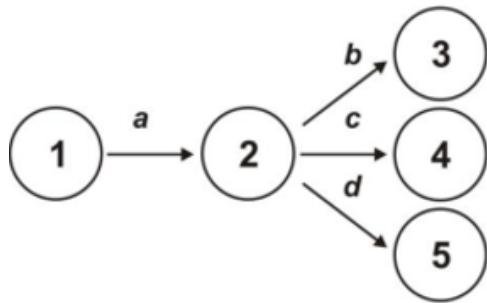


Figura 6.3.3: Precedencia divergente

Estas precedencias pueden combinarse entre sí, de manera que un mismo nodo represente el suceso fin de varias actividades y el comienzo de otras.

Las reglas básicas del método PERT son las siguientes:

1. Para cada arco (tarea), solo puede haber un nodo inicial y un nodo final.
2. Dos nodos (sucesos) no pueden estar directamente conectados por más de un arco. Para ello, se deben crear tareas ficticias (de nombre f_1, f_2, \dots) de duración nula.

Ejemplo 6.1 Construir el diagrama de PERT para un proyecto de 4 tareas, cuyas relaciones son:

- Las tareas a y b dependen de la tarea c.
- La tarea d depende de las tareas a y b.

Ejemplo 6.2 Construir el diagrama de PERT para un proyecto de 5 tareas, cuyas relaciones son:

- Las tarea c depende de la tarea a.
- La tarea d depende de la tarea b.
- La tarea e depende de las tareas a y b.

Ejemplo 6.3 Construir el diagrama de PERT para un proyecto de 5 tareas, cuyas relaciones son:

- La tarea d no empezará hasta que terminen las tareas a y b.
- La tarea e no empezará hasta que terminen las tareas a, b y c.

6.3.2. Método CPM

El **camino crítico** es un concepto utilizado en la gestión de proyectos para denominar el tiempo mínimo estimado entre que se inicia y terminan sus tareas. Para poder determinar el camino crítico del proyecto, es necesario conocer una serie de definiciones:

- **Índice del nodo.** Es el número que identifica al nodo. Al considerar una pareja de índices (nodo inicio, nodo fin) de una tarea, se obtiene el identificador de tareas, puesto que una tarea a parte del suceso inicio i y termina en el suceso fin j .
- **Tiempo early (TE).** Indica el tiempo más temprano en que una tarea puede terminar, cumpliendo todas las relaciones de precedencia.
- **Tiempo last (TL).** Indica el tiempo más tardío en que una tarea puede terminar, sin retrasar la finalización del proyecto.

- **Holgura de un suceso (H)**. Libertad de desplazamiento que, dentro de un cierto intervalo de tiempo, puede tener un suceso sin afectar a la duración total del proyecto. Se calcula como:

$$H = TL - TE \quad (6.1)$$

- **Margen total de una actividad (M)**. Exceso de tiempo que dispone una actividad para realizarla sin afectar a la duración total del proyecto. Se calcula como:

$$M = TL_j - TE_i - duracion \quad (6.2)$$

- **Camino crítico**. Secuencia ininterrumpida de tareas a lo largo de un itinerario de la red PERT, que comienza en el suceso inicial y termina en el final y que exige para su cumplimentación el periodo de tiempo más largo. Todos los sucesos del camino crítico son críticos ($H = 0$) y todas las actividades son críticas ($M = 0$). Se quiere destacar que puede haber varios caminos críticos dentro de un mismo proyecto.

- **Duración total**. Tiempo transcurrido entre el suceso inicial y final del camino crítico.

Partiendo de una red PERT, para obtener el camino crítico, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Incluir la duración de cada tarea debajo de cada arco.
2. Calcular el tiempo early TE , es decir, el tiempo mínimo necesario para alcanzar un nudo. Para ello, el primer nudo se le asigna un $TE_1 = 0$, y cada nudo siguiente será:

$$TE_i = TE_{i-1} + duracion_i \quad (6.3)$$

Si se puede llegar por varios caminos a un nudo, se toma el de máxima duración.

3. Calcular el tiempo last TL , es decir, el tiempo máximo para alcanzar un nudo SIN sufrir retrasos. Para ello, el último nudo se le asigna un $TL_n = TE_n$, y cada nudo anterior será:

$$TL_i = TL_{i+1} - duracion_i \quad (6.4)$$

Si se puede llegar por varios caminos a un nudo, se toma el de mínima duración.

Ejemplo 6.4 Calcular tiempos early, last, holguras, márgenes y determinar el camino crítico y duración del siguiente proyecto:

| | Duración (semanas) | Predecesoras |
|---|--------------------|--------------|
| A | 2 | — |
| B | 7 | — |
| C | 4 | A |
| D | 3 | A |
| E | 2 | B, C |

Tabla 6.3.1: Ejemplo 6.4

Ejemplo 6.5 Calcular tiempos early, last, holguras, márgenes y determinar el camino crítico y duración del siguiente proyecto:

| | Duración (días) | Predecesoras |
|---|-----------------|--------------|
| A | 3 | — |
| B | 2 | — |
| C | 5 | — |
| D | 1 | A, B, C |
| E | 4 | A, B, C |
| F | 3 | D, E |

Tabla 6.3.2: Ejemplo 6.5

Ejemplo 6.6 Calcular tiempos early, last, holguras, márgenes y determinar el camino crítico y duración del siguiente proyecto:

| | Duración (días) | Predecesoras |
|---|-----------------|--------------|
| A | 2 | — |
| B | 5 | — |
| C | 1 | — |
| D | 10 | A, B |
| E | 3 | D |
| F | 6 | C |
| G | 8 | E, F |

Tabla 6.3.3: Ejemplo 6.6

Ejemplo 6.7 Calcular tiempos early, last, holguras, márgenes y determinar el camino crítico y duración del siguiente proyecto:

| | Duración (días) | Predecesoras |
|---|-----------------|--------------|
| A | 8 | — |
| B | 11 | A |
| C | 15 | A |
| D | 2 | B, C |
| E | 5 | D |
| F | 8 | E |
| G | 6 | E |
| H | 3 | G |

Tabla 6.3.4: Ejemplo 6.7

Ejemplo 6.8 Calcular tiempos early, last, holguras, márgenes y determinar el camino crítico y duración del siguiente proyecto:

| | Duración (días) | Predecesoras |
|---|-----------------|--------------|
| A | 5 | — |
| B | 1 | A |
| C | 3 | A |
| D | 0.5 | A |
| E | 5 | C, G |
| F | 8 | D |
| G | 1 | B |
| H | 6 | E, F |
| I | 2 | H |

Tabla 6.3.5: Ejemplo 6.8

Ejemplo 6.9 Calcular tiempos early, last, holguras, márgenes y determinar el camino crítico y duración del siguiente proyecto:

| | Duración (días) | Predecesoras |
|---|-----------------|--------------|
| A | 5 | B |
| B | 3 | — |
| C | 2 | A |
| D | 3 | C |
| E | 4 | A |
| F | 4 | G |
| G | 2 | A |
| H | 2 | D, F, I |
| I | 3 | E, G |

Tabla 6.3.6: Ejemplo 6.9

■

Ejemplo 6.10 Calcular tiempos early, last, holguras, márgenes y determinar el camino crítico y duración del siguiente proyecto:

| | Duración (días) | Predecesoras |
|---|-----------------|--------------|
| A | 4 | — |
| B | 4 | A |
| C | 8 | A |
| D | 1 | A |
| E | 3 | B, C, D |
| F | 7 | E |
| G | 3 | F |
| H | 6 | G |
| I | 10 | H |
| J | 2 | G |

Tabla 6.3.7: Ejemplo 6.10

■

Ejemplo 6.11 Calcular tiempos early, last, holguras, márgenes y determinar el camino crítico y duración del siguiente proyecto:

| | Duración (días) | Predecesoras |
|---|-----------------|--------------|
| A | 4 | — |
| B | 6 | A |
| C | 4 | A |
| D | 8 | C |
| E | 6 | B, D |
| F | 2 | D |
| G | 6 | F |
| H | 10 | E, F |
| I | 4 | G, H |
| J | 4 | H |
| K | 3 | I, J |
| L | 6 | I |

Tabla 6.3.8: Ejemplo 6.11

■

Capítulo 7

Tramitación Legal de Proyectos

7.1. Introducción

Los **poderes públicos**, responsables de velar por los intereses de los individuos y de la comunidad en su conjunto, dictan una serie de disposiciones a las que deberán sujetarse los proyectos, no solo en lo que respecta a los **aspectos de diseño de la futura obra, sino también a los de construcción y explotación de la misma**. Será necesario también que exista un mecanismo que permita a estos poderes públicos **comprobar el estricto cumplimiento** de las mismas por parte de los proyectos correspondientes. La comprobación de este cumplimiento constituye la denominada **tramitación de los proyectos**, y de ella se desprenderá la **autorización para su ejecución**, si el proyecto cumple los requisitos, o la **denegación**, en caso contrario.

7.2. Parámetros de la tramitación

En la tramitación de los proyectos influyen distintas variables, lo que hace que cada caso concreto tenga una **tramitación específica**. Estas **variables** pueden resumirse en cuatro:

- **Objeto del proyecto.** Es evidente que, para cada uno de ellos, existirá una tramitación específica. Para la tramitación de los diferentes proyectos serán de aplicación sus **respectivas legislaciones** -aguas, puertos, costas, suelo, actividades industriales, etc.- y las normas de carácter interno de las distintas unidades administrativas.
- **Órgano de la administración a quien compete resolver.** Puede pertenecer a la **administración del Estado, a una comunidad autónoma o a una administración local**, en función del número de territorios involucrados en el mismo. Así, proyectos de la misma tipología pueden tener distintas tramitaciones por pertenecer a esferas distintas los órganos competentes para resolver. Evidentemente, existe un **marco legal** que, con carácter general, es de aplicación a todas las administraciones públicas pero, como es sabido, las comunidades autónomas pueden dictar disposiciones de carácter legal y reglamentario que podrían incidir en la tramitación de los proyectos de modo desigual, ya que también podría ser desigual el impacto de estas actuaciones sobre la colectividad en las distintas comunidades autónomas.
- **Tipo de resolución.** Hay dos grandes grupos:
 - **Proyectos que el peticionario tiene derecho a ejecutar, siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos en la normativa.** El resultado puede ser, por tanto, favorable automáticamente, si el proyecto cumple todas las disposiciones que le afectan. Se obtendrá así la correspondiente aprobación, **permiso o licencia** de ejecución de las obras.
 - **Proyectos que el peticionario no tendría, en principio, derecho a ejecutar.** El derecho corresponde a la colectividad en su conjunto, pero pretende arrojárselo el peticionario con la intención de producir un bien o prestar un servicio de carácter público o que tienen utilidad pública. En este grupo se encuentran los **proyectos que van a afectar a terrenos de dominio**

público o incluso de terceros, o pretenden utilizar bienes de carácter público. En estos casos, el proyecto servirá para que las autoridades competentes analicen el alcance de lo que se pretende hacer y sus efectos (positivos o negativos) sobre la colectividad. La **resolución es discrecional¹** por parte de la administración, que impondrá unas determinadas condiciones y percibirá, generalmente, unas tasas, o canon, de acuerdo con procedimientos muy diversos. Esta resolución favorable recibe el nombre de **autorización o concesión**.

- **Personalidad del peticionario.** El peticionario puede ser un **individuo o una sociedad, una institución, etc. de carácter privado, o ser una administración pública.** La tramitación a que se va a hacer referencia corresponde al primer tipo. No existen grandes diferencias cuando el peticionario es público, pero en este caso, la tramitación (aprobación del proyecto) constituye una fase de un proceso más amplio: la tramitación y aprobación del expediente de contratación para la ejecución de las obras correspondientes.

En la tramitación de un proyecto, intervienen distintas personas y organismos (**agentes**) que pueden encuadrarse en cuatro grandes grupos:

- El peticionario o su representante.
- El órgano de la administración competente para resolver.
- Unidades de otras administraciones públicas.
- Personas físicas o jurídicas presuntamente afectadas.

7.3. Proceso de tramitación

La tramitación de los proyectos suele ser un proceso largo y complejo establecido en la normativa sectorial y/o en los reglamentos técnicos, estando constituida, en sus líneas más generales, por las siguientes fases:

- **Visado del proyecto**, si procede. El Real Decreto 1000/2010, de 5 de agosto, sobre visado colegial obligatorio [1], concreta los supuestos de trabajos profesionales en que únicamente será obligatorio obtener el visado colegial. Es decir, la regla general es que el visado es de **carácter voluntario** y solo será obligatorio en los supuestos indicados en el artículo 2 de dicho RD. Esto es así porque, según su preámbulo, en los trabajos mencionados en dicho artículo ha quedado acreditada la necesidad de que esté sometido obligatoriamente al visado colegial por existir una **relación de causalidad directa entre el trabajo profesional y la afectación a la integridad física y seguridad de las personas, y su proporcionalidad por resultar el visado el medio de control más proporcionado**, teniendo en cuenta los distintos instrumentos de control posibles. El objeto del visado es **comprobar**, al menos:
 - **La identidad y habilitación profesional** del autor del trabajo.
 - **La corrección e integridad formal de la documentación** del trabajo profesional de acuerdo con la normativa aplicable al trabajo del que se trate.
- **Presentación y comprobación de la documentación.** Esta documentación se presenta en las oficinas del órgano de la administración a quien compete resolver. El funcionario correspondiente **comprobará la documentación y, en caso de errores de hecho o falta de algún documento, lo notificará al interesado para su subsanación.**
- **Confrontación del proyecto.** Es preceptiva para **proyectos que afecten a terrenos de dominio público o de terceros**. Consiste en **comprobar en el terreno lo expuesto en los planos del proyecto y, por consiguiente, confirmar la veracidad, en cuanto al alcance de la afección**, de lo allí expuesto. Los gastos corren a cargo del peticionario.

¹La discrecionalidad hace referencia a la potestad atribuida a los órganos administrativos por las leyes sin predeterminar por completo el contenido u orientación que han de tener sus decisiones. Por ello, el titular de las potestades o competencias queda habilitado para elegir dentro de las diversas opciones decisorias que se le presentan.

- **Información pública.** Es también preceptiva para los proyectos de obras que vayan a ubicarse en **terrenos de dominio público o de terceros**. Durante esta fase (que suele ser de un mes de duración, y que suele anunciarse en los boletines oficiales y en la prensa) el proyecto estará expuesto, para su análisis por parte de los interesados, **pudiendo formular estos las alegaciones** que estimen oportunas.
- **Petición y formulación de informes.** Paralelamente a la fase anterior, el órgano que debe resolver solicita informes a otras unidades administrativas. Esta solicitud de informes es, en ocasiones, preceptiva, y en otras no. Caso de ser preceptiva la solicitud, su resultado puede ser vinculante o no. Dentro de estos informes hay que destacar, por su singularidad, el que elabora el **órgano competente de medio ambiente, en relación con el impacto que pudiera ocasionar el proyecto que se está tramitando**. Este informe recibe la denominación de “declaración de impacto ambiental”, ya visto en el Tema 4 de la asignatura.
- **Resolución.** Con el análisis de la documentación presentada, la confrontación del proyecto con el terreno, los informes de los diversos organismos y las alegaciones formuladas por terceros, así como las respuestas del peticionario a las mismas, el órgano competente tiene ya elementos de juicio para dictar resolución, positiva o negativa. En ocasiones se permite la ejecución de las obras, pero con unas **determinadas restricciones** (modificación de dimensiones, obligatoriedad de introducción de algún elemento o material adicional, o limitaciones en cuanto a la explotación). De tratarse de una concesión, la citada resolución fijará el **canon a imponer al concesionario**. Contra la resolución cabe siempre **interposición de recursos** por parte del interesado, en primer lugar, el **recurso de alzada** y, posteriormente, el **de reposición**, previo al **recurso contencioso administrativo**. En ciertas concesiones, previamente a la adjudicación de las mismas al solicitante, la **administración promueve un concurso**, pudiendo incluir como bases las propias ideas plasmadas por el peticionario. Esto debe hacerse siempre que la administración haya tenido intención, **con anterioridad a la petición particular, de abordar las obras o el servicio objeto de la concesión**. Al primer peticionario le asiste, sin embargo, el **derecho de tanto²**.

7.4. Licencias

Antes de comenzar la obra proyectada es necesario solicitar al ayuntamiento la correspondiente licencia. Los requisitos y el proceso de tramitación podrán llegar a ser muy distintos según la obra o instalación a realizar. Las licencias más habituales son:

- **Licencia de obra.** Supone la **autorización municipal para realizar las obras**. Su fin es **comprobar la adecuación de la solicitud de licencia a lo establecido en la normativa urbanística**. Normalmente, la concesión de la licencia de obras requiere aclaraciones y modificaciones de los documentos presentados y el pago de unas tasas. En el caso de que el proyecto a realizar no esté contemplado, o sus características sean distintas de las recogidas como permitidas en el “Texto Refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística” (TRLOTAU) [2], el proyecto deberá someterse a la tramitación del **cambio de calificación urbanística del suelo³**, el cual también lleva asociadas una serie de tasas y canon adicionales que se deben tener en cuenta. De forma conjunta a la petición de la licencia de obras, y antes de que se inicie esta, muchos ayuntamientos exigen solicitar una serie de **permisos provisionales de obra** para poder efectuar los trabajos de construcción. La documentación y gestión de estos permisos suele efectuarla el contratista elegido. Entre ellos cabe señalar los siguientes, como más habituales: contenedores de retirada de escombros, vallado, acometida a la red de saneamiento, acometida a la red de agua, etc. Todos estos permisos requieren para su obtención el pago de las tasas municipales correspondientes.
- **Licencia de actividad e instalaciones (licencia de apertura).** Es concedida por los ayuntamientos y su función principal es **autorizar el establecimiento de la actividad** que se quiere realizar, definida en el proyecto. Con carácter general están sujetas a licencia la apertura de **establecimientos**

²Concepto legal que otorga a una persona o entidad el primer derecho para comprar un activo o propiedad antes de que se ofrezca a otras personas o se venda a terceros. En este caso, la administración debe ofrecerle, en primer lugar, la posibilidad de realizar las obras/servicio al primer peticionario, bajo las mismas condiciones que la oferta del tercero. Este primer peticionario puede optar por ejercer su derecho y llevar a cabo el proyecto o renunciar a él, en cuyo caso la Administración puede proceder con el concurso.

³Se refiere a la modificación o reasignación de la clasificación o categoría asignada a un terreno según el plan urbanístico o el código de zonificación vigente en una determinada área. Este proceso implica cambiar la designación original del suelo (por ejemplo, de residencial a industrial) para permitir el desarrollo de actividades industriales en esa ubicación.

industriales o mercantiles, de carácter público o privado. Aunque cada ayuntamiento tiene sus propias normas, estas suelen ser muy semejantes.

- **Licencia de primera ocupación.** Una vez concluida la ejecución de las obras del proyecto y antes del uso de éste, debe solicitarse la licencia de primera ocupación, que comprueba que las obras realizadas **corresponden con lo aprobado en la licencia de obras correspondiente.**
- **Licencia de funcionamiento.** Análogamente, antes de la puesta en funcionamiento de la actividad, es necesario solicitar la licencia de funcionamiento, que permite la **puesta en marcha de la actividad.** Requiere la comprobación de que las **obras y montajes de todos los equipos que configuran la instalación se han efectuado conforme a lo establecido en el proyecto de licencia de actividad** correspondiente.
- **Licencias parciales y otros permisos.**

Referencias

- [1] *Real Decreto 1000/2010, de 5 de agosto, sobre visado colegial obligatorio.* Boletín Oficial del Estado, 2010.
- [2] *Decreto Legislativo 1/2010, de 18 de mayo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística.* Boletín Oficial del Estado, 2010.

Capítulo 8

La Ejecución y Dirección del Proyecto

8.1. Agentes que intervienen en la ejecución

Los responsables en materia de edificación serán las personas que la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación [1], denomina Agentes de la Edificación. Esta ley, en su capítulo III, da un concepto de agentes de la edificación, los enumera y define a cada uno de ellos, estableciendo al mismo tiempo sus respectivas obligaciones. Estos agentes son:

- **Promotor.** Cualquier persona física o jurídica por cuenta de la cual se realiza una obra. Según la Ley 38/1999 [1]:

Cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

- **Proyectista.** El proyectista es [1]:

El agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Sin embargo, la ley [1] acoge un concepto más amplio que el de **aquel que redacta el proyecto, al admitir la posibilidad de que otras personas complementen el proyecto o redacten parte del mismo**, como se desprende de lo indicado en los párrafos 2 y 3 del número 1 del art. 10, al disponer:

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de este.

Cuando el Proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de esta Ley, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

- **Constructor.**

El constructor es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato.

La ley [1], consecuente con su finalidad de regular las responsabilidades del constructor, defiencientemente contenidas en el Código Civil, en el artículo 11-2 establece que son obligaciones del constructor:

- **Ejecutar la obra con sujeción al proyecto,** a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- **Tener la titulación académica o capacitación profesional** que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.

- **Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra** y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- **Asignar a la obra los medios humanos y materiales** que su importancia requiera. Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- **Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.**
- **Facilitar al director de la obra los datos necesarios** para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- **Suscribir los seguros de daños materiales o de caución para garantizar, durante dos años, el resarcimiento de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras.** Además, en proyectos de construcción, en el supuesto de que hubiera pactado con el promotor que asumía su condición del **tomador del seguro**, también deberá suscribir los seguros de daños y caución que corresponden al promotor, como son:
 - Seguro de daños materiales o de caución para garantizar, durante **tres años**, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de los **elementos constructivos o de las instalaciones** que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del apartado 1, letra c) del artículo 3.
 - Seguro de daños materiales o de caución para garantizar, durante **diez años**, el resarcimiento de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que tengan su origen o afecten a **la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales** y que comprometan directamente la resistencia mecánica y estabilidad del edificio.
- **Dirección facultativa.** Está compuesta por el técnico o técnicos competentes **designados por el promotor**, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra. En las obras de edificación y en obras industriales complejas y/o de gran envergadura está formada por el director de obra y el director de la ejecución de la obra.
 - **Director de obra.** Es el agente que, desarrollando parte de la dirección facultativa, **dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales**, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto. También pueden dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de la obra (art. 12).
 - **Director de la ejecución de la obra.** Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, **asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativamente y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado** (art. 13-1).
- **Entidades y laboratorios de control de calidad.** Son entidades de control de calidad de la edificación aquellas capacitadas para **prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones** de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable. Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la **realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación**.
- **Suministradores de productos.**

8.2. El director de obra

En la fase de ejecución material de los trabajos, el director de obra es la persona de mayor autoridad y responsabilidad en la obra: **es responsable de la dirección, coordinación y control de la construcción y de los montajes, a fin de no sobrepasar ni el coste ni el plazo estimado para ellos**. El director de obra debe estudiar todos los documentos de la *ingeniería de detalle* (ver Anexo 8.A) antes de comenzar la construcción, **con el fin de detectar posibles errores o faltas de coordinación, para que se corrijan**. Si durante el desarrollo de la obra detecta **falta de detalles**, debe solicitar su realización a los autores

de la ingeniería, aunque muchas veces y en favor de la rapidez, tome él las decisiones necesarias. Debe realizar la obra ateniéndose exactamente a los documentos recibidos, limitándose a **sugerir aquellas modificaciones que considere convenientes**, pero sin acometerlas hasta recibir la debida aprobación. La autoridad real del director de obra depende de cada organización: unas son muy estrictas, impidiéndole apartarse lo más mínimo de la ingeniería de detalle recibida y otras le proporcionan la máxima flexibilidad. Debe **administrar el proyecto** tanto desde el punto de vista del personal a sus órdenes, como de las compras en obra, la aprobación de certificaciones y la discusión de precios contradictorios. También será responsable del control y cumplimiento de los plazos de ejecución.

Es preciso destacar en este punto la importancia del **libro de órdenes y asistencias**, un "registro" de lo acaecido formalmente en la obra. Este libro, obligatorio en cualquier obra de edificación según el Decreto 462/1971, de 11 de marzo, por el que se dictan normas sobre la redacción de proyectos y la dirección de obras de edificación [2], estará en todo momento en la obra a disposición del director de la misma, quien deberá consignar en él las visitas, incidencias y órdenes que se produzcan en su desarrollo [3]:

- Visitas realizadas por la dirección facultativa a la obra, incluyendo información sobre las comprobaciones, el ritmo de los trabajos, indicaciones para trabajos futuros, problemas encontrados... Es decir, refleja todo lo que sucede en la obra desde el inicio, durante el transcurso y hasta el final de la obra.
- Incidencias ocurridas durante las obras, como por ejemplo debidas a condiciones climatológicas adversas (lluvia, viento, hielo), accidentes, robos...
- Órdenes expresas a contratas/subcontratas/autónomos, dando una instrucción porque no se están realizando los trabajos conforme a las indicaciones especificadas en el proyecto.

Cada asistencia, orden o instrucción deberá ser extendida en la hoja correspondiente, con indicación de la fecha en que tenga lugar, la firma del director, y el **enterado del constructor**, técnico o encargado que, en su caso, le represente. Las hojas, una vez cumplimentadas en la forma que en el apartado anterior se dice, quedarán formando parte del libro. Las dos copias, con indicación de destino, se separarán del libro y quedarán, como así lo indican, una en poder del Director de la Obra, y la otra en poder del constructor, instalador o persona que le represente respectivamente. **El libro deberá presentarse al finalizar las obras en el Colegio profesional, juntamente con la certificación y certificado final de obra**, donde se queda archivado durante 10 años¹ para futuras reclamaciones contra la actuación de la dirección facultativa. Por tanto, se trata de un documento con autoridad judicial.

8.3. La organización de la obra

La mayor eficacia de la supervisión de construcción y montaje está en función de una adecuada organización de la obra. La organización de la obra responde a un **esfuerzo simultáneo de la propiedad, la empresa de ingeniería y los contratistas**. El tipo de contrato establecido para la construcción y montaje será el punto de partida para organizar de una u otra manera la obra. A efectos de organización, pueden estudiarse los dos que con más frecuencia suelen presentarse y que son la existencia de un **contratista general único** o la de **varios contratistas distintos**.

8.3.1. Contratista único

Este es el caso más **fácil y cómodo** para la empresa de ingeniería, ya que su labor de supervisión se ve muy apoyada y a la vez reducida por la propia organización del contratista. El contratista general suele tener una buena organización que le permite el control de todo programa de construcción y que cuenta con el personal para su propia supervisión interna. La empresa de ingeniería mantendrá un **equipo de supervisión mínimo** destinado a controlar la marcha y los resultados del contratista general, pero habitualmente no intervendrá en su organización. El contratista general presentará un **plan de obra** al director de obra, quien procederá a su aprobación y que se convierte en el elemento básico de control del proyecto en esta fase.

La empresa de ingeniería vigilará el cumplimiento de las distintas etapas del plan, avisará a la propiedad en aquellos casos que, a su juicio, pueden aparecer circunstancias que impidan el correcto cumplimiento del contrato. Apenas será necesaria la **coordinación en obra**, ya que el propio personal del

¹Como se está hablando de proyectos de construcción, está relacionado con el seguro decenal. Por tanto, la responsabilidad civil es de 10 años, siendo los años que debe quedar archivado.

contratista general se encargará de ello. Así, la labor de la empresa de ingeniería será fundamentalmente la **dirección facultativa** de la obra y el equipo de supervisión podrá reducirse al propio director de obra y a un aparejador/ingeniero técnico/grado, como ayudante, en las obras de construcción en que legalmente sea necesario. Esta solución reduce la participación de la empresa de ingeniería y **deja en manos del contratista general la mayoría de las decisiones**. Aunque esta organización es poco utilizada en los grandes proyectos industriales, sí lo es frecuentemente en los **proyectos de tipo medio** y muy especialmente en los de **edificación**.

8.3.2. Varios contratistas

La empresa de ingeniería tiene que tomar a su cargo, de una u otra manera, la **dirección y coordinación de la construcción y montaje del proyecto**. La organización de obra es más compleja, ya que está encaminada a dirigir y coordinar, con la colaboración de la propiedad, toda la etapa de construcción y montaje. La organización de obra en estos casos está formada por varios elementos claves, que son el propio director de obra y los supervisores que, en dependencia de él, vigilan y supervisan los distintos **tajos de la obra** (división del trabajo en la obra según el trabajo que puede efectuar una cuadrilla de operarios). El número de supervisores depende del volumen y del número de contratistas utilizados, aunque como norma debe existir un **supervisor cualificado por cada una de las especialidades**, independientemente de las incidencias económicas que ello represente. Sin embargo, y en orden a estas razones económicas, suele limitarse el número de supervisores a las especialidades con **mayor volumen de trabajo**. Un esquema típico de la organización de supervisión es el mostrado en la Figura 8.3.1.

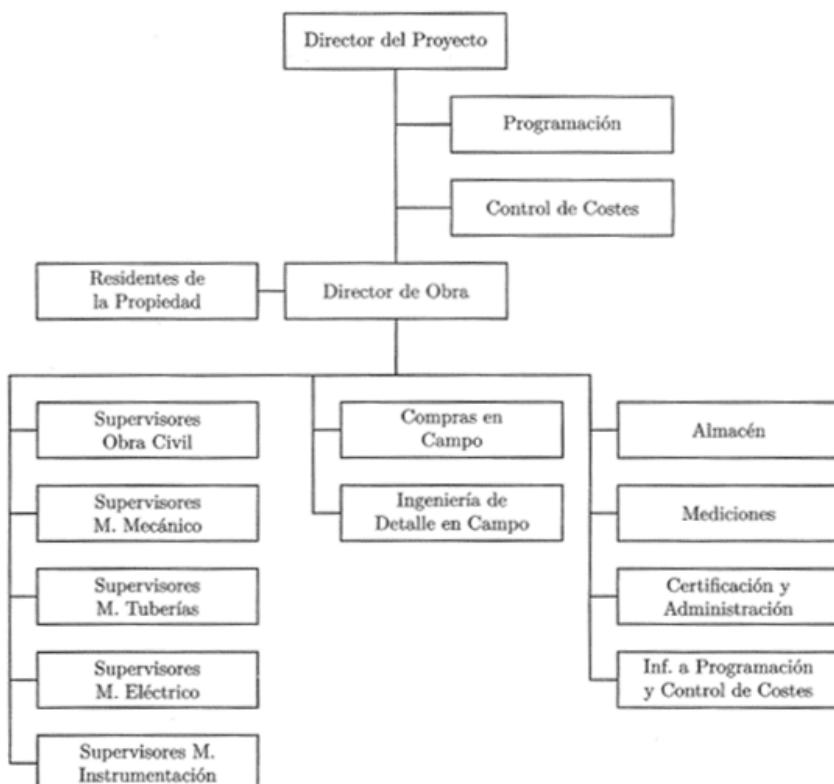


Figura 8.3.1: Esquema típico de la organización de supervisión con varios contratistas

- **Ingeniería de detalle en campo.** Suele estar formada por un grupo de delineantes que realizan esquemas, croquis, planos de detalle, a partir de los planos generales suministrados por la oficina principal. Estos detalles suelen ser de obra o montaje y facilitan la labor del personal del contratista en su interpretación de los planos del proyecto.
- **Almacén.** Es una función delicada, ya que le corresponde recepcionar en campo todos los materiales y equipos, almacenarlos y controlar entradas y salidas a fin de conocer en todo momento las necesidades pendientes de cubrir. También suele realizar la **gestión de compras de pequeños**

materiales locales, necesarios para la buena marcha de los montajes. Cuando este trabajo adquiere cierta importancia, se hace necesario independizarlo y así parece una actividad de **Compras en campo** responsable directamente de este trabajo.

- **Mediciones.** Cubierta por algún delineante experimentado que es el responsable de **realizar dichas mediciones y compararlas** con las que los contratistas presentan a fin de comprobar la **veracidad y exactitud** de sus datos.
- **Certificación y Administración.** Se relaciona con la burocracia de la obra. Se entiende por **certificación** una especie de factura estructurada, en la que aparecen los volúmenes de obra realizados hasta la fecha, multiplicados por los precios contractuales acordados. Así, la suma de todo constituye el total del contrato realizado a esa fecha.
- **Programación y Control de costes.** Se envían a la oficina los datos necesarios para el seguimiento del día a día de los trabajos para hacer revisiones periódicas y evitar desviaciones importantes.

8.4. Modificaciones y ampliaciones

Un problema importante y grave durante la etapa de construcción y montaje, es el de la **incidencia económica** de cualquier modificación o ampliación en el alcance de los trabajos:

- **Modificación (cambio o sustitución).** Cuando se detecta una **solución alternativa** de cualquier aspecto constructivo, que por cualquier razón (constructiva, de mercado o de tiempo) es de interés. La evaluación económica de esa modificación, la asignación de responsabilidad en cuanto a la asunción de ese coste y la aprobación del mismo, son decisiones de gran importancia.
- **Ampliación.** Modificación que, en vez de reducir y simplificar el diseño original, añaden claramente algún **elemento nuevo**, con el correspondiente incremento de coste.

En todo este proceso se distinguen varias etapas y distintas actuaciones, así se tiene:

- **¿Quién propone o sugiere la modificación y/o ampliación?**
- **¿Quién y cómo lo valora?**
- **¿Quién lo aprueba?**
- **¿Quién asume su coste?**

Los cambios suelen y pueden sugerirlos cualquiera de las partes involucradas. La evaluación suele hacerla la **empresa de ingeniería**, quien, a su vez, debe dar su **aprobación técnica**. La aprobación del gasto corresponde al promotor, quien a su vez es el que **asume este coste** la mayor parte de las veces. Sin embargo, si las alteraciones se deben a una **mala ejecución**, el coste debe correr a cargo del **contratista responsable**. Por otro lado, los **errores debidos al diseño** de la empresa de ingeniería deben ser **asumidos por esta**, que tiene la responsabilidad de volver a ejecutar los planos y documentos necesarios para corregir sus errores.

8.5. Puesta en servicio

Toda la última etapa de la ejecución material del proyecto, desde que se da por finalizado el montaje hasta que se inicia la operación normal, suele conocerse como **puesta en servicio**. La puesta en servicio requiere de una serie de precauciones y, sobre todo, de una **programación detallada**, que no debe dejarse para el último momento, sino que ha de realizarse durante la fase de ingeniería de detalle. El programa de puesta en servicio tiene que considerar, en primer lugar, todas las actividades que se van a incluir en esta etapa, establecer su ordenación y sus prioridades y fijar así en qué momento, muy anterior a veces de su ejecución, hay que iniciar ciertas actividades o tomar decisiones que pueden condicionar esta última fase del proyecto.

Entre otros puntos importantes, el programa debe tener en cuenta elementos, actividades y recursos necesarios para la puesta en marcha, que son la **esencia** de la puesta en servicio de un proyecto:

- **Recursos necesarios para la puesta en marcha**
- **Manuales de operación**

- Personal de operación
- Operaciones preliminares
- Pruebas
- Hojas de registro
- Puesta en marcha
- Manual de mantenimiento
- Personal de mantenimiento
- Laboratorios

El objetivo de esta fase es poner la instalación en **condiciones normales de producción**, alcanzando por lo menos los rendimientos fijados como normales. La lleva a cabo el **jefe de operación**, que puede pertenecer al personal del contratista, a la empresa de ingeniería o al promotor. Se encarga de manejar a los **operadores** y al **equipo de mantenimiento**, contando con un **soporte administrativo** suficiente que, generalmente, será el que administrará la instalación. Puesto que a lo largo de la puesta en marcha hay que analizar y controlar los productos intermedios y finales, para comprobar si se están cumpliendo las garantías del proceso, es necesario contar con un **laboratorio** próximo y disponible.

La puesta en servicio tiene tres etapas bien identificables, aunque se superpongan en el tiempo. Son las operaciones preliminares a la puesta en marcha que incluye las **operaciones preliminares y pruebas finales**, la **puesta en marcha en circuito cerrado** y la **puesta en operación**, como se muestra en la Figura 8.5.1.

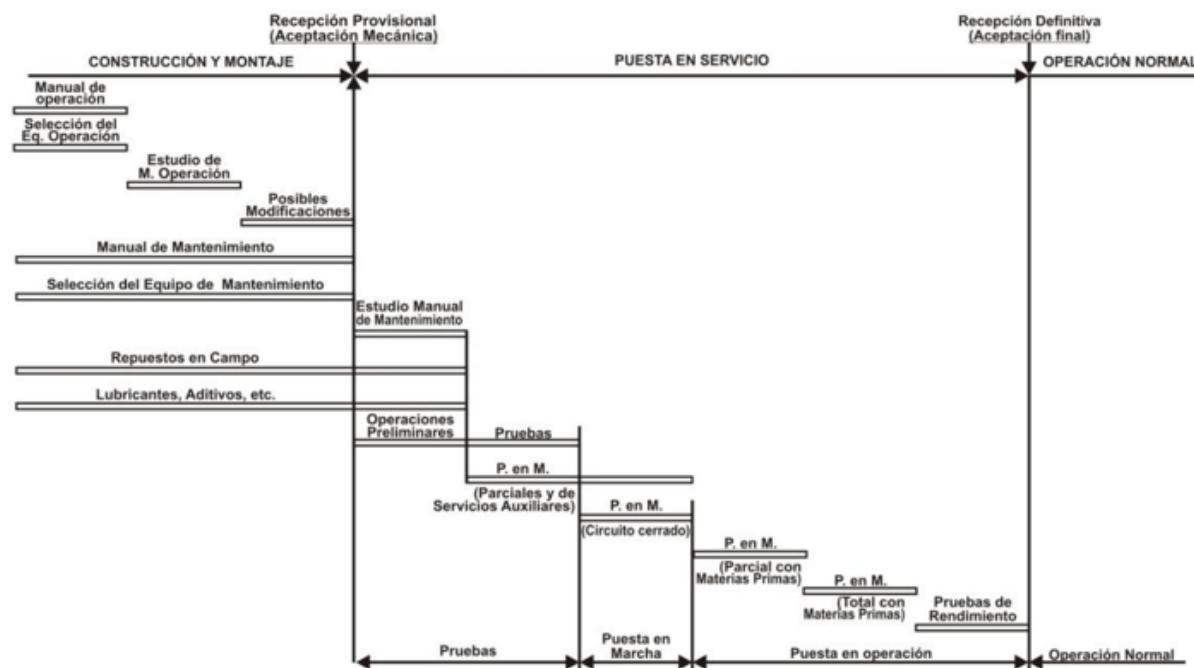


Figura 8.5.1: Etapas de la puesta en servicio

1. **Operaciones preliminares y pruebas finales.** Hace de puente entre la terminación mecánica y la puesta en marcha, incluyendo las siguientes actividades:

- Puesta en marcha de servicios auxiliares y pruebas de aquellos que lo requieran.
- Comprobación de buen funcionamiento de equipos accionados por vapor.
- Pruebas de estanqueidad a la presión máxima de trabajo.
- Limpieza, drenaje y secado de todos los circuitos.
- Comprobación de sistemas de emergencia.

- Almacenamiento de materiales necesarios para puesta en marcha.
 - Comprobación de que se dispone de los repuestos necesarios para reparar rápidamente cualquier elemento (bombas, válvulas...).
2. **Puesta en marcha en circuito cerrado.** Solo se realiza en plantas de proceso. Se pone en marcha utilizando **fluidos más seguros** (agua para líquidos; aire o nitrógeno para gases). La instalación se pone en marcha en su totalidad, en **circuitos cerrados** tan largos como sea posible. Debe destacarse que las condiciones de operación no son las propias del proceso ni se produce ninguna reacción química, pero si la puesta en marcha está bien estudiada y se ha realizado un diagrama de proceso adaptado a los fluidos de prueba, se puede comprobar la **adecuación de la instrumentación** y de los **sistemas de control** para la futura operación real. Estas pruebas permiten:
- Comprobar el funcionamiento de los equipos.
 - Familiarizar a los operadores con la planta.
3. **Puesta en operación.** Se alimenta la instalación con las materias primas correspondientes y se siguen sus transformaciones hasta la obtención del/los producto/s final/es. Se van poniendo en operación: primero, las secciones más simples, utilizando, como materias primas, los productos intermedios que, en la realidad, vendrán de la sección anterior. Cuando se ajusta cada sección, se integra con la anterior y siguiente hasta completar la totalidad de la instalación. Se debe llevar un **control** (diario como mínimo, cada 4-6 h recomendable) mediante hojas de registro, donde se reflejen las constantes y características de cada unidad. También se realizan análisis en laboratorio de productos (finales e intermedios). Pueden aparecer dificultades durante esta fase, originadas por fallos del equipo/materiales, insuficiente tamaño del equipo, fallos de construcción/montaje, etc. Para las plantas de proceso, se estima que las dificultades (y su %) son:
- Fallos de equipo/materiales: 61 %
 - Errores de construcción/montaje: 16 %
 - Fallos de operación: 13 %
 - Errores de diseño: 10 %

Anexo

8.A. Ingeniería básica e ingeniería de detalle

Al realizar un proyecto, y siguiendo el ciclo de vida de este (ver Sección 1.4), es habitual diferenciar entre la ingeniería básica y la ingeniería de detalle. La ingeniería básica se relaciona con la fase II del ciclo de vida, mientras que la ingeniería de detalle se engloba en la fase III.

8.A.1. Ingeniería básica

La ingeniería básica (anteproyecto o proyecto básico) define las **líneas básicas del proyecto**, de manera que suministre al promotor la información necesaria para poder tomar la decisión de llevar adelante el proyecto o de paralizarlo. Por tanto, realiza una **evaluación exhaustiva** de los aspectos técnicos, económicos y ambientales del proyecto para determinar su **viabilidad**. El anteproyecto debe dar una respuesta a los problemas planteados que pretende solventar el proyecto. Las actividades clave en esta etapa incluyen:

- Identificación de los objetivos y alcance del proyecto.
- Evaluación de alternativas y soluciones conceptuales.
- Definición de los principales procesos, sistemas y tecnologías que se utilizarán.
- Estimación preliminar de costos y recursos necesarios.
- Evaluación de los posibles riesgos y consideraciones ambientales.
- Desarrollo de diagramas de flujo y conceptos de diseño.

Por tanto, esta fase establece la dirección general del proyecto y proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas (se selecciona la solución más conveniente, se define y se desarrolla). A partir de ella, el equipo de diseño toma todos los datos precisos para realizar el cálculo detallado de los componentes y partes del proyecto.

Desde el punto de vista de la tramitación administrativa, permite el inicio de la misma, ya que es el documento necesario para solicitar la licencia de obra municipal y la autorización administrativa previa industrial, en caso de ser necesaria por la naturaleza del proyecto.

8.A.2. Ingeniería de detalle

En la ingeniería de detalle **quedan definidos todos y cada uno de los subsistemas, componentes o partes** que integran el proyecto. Se diferencia de la ingeniería básica en que, en lugar de analizar el problema y definir las soluciones más adecuadas, aquí deben **concretarse** las soluciones en respuestas únicas que han de describirse en su totalidad y con el detalle necesario. Por tanto, presenta gran precisión y no debe incluir estimaciones. Las actividades clave en este etapa incluyen:

- Diseño detallado de cada componente, sistema y proceso.
- Creación de planos y diagramas técnicos, como planos de ingeniería, esquemas eléctricos, diagramas de tuberías e instrumentación, etc.
- Especificación precisa de materiales y equipos a utilizar.
- Cálculos y análisis detallados, como análisis de resistencia estructural, simulaciones de procesos, etc.
- Planificación de la secuencia de construcción y montaje.
- Preparación de documentación técnica completa para la ejecución del proyecto.

La ingeniería de detalle garantiza que todos los aspectos del proyecto estén completamente definidos antes de la implementación, lo que minimiza la posibilidad de cambios costosos o retrasos en etapas posteriores.

Desde el punto de vista de la tramitación administrativa, para proyectos que requieren de autorización administrativa previa, una vez concedida ésta, es necesario presentar el Proyecto de Ejecución, que incluye la ingeniería de detalle, para obtener la Aprobación de Proyecto, que es la autorización industrial para poder llevar a cabo las obras e instalaciones objeto del proyecto.

Referencias

- [1] Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, 1999.
- [2] Decreto 462/1971, de 11 de marzo, por el que se dictan normas sobre la redacción de proyectos y la dirección de obras de edificación. Boletín Oficial del Estado, 1971.
- [3] José Luis Fuentes Bargues. *El Libro de Órdenes y Asistencias*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/167610>. 2021.

Capítulo 9

Propiedad Industrial

9.1. Introducción: ¿qué es la investigación?

Según la RAE [1], la investigación es:

Acción y efecto de investigar,

donde investigar hace referencia a:

Realizar actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada materia.

Por tanto, se puede definir la investigación como un proceso sistemático y riguroso que tiene como objetivo obtener nuevos conocimientos, comprender fenómenos, resolver problemas o validar teorías existentes, que se lleva a cabo a través de la recopilación, análisis e interpretación de datos y evidencias, con el propósito de responder preguntas específicas o abordar inquietudes dentro de un campo de estudio particular. Se lleva a cabo en una amplia gama de disciplinas, como ciencias naturales, sociales, de la educación, ingeniería, medicina, humanidades..., pudiendo tener objetivos variados. Sin embargo, pese a que cada campo tiene sus propios desafíos y áreas de enfoque, todos contribuyen al avance de la comprensión humana en sus respectivas áreas.

En España, la investigación se realiza en variedad de instituciones [2], destacando:

- **Universidades.** Las universidades españolas, tanto públicas como privadas, desempeñan un papel fundamental en la investigación en una amplia gama de disciplinas. De hecho, según [3], la producción científica española representó en 2020 el 3,3 % de la producción mundial, mostrando una notable eficiencia en su desempeño, tanto a nivel de producción científica como de posición en los rankings internacionales.
- **Organismos Públicos de Investigación (OPI).** Son considerados OPI de la Administración General del Estado los creados para la ejecución directa de actividades de investigación científica y técnica, de actividades de prestación de servicios tecnológicos y de aquellas otras actividades de carácter complementario, necesarias para el adecuado progreso científico y tecnológico de la sociedad, que les sean atribuidas por la ley o por sus normas de creación y funcionamiento:

- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- Instituto de Salud Carlos III (ISCIII)
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA)
- Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

La coordinación de las actuaciones de los OPI es responsabilidad del Ministerio de Ciencia e Innovación [4].

- **Institutos de Investigación.** Hay una serie de institutos de investigación específicos, dentro de las universidades, que se dedican a áreas de estudio particulares. Por ejemplo, en Castilla-La Mancha, en 2019 existían un total de 35 institutos universitarios de investigación, siendo 12 de ellos de la rama de ingeniería y arquitectura [4].

- **Centros Tecnológicos.** Son organismos de investigación privados, sin ánimo de lucro, que disponen de los recursos materiales y humanos propios necesarios para la realización de actividades destinadas tanto a la generación de conocimiento tecnológico como a facilitar su explotación (ya sea por empresas existentes o mediante la generación de nuevas iniciativas empresariales) y cuyo éxito se mide en función de la mejora competitiva de las empresas y de su contribución al desarrollo económico de su entorno. Suelen actuar como socios estratégicos de las empresas, al constituir un enlace ágil y eficaz de apoyo a la I+D+i dirigido específicamente al sector productivo [5].
- **Empresas e industrias.** Muchas empresas también realizan investigación y desarrollo en sus áreas de especialización. Estas empresas pueden tener departamentos de investigación internos o colaborar con instituciones académicas y centros de investigación.

Hay varias formas de presentar los resultados de una investigación, y la elección depende del propósito, la audiencia y el ámbito en el que se encuentre. Entre ellas, las principales son:

- **Póster.** Es una presentación visual que resume los aspectos clave de una investigación en un formato gráfico. Es habitual utilizar esta forma en conferencias académicas y ferias científicas. Los pósters suelen incluir una combinación de texto, imágenes, gráficos y tablas para comunicar los hallazgos de manera concisa y visualmente atractiva. Al menos uno de los autores está presente junto al póster para discutir los resultados con los asistentes.
- **Ponencia.** Es una presentación oral en la que se presentan los hallazgos ante una audiencia en una conferencia, simposio o seminario, en un tiempo establecido (generalmente, entre 10 y 15 min). Las presentaciones orales suelen ser más detalladas que los pósters, y permiten una interacción más directa con el público a través de preguntas y respuestas después de la presentación.
- **Artículo.** Es una forma común de compartir resultados de investigación en revistas académicas. Los artículos científicos son documentos formales que presentan el contexto teórico, la metodología utilizada, los hallazgos y la discusión de los resultados. Los artículos científicos pasan por un proceso de revisión por pares antes de ser aceptados para su publicación, por lo que necesitan un alto grado de innovación.

La estructura de cualquier investigación suele ser muy parecida a la de los informes (ver Sección 2.4). En general, pueden considerarse las siguientes secciones:

- Título y autores, incluyendo su afiliación.
- Resumen (abstract).
- Palabras clave.
- Introducción, donde se incluye el estado del arte de la cuestión.
- Metodología/Material.
- Caso de estudio.
- Resultados.
- Discusión/Conclusiones.
- Bibliografía.
- Anexos.

Además de estas formas, si los resultados de una investigación tienen aplicaciones prácticas y novedosas, se puede considerar presentar una **patente**. Las patentes son derechos legales que otorgan la exclusividad para producir, usar y vender la invención durante un período determinado. Presentar una patente implica un proceso legal y técnico para describir adecuadamente la invención y demostrar su novedad y utilidad.

9.2. Concepto de propiedad industrial

La **propiedad intelectual** y la **propiedad industrial** son dos conceptos similares pero distintos, relacionados con la protección legal para diferentes tipos de activos intangibles. Pese a que tienen un objetivo común (*proteger ideas originales*) están reguladas por diferentes leyes:

- **Propiedad intelectual.** Hace referencia a los derechos legales que tienen los titulares respecto de las obras que crean. Estas obras, consideradas *únicas*, pueden ser novelas, películas, dibujos, fotografías, esculturas, reglamentos para juegos, programas de ordenador..., que quedan protegidas mediante *derechos de autor*.
- **Propiedad industrial.** Hace referencia a las creaciones (generalmente, comerciales) que están relacionadas con la actividad industrial. Esto abarca elementos que identifican y diferencian productos y servicios en el mercado, clasificados de la siguiente manera:
 - *Diseños industriales.* Apariencia externa/estética de los productos.
 - *Marcas y nombres comerciales (signos distintivos).* Combinaciones gráficas y/o denominativas para distinguir unos productos o servicios de otros similares.
 - *Patentes y modelos de utilidad.* Invenciones consistentes en productos, procedimientos y métodos susceptibles de reproducción y reiteración con fines industriales. El titular tiene el derecho exclusivo de producir, utilizar o vender la invención durante un período determinado.
 - *Topografías de semiconductores.* Protegen los circuitos integrados electrónicos: esquema de trazado de las distintas capas y elementos que componen un circuito integrado, su disposición tridimensional y sus interconexiones (“topografía”).

Existen varias oficinas de patentes a nivel nacional, europeo y mundial:

- **Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).** Entidad encargada de la concesión y gestión de las patentes, modelos de utilidad y marcas en España. Su función es proteger la propiedad industrial y fomentar la innovación y la creatividad en el país [6].
- **Oficina Europea de Patentes (EPO).** Organización independiente que administra el sistema de patentes en Europa. No es una institución de la Unión Europea, sino que abarca varios países europeos. Proporciona un procedimiento centralizado para la concesión de patentes que pueden ser válidas en múltiples países europeos [7].
- **Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI/WIPO).** La OMPI es una agencia especializada y autofinanciada de las Naciones Unidas, con 193 estados miembros, que se ocupa de promover la protección de la propiedad intelectual. Su objetivo principal es fomentar la protección de la propiedad intelectual en todo el mundo mediante la cooperación de los Estados y la colaboración con otras organizaciones internacionales. Permite a los solicitantes presentar una única solicitud internacional de patente que tiene efecto en múltiples países, facilitando el proceso de protección en varios territorios [8].

9.3. Patentes y modelos de utilidad

Tanto las patentes como los modelos de utilidad son unos títulos otorgados por el Estado para impedir **temporalmente** a otros la fabricación, venta o utilización comercial de la invención protegida; es decir, son formas de protección legal que otorgan derechos exclusivos sobre invenciones y mejoras técnicas. Sin embargo, existen algunas diferencias entre ellos:

- **Patente.** Derecho que se confiere a un inventor por el cual tiene la capacidad para explotar y comercializar en exclusiva dicha invención durante **20 años**. Una patente suele dar una solución técnica a un problema, materializada en forma de productos o procedimientos, pero **no** como una idea (es necesario que tome alguna de las formas anteriores). La patente proporciona al titular el derecho exclusivo de fabricar, vender, utilizar y licenciar la invención durante el periodo de protección.
- **Modelo de utilidad.** Suelen ser considerados como “pequeñas patentes”, teniendo una protección únicamente de 10 años. En lugar de dar una “solución técnica” a un problema, un modelo de utilidad proporciona una mejora, beneficio o ventaja que antes no se tenía, es decir, proporciona cierta novedad tecnológica a algo ya existente. Su procedimiento es más sencillo y rápido.

Para poder obtener una patente es necesario cumplir los siguientes requisitos:

- **Novedad.** Se considera que una invención es novedosa cuando no está comprendida en el *estado de la técnica*¹. Por tanto, es necesario no divulgar o publicar con anterioridad a la fecha de presentación de la patente, puesto que, si no, no tendrá novedad en el momento de la presentación, incluso si la publicación anterior la ha hecho el propio inventor.
- **Actividad inventiva.** La invención no debe ser resultado del estado de la técnica de una manera evidente, es decir, no puede ser obvio que podría llegarse a esa invención combinando inventos ya existentes.
- **Aplicación industrial.** La invención puede ser fabricada o utilizada en cualquier clase de industria.

Además de todo esto, es necesario que la patente no esté incluida en las excepciones de patentabilidad incluidas en el apartado 4 del art. 4, ni en el art. 5 de la Ley 24/2015, de 24 de julio, sobre Patentes [9]. Entre estas excepciones, se encuentran los **programas de ordenador**, que no se consideran una “involución” (esto supone que el código fuente o cualquier otra forma de expresión particular de un programa de ordenador están excluidos del ámbito de la patentabilidad) y se protegen legalmente mediante propiedad intelectual. No obstante, si la ejecución del programa produce efectos técnicos que van más allá de los habituales y comunes en la ejecución de los programas informáticos, y en la medida en que formen parte de la solución a un problema técnico, sí pueden ser objeto de protección por una patente. Por ello, sí puede patentarse una *invención implementada en ordenador*. Estas invenciones requieren la utilización de un ordenador, red informática u otro aparato programable en los que la ejecución de, al menos, un programa informático produce un efecto técnico que forma parte de la solución al problema técnico planteado.

9.4. Partes de un documento oficial

La estructura de la solicitud de patente es similar a la de los informes (Sección 2.4): En general, el documento de solicitud de patente contiene las siguientes partes:

- **Portada.** Contiene el título de la patente, el resumen y una figura representativa sobre la misma. Se incluyen también las fechas relevantes, solicitantes e inventores.
- **Descripción.** Es la parte en que se describe toda la patente (sería equivalente a la “exposición del trabajo” de un informe). Se estructura de la siguiente manera:
 - Título de la invención, tal como fue redactado en la instancia.
 - Sector de la técnica (campo de la invención) en el que se encuadra la invención. Se pueden encontrar clasificaciones en [10, 11].
 - Estado de la técnica (antecedentes de la invención conocidos por el solicitante).
 - Descripción de la invención (explicación de la invención de una manera clara y completa, de forma que un experto en la materia pueda llevarla a la práctica, que permita una comprensión del problema técnico planteado, así como la solución al mismo, indicando las ventajas de la invención con relación al estado de la técnica anterior).
 - Descripción de los dibujos, si los hubiera.
 - Exposición detallada de, al menos, un modo de realización de la invención.
 - Indicación de la manera en que la invención es susceptible de aplicación industrial, salvo que se derive de manera evidente de la naturaleza de la invención o de la explicación de la misma.
- **Reivindicaciones.** Definen el objeto para el que se solicita protección, por lo que se trata de la parte con **mayor importancia jurídica** de la solicitud. Deben ser claras, concisas y estar basadas en la descripción de la invención. Deben contener:
 - Preámbulo/Introducción, donde se indica cuál es el objeto de la invención (que suele coincidir con el título de la invención) y todas aquellas características técnicas que, aunque conocidas, son necesarias para la definición de los elementos que se van a proteger.

¹Se entiende por *estado de la técnica* todo lo que antes de la fecha de presentación de la solicitud de valoración de patente se ha hecho accesible al público por cualquier medio.

- Parte caracterizadora, precedida por la expresión “caracterizado por”, “que comprende”, “que consiste en”²..., en la que se exponen de manera concisa las características técnicas nuevas que se desean proteger.

En el supuesto de que se quiera registrar una invención implementada por ordenador, no es suficiente con indicar que el programa tiene carácter innovador, sino que en la solicitud de patente debe quedar claro el problema técnico que se plantea y la solución que se propone para la superación de dicho problema. En todo caso, la protección no podrá recaer sobre el código del programa en sí, sino sobre las características o medios que producen los efectos técnicos como consecuencia de la ejecución del programa.

9.5. Tramitación nacional de una patente

La tramitación de una patente en España sigue un proceso legal y administrativo que consta de varios pasos, partiendo de la presentación de la solicitud:

- Presentación de la solicitud.** Una vez que la solicitud está lista, se debe presentar ante la OEPM.
- Otorgamiento de fecha de presentación y admisión a trámite.** Dentro de los 10 días siguientes a la entrada de la solicitud en la OEPM, se examina si reúne los requisitos para poder otorgar una fecha de presentación y si se ha abonado la tasa de depósito. Si existen defectos, la OEPM los comunica al solicitante para que los subsane en el plazo de 1 o 2 meses, según el tipo de defecto. Si no hay defectos, la solicitud se admite a trámite y se otorga fecha de presentación.
- Examen de forma/oficio de la solicitud.** Una vez recibida la solicitud, el órgano competente examinará si se han consignado todos los datos. En cuanto al examen de oficio, el órgano competente examinará si el objeto de la solicitud constituye un diseño en sentido legal, si no es contrario al orden público o las buenas costumbres y si no contiene símbolos o emblemas oficiales como el escudo, la bandera y otros emblemas de España. También se examina de oficio si el solicitante está legitimado para ser titular de un diseño registrado en España. Si existen defectos, los comunica al solicitante para que los subsane en el plazo de 2 meses.
- Realización del informe sobre el estado de la técnica (IET) y la opinión escrita.** La OEPM realiza una búsqueda de cualquier divulgación anterior que pudiera afectar a la patentabilidad de la invención reivindicada y emite el informe sobre el estado de la técnica (IET). El IET se traslada al solicitante acompañado de una opinión escrita preliminar, acerca de si la invención cumple los requisitos de patentabilidad.
- Publicación de la solicitud y del IET.** Transcurridos 18 meses desde la fecha de presentación, la OEPM pone a disposición del público la solicitud de patente, realizando un anuncio en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial (BOPI) y publicando un folleto con el contenido íntegro de la solicitud de patente y el IET. A partir de ese momento, el expediente es consultable en la sede electrónica de consulta de expedientes OEPM.
- Petición del examen sustantivo.** El solicitante debe pedir el examen sustantivo desde la presentación de la solicitud hasta 3 meses después de la publicación del IET. También debe realizar el pago de la tasa de examen sustantivo.
- Examen sustantivo y resolución (concesión o denegación).** La OEPM realiza el examen sustantivo para determinar si se cumplen los requisitos de patentabilidad. Si no hay objeciones, concede la patente. Si hay objeciones, una comisión de expertos examina toda la documentación y concede o deniega la patente. La resolución se publica en el BOPI y frente a ella se puede interponer recurso de alzada en el plazo de 1 mes desde la fecha de publicación de la resolución.
- Mantenimiento de la Patente.** Para mantener la validez de la patente, es necesario pagar tasas de mantenimiento periódicas. Estas tasas aumentan a lo largo del tiempo.

Es importante mencionar que este proceso puede variar en función de los detalles de cada caso y de las leyes y regulaciones vigentes en el momento de la solicitud.

²Es necesario reseñar la diferencia entre las expresiones “que comprende” o “que contiene”, que dejan abierta la posibilidad de existir otros elementos técnicos adicionales además de los enumerados, y la expresión “que consiste” por la cual se excluye la existencia de otros elementos.

Referencias

- [1] *Real Academia Española.* <https://dle.rae.es/>.
- [2] Ministerio de Ciencia e Innovación. *Red Española de Centros de I+D+I (RECIDI).* <https://www.ciencia.gob.es/Estrategias-y-Planes/Sistema-de-Informacion-sobre-Ciencia--Tecnologia-e-Innovacion--SICTI-/Red-Espanola-de-Centros-de-I-D-I--RECIDI-.html>.
- [3] Juan Hernández Armenteros et al. "La universidad española en cifras, 2019/2020". En: (2023).
- [4] Ministerio de Ciencia e Innovación. *Organismos Públicos de Investigación (OPI).* <https://www.ciencia.gob.es/Organismos-y-Centros/OPI.html>.
- [5] FEDIT. *¿Qué son los Centros Tecnológicos?* <https://fedit.com/que-son-los-centros-tecnologicos/>.
- [6] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. *Oficina Española de Patentes y Marcas.* <http://www.oepm.es/es/>.
- [7] *European Patent Office.* <https://www.epo.org/>.
- [8] *World Intellectual Property Organization.* <https://www.wipo.int/portal/en/index.html>.
- [9] Ley 24/2015, de 24 de julio, de Patentes. Boletín Oficial del Estado, 2015.
- [10] *Tabla de concordancia Sectores Técnicos con la CIP.* https://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos_relacionados/Memorias_de_Actividades_y_Estadisticas/estadisticas/Tabla_Concordancia_Sectores_Tecnicos_Con_CIP.pdf.
- [11] *Clasificación Internacional de Patentes (CIP).* <https://www.wipo.int/classifications/ipc/es/>.