

OFICINA TÉCNICA 24/25

Contenido

0.	Referencias al libro.....	5
1.	El proyecto industrial y sus fases.	6
1.1	Definiciones de proyecto	6
1.2	Concepto de proyecto industrial.....	6
1.3	Tipos de proyectos industriales.	6
1.4	Características de los proyectos industriales.	7
1.5	Diferencias entre proyectos y actividades de operación.	7
1.6	La oficina técnica de proyectos.	8
1.7	Fases de los proyectos.....	9
1.8	Metodología BIM.	10
2.	Dirección del proyecto.	11
2.1	El director del proyecto.	11
3.	La fase de inicio del proyecto.	11
3.1	Objetivos del proyecto.	11
3.2	Objetivos del estudio de viabilidad.	12
3.3	Preparación de la oferta.	12
4.	Fase de planificación del proyecto.....	14
4.1	Revisión de la oferta y preparación del proyecto	14
4.2	Planificación temporal del proyecto.....	14
4.3	Programación clásica: diagrama de Gantt	15
4.4	Evolución de los métodos basados en grafos.....	15
4.5	Ejemplo PERT.....	16
5.	Fase de realización.....	17
5.1	El director de proyecto y la toma de decisiones.	17
6.	Fase de control.	18
6.1	Procedimientos de control.	18
6.2	Control de plazos.	19
7.	Fase de cierre.....	20
7.1	Objetivos del cierre.....	20
7.2	Aceptación del proyecto.	20
7.3	Informe de cierre del proyecto.	20

8.	Documentación técnica del proyecto para tramitación legal.	21
8.1	Desarrollo tradicional del proyectos.	21
8.2	Documentación básica del proyecto.....	23
8.3	Estudios con entidad propia.....	24
9.	Legislación y tramitación legal.	30
9.1	Documentación administrativa.	30
9.2	Atribuciones profesionales en ingeniería industrial.	30
9.3	Tipos de licencias administrativas.	31
9.4	Colegios Profesionales.	32
9.5	Ayuntamientos.....	33
9.6	Licencia de obra.....	33
9.7	Licencia de actividades e instalaciones (de apertura).	34
9.8	Licencia de primera ocupación y funcionamiento.	34
9.9	Registros industriales de la comunidad autónoma.....	34
9.10	Legislación y Proyecto Industrial.....	35
10.	Nos lo saltamos	35
11.	Diseño y desarrollo de productos.	36
11.1	Investigación de mercado.	36
11.2	Despliegue funcional de la calidad.	36
11.3	Previsión de la demanda.....	37
11.4	El proyecto de diseño de productos.	38
11.5	Diseño para la fabricación (DFM).	39
11.6	Documentación gráfica.....	39
11.7	Diseño Asistido por Ordenador, CAD - CAE.....	40
12.	Selección de la tecnología del proceso.	41
12.1	Procesos de fabricación.....	41
12.1.1	Fabricación en taller.	41
12.1.2	Fabricación en serie.....	41
12.1.3	Fabricación por lotes.	42
12.1.4	Fabricación flexible.....	42
12.2	Formación de células por tecnología de grupos.....	43
12.3	Análisis de capacidad en procesos de fabricación por lotes.	44
12.4	Capacidad de las cadenas de producción. Equilibrado.	44

13. Proyecto de distribución en planta.....	46
13.1 Objetivos de la distribución en planta.	46
13.2 Enfoques para efectuar la distribución en planta.	47
13.3 Procedimiento cualitativo del proyecto de distribución.	47
13.4 Distribución detallada de cada puesto de trabajo.	47
14. Gestión de la calidad total.	48
14.1 Gestión de la calidad y estrategia empresarial.	48
14.2 Definición de calidad.	48
14.3 Estándares internacionales de calidad.	49
14.4 Gestión de Calidad Total.	50
14.4.1 Mejora continua.	50
14.4.2 Enfoque seis-sigma:	50
14.4.3 Potenciación de los empleados:	51
14.4.4 Puntos de referencia (benchmarking):	51
14.4.5 Just in time (JIT):	51
14.4.6 Técnicas de Taguchi:	51
14.5 Herramientas de la gestión de calidad total.	52
14.6 Control estadístico de procesos.	52
14.7 La inspección de calidad.	52
15. Análisis y mejora de procesos de trabajo.....	54
15.1 Definición de proceso de trabajo.	54
15.2 Diagramas de procesos de trabajo.	54
15.3 Diagramas sinópticos del proceso.	55
15.4 Diagramas analíticos del proceso.	56
15.5 Análisis detallado de actividades.....	56
15.6 Mejora de métodos de trabajo.	57
15.7 Fabricación eficiente (Lean manufacturing).....	58
16. Medición de tiempos de trabajo.....	59
16.1 Definición y objeto de la medición de tiempos.	59
16.2 Precisión, exactitud y fiabilidad en la medición.....	59
16.3 Procedimientos de medida de tiempo.	60
16.4 Unidades de tiempo.	60
16.5 Elementos del estudio para cronometraje.	60

16.6	Etapas para efectuar el cronometraje.....	61
16.7	Evaluación de la actuación o ritmo del operario.....	61
16.8	Determinación del tiempo básico.....	62
16.9	Necesidad de suplementos.....	63
16.10	Determinación del tiempo concedido.....	64
17.	Procesos con máquinas y mano de obra.....	65
17.1	Selección de máquinas.....	65
17.1.1	Fuentes de información.....	65
17.1.2	Disposición en planta de los medios de producción.....	65
17.1.3	Consideraciones de coste:.....	65
17.2	Capacidad de producción de una máquina.....	66
17.2.1	Capacidad requerida de una máquina.....	66
17.3	Líneas de producción con varias máquinas.....	67
17.3.1	Serie.....	67
17.3.2	Reciclado de piezas rechazadas por realimentación.....	67
17.3.3	Reciclado de piezas rechazadas por proceso adicional.....	67
17.4	Selección de la mano de obra.....	67
17.4.1	Evolución de trabajo.....	67
17.5	Sistemas de fabricación con máquinas y trabajadores.....	68
18.	Coste de fabricación y presupuesto industrial.....	69
18.1	Elementos del coste de fabricación.....	69
18.2	Determinación de los costes directos.....	69
18.3	Determinación de los costes indirectos.....	72
18.4	Costes generales de fábrica.....	73
18.5	Presupuesto industrial.....	73
19.	Planificación y programación en fabricación por lotes.....	74
19.1	Fases de la planificación en fabricación por lotes.....	74
19.2	Formatos para la planificación y establecimiento de costes.....	74
19.3	Programación de la producción.....	75
19.4	Cálculos para elaborar el diagrama de barras.....	76
19.5	Número de puestos iguales.....	76
19.6	Cálculo del periodo de programación.....	77

0. Referencias al libro.

Gestión y desarrollo de proyecto industriales: T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9 del libro.

Proyecto diseño y fabricación industrial: T11,T12,T13 del libro

Proyectos para mejorar la producción industrial: T14,T15,T16,T17 del libro

Proyecto fabricación por lotes: T18,T19 del libro

1. El proyecto industrial y sus fases.

1.1 Definiciones de proyecto.

Definición clásica de proyecto: conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una ingeniería.

Definición actual de proyecto (integra los aspectos necesarios para la ejecución de un objeto o sistema): combinación de recursos, humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado.

Así pues, cada proyecto es capaz de crear un producto, un servicio o resultado de carácter único. Este resultado puede ser un bien tangible o un servicio intangible. En todo caso y aunque pueden existir algunas actividades o hitos del proyecto que se repiten en su desarrollo, un proyecto se caracteriza por su **carácter de trabajo único y naturaleza no repetitiva**, que origina la existencia de numerosas actividades nuevas y, por tanto, genera incertidumbres o diferencias en su relación.

Según el tipo de resultado que se obtiene de un proyecto, se distinguen diferentes tipos de proyectos. Así, los proyectos pueden generar, entre otros, los siguientes resultados únicos:

- **Un producto** (elemento suelto o combinación de ellos). También es proyecto la mejora (rediseño) del producto.
- **Un servicio** (atención bancaria, hospitalaria, etc.) o apoyo para realizar un servicio.
- **Mejora** de las líneas de realización de los productos o servicios ya existentes (por ejemplo, proyectos para mejorar tiempos y costes de fabricación).
- Un resultado mostrado en forma de conjunto de **conclusiones**. Por ejemplo, el resultado de un proyecto de investigación se muestra en un documento que recoge las conclusiones obtenidas (tangibles y/o intangibles).

1.2 Concepto de proyecto industrial.

Un proyecto de ingeniería industrial integra y coordina todos los recursos necesarios, mediante la adecuada planificación y programación temporal, para la implementación industrial de una idea.

1.3 Tipos de proyectos industriales.

En general, se puede realizar una clasificación de los diferentes tipos de proyectos industriales en cuatro grandes bloques:

- a) **Grandes proyectos de inversión.** Normalmente se centran en el terreno de los estudios económicos, tanto en la demanda prevista como en los costos de producción. En el caso de resultados positivos, darán lugar a numerosos subproyectos con un alto grado de coordinación entre sí y con el entorno socioeconómico del área implicada.

- b) **Instalaciones y plantas industriales.** Constituyen aquellos proyectos que requieren desarrollar todas sus fases y aspectos.
- c) **Líneas y procesos de producción industrial.** Hacen referencia a los proyectos relativos al estudio y análisis de todos los aspectos implicados en el diseño y desarrollo de una línea o proceso de producción en una planta industrial. Es necesario que los procesos que constituyen una factoría se integren de manera armónica para lograr una máxima eficiencia.
- d) **Máquinas, equipos y sus elementos.** Consiste el análisis más detallado en el estudio de cualquier instalación industrial. Se trata de una tarea de diseño y desarrollo de productos, particularizada para el caso de equipos y máquinas en una planta o línea de producción.

1.4 Características de los proyectos industriales.

Los diversos tipos de proyectos analizados presentan **unas características comunes**, cabe señalar:

- **Complejidad:** los proyectos son complejos de desarrollar debido a la gran variedad de temáticas que abordan, elevada inversión y gran tiempo de realización.
- **Integralidad:** los proyectos en general engloban todas las etapas necesarias para la implantación de una idea, siguen su desarrollo funcional y terminan cuando finaliza la vida útil de la instalación y producto.
- **Multidisciplinariedad:** la variedad de aspectos científicos y técnicos que se abordan en un proyecto junto a la necesidad de hacer una labor interdisciplinar e integral obliga a emplear equipos interdisciplinarios.

1.5 Diferencias entre proyectos y actividades de operación.

Se establecen las siguientes diferencias:

- **Gestión de operaciones:** se encarga de gestionar la producción continua de bienes y/o servicios. Asegurar la eficiencia en todas las operaciones, es decir, que las actividades repetitivas se hagan bien, un empleo adecuado óptimo de los recursos y satisfacer los requerimientos de los clientes.
- **Decisiones operacionales:** abordan la gestión de los procesos que transforman las entradas (materia prima) en bienes o servicios.
- **Actividades de operación:** son repetitivas y encaminadas al logro de la eficiencia organizativa y la consecución de objetivos estratégicos y tácticos de la empresa (p.ej : producción, control de calidad, etc.).
- **Un proyecto:** supone la realización de una serie de actividades nuevas para lograr la consecución de un resultado de carácter único (producto o servicio no repetitivo) en un tiempo determinado y mediante una planificación específica.
- **El enfoque proyectual:** puede contribuir a la consecución de los objetivos de la gestión de operaciones. Esta metodología resulta útil para abordar aquellas situaciones donde las empresas decidan modificar sus procesos o productos.

1.6 La oficina técnica de proyectos.

Es una estructura de gestión que permite **generalizar los procesos de decisión relativos a los proyectos** con el fin de compartir recursos, métodos y técnicas de actuación. Sus funciones abarcan desde el **soporte para la realización de las diferentes funciones** que se precisan en la dirección de proyectos hasta la propia **dirección integral** de uno o varios proyectos.

Tipos de oficina técnica de proyectos:

- **Oficina consultiva:** su función principal es almacenar los datos de proyectos anteriores para que sirvan de referencia en la resolución de determinadas cuestiones de proyectos actuales. Por ello, la Oficina Técnica consultiva ejerce un nivel de control reducido en desarrollo de cada proyecto.
- **Oficina de control:** proporciona soporte a la dirección de los proyectos y establece exigencias con relación al uso de determinadas metodologías para la dirección del proyecto, como plantillas, formularios, etc. La Oficina Técnica de control tiene un nivel medio de control sobre cada proyecto.
- **Oficina técnica directiva:** ejercen pleno control sobre cada proyecto ya que asume todas las funciones del dirección del proyecto.

La estructura y funciones de la Oficina Técnica son muy variables y dependen de los objetivos estratégicos de la organización donde se integre. En todo caso, una **función básica de la Oficina Técnica** es apoyar a los directores de proyecto en los siguientes aspectos:

- **Gestión de recursos compartidos** entre todos los proyectos que soporta la Oficina Técnica.
- **Proponer una metodología para la gestión** estableciendo las mejores prácticas y estándares de trabajo.
- **Capacitación del personal mediante formación, orientación y supervisión.**
- **Verificación** del cumplimiento de los **procedimientos y métodos** de trabajo propuestos mediante auditorías.
- **Establecimiento y gestión de los procedimientos** y recursos que deben ser compartidos por todos los proyectos.
- **Asegurar una adecuada comunicación** entre proyectos que se gestionan por la Oficina Técnica.

Así pues, la Oficina Técnica y los directores de proyecto tienen objetivos diferentes ya que corresponden a necesidades estratégicas distintas.

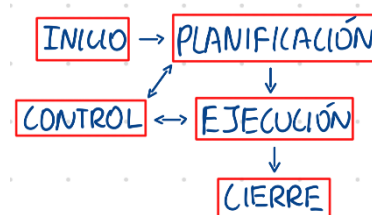
- El **Director de proyecto** se debe centrar en objetivos concretos del proyecto gestionando los recursos asignados al mismo para conseguir cumplir lo especificado en cuanto a plazos, costes y calidad.

- La **Oficina Técnica** tiene una visión más amplia, donde prima alcanzar los objetivos generales del negocio mediante una utilización óptima de los recursos de la organización y una adecuada gestión de los procedimientos, estándares, relaciones entre proyectos y evaluación del desempeño de cada proyecto.

La Oficina Técnica de Proyectos en ingeniería industrial tiene una doble vertiente funcional:

- **Enfoque proyectual para gestión y desarrollo de proyectos** de instalaciones y plantas industriales desde la idea inicial hasta su puesta en marcha con plazos determinados y costes presupuestados.
- **Enfoque proyectual para el diseño y/o mejora de elementos** relevantes de la producción industrial desde la idea inicial hasta su puesta en funcionamiento, con plazos y costes presupuestados siendo su resultado único.

1.7 Fases de los proyectos.



- Fase de inicio:
 - Incluye estudio de viabilidad.
 - Se busca aceptación del proyecto desde el punto de observación del cliente y la empresa de ingeniería.
- Planificación del proyecto, incluye:
 - Análisis del alcance y objetivos, su descomposición en actividades y, teniendo en cuenta los recursos disponibles, la programación de los principales hitos del proyecto.
 - Estimación de costes.
 - Elaboración de presupuesto.
 - Realización aconsejada de Plan de Comunicación y Calidad.
 - Realización de Plan de Seguridad y Salud.
- Fase de ejecución práctica del proyecto:
 - Realizar el proyecto como se ha planificado.
 - Se busca mantener un sistema de comunicación fluida.
 - Se busca evaluar y decidir sobre ofertas de suministros.
 - Se busca elegir recursos.
 - Se busca gestionar el proyecto.
- Controlar el proyecto:
 - Evaluar posibles desviaciones.
 - Tomar medidas correctoras.

- La Dirección del proyecto elabora informes de progreso y establece sistemas para controlar los cambios de objetivos del proyecto, costes, nivel de calidad y riesgos.
- Formalizar su terminación, requiere:
 - Verificación y comprobación del proyecto (pruebas de funcionamiento, puesta en marcha, etc.).
 - Cierre administrativo (mediante una firma o aprobación escrita).
 - Cierre de contrato.

1.8 Metodología BIM.

Existe una **complejidad del desarrollo de un proyecto** debido a:

- **Documentación diversa y localización dispersa.**
- **Intervienen numerosos agentes.**

Todo ello complica la fluidez de las interrelaciones y suele provocar pérdida o dificultad de interpretación de datos, originando retrasos y costes adicionales en el desarrollo del proyecto.

El Sistema BIM (**Building Information Modeling**) es una metodología de trabajo colaborativa que:

- **Centraliza toda la documentación** del proyecto en un modelo de información digital creado por todos los agentes que intervienen en el diseño y desarrollo del proyecto.
- El sistema BIM sustituye el diseño y desarrollo tradicional del proyecto por un **sistema integral basado en un modelo geométrico tridimensional** que incorpora todos los datos para el diseño y ejecución de proyecto (tiempos, costes, etc.).

Este enfoque abierto y colaborativo para el desarrollo del proyecto permite una comunicación más fluida y eficaz entre todos los participantes en el proyecto proporcionando un considerable ahorro de tiempos y costes (sobre todo en la fase de ejecución) y un proyecto de mayor calidad.

2. Dirección del proyecto.

2.1 El director del proyecto.

Garantiza la consecución de los objetivos establecidos. Tiene un papel decisivo en la planificación, ejecución y control del proyecto. Las decisiones que tome el director en estos campos influirán decisivamente en el éxito final del proyecto.

No es un mero coordinador, debe tener la **suficiente autonomía y autoridad** para tomar decisiones, mandar y dirigir el proyecto. No obstante, al encontrarse inserto en la estructura y organización de la empresa, es **responsable** ante ésta **de las decisiones adoptadas y resultados** alcanzados.

Misión principal del jefe de proyecto: dirección del equipo del que dispone para alcanzar los objetivos previstos. Esta función principal se descompone en funciones específicas entre las que destacan:

- a) **Colaboración con el cliente** en la definición y concreción de los objetivos del proyecto.
- b) **Planificación de los recursos** y programación de la ejecución.
- c) **Control de la programación efectuada**, de la calidad técnica de los trabajos y del presupuesto, adoptando las medidas correctoras necesarias para evitar desviaciones.
- d) **Información fluida bidireccional** con el personal implicado en el proyecto.
- e) **Creación de un adecuado ambiente sociolaboral** que favorezca los trabajos de la Dirección de Proyectos.

3. La fase de inicio del proyecto.

3.1 Objetivos del proyecto.

La gestión eficaz de un proyecto requiere que los objetivos estén definidos de forma clara y precisa antes de su ejecución. El **objetivo fundamental de todo proyecto** se divide en:

- a) **Resultado satisfactorio de la obra realizada.** Si no se consigue el resultado previsto, el proyecto habrá resultado en fracaso.
- b) **Costes previstos.** El coste de un proyecto es un elemento esencial para el cliente. Por eso, el conseguir los resultados dentro de los costes pactados es un objetivo fundamental del gestor de proyectos y su grado de cumplimiento constituye un índice para evaluar la gestión efectuada.
- c) **Límite de plazo.** Para el cliente, disponer de la obra dentro del plazo pactado es importante. Sin embargo, es un objetivo que suele deteriorarse con facilidad luego se exige por parte del gestor un particular seguimiento para evitar retrasos injustificados.

En resumen, la clave es una calidad adecuada, cumplir plazos y costes previstos.

3.2 Objetivos del estudio de viabilidad.

Una vez concretados los objetivos que pretende el cliente, es necesario determinar si la idea es técnicamente viable y si el resto de las condiciones de ejecución son razonables para la empresa de proyectos.

- Se busca conocer con anterioridad las dificultades previsibles. En consecuencia, plantear los medios necesarios y las soluciones técnicas que permitan desarrollar el proyecto con la calidad requerida, los costes previstos y los plazos acordados.
- Tanto la cantidad como la profundidad de los estudios previos deben ser proporcionales a la dificultad de proyecto y al riesgo que implica en relación con la inversión que debe realizarse. Se trata de alcanzar con suficiente certeza en que el resultado final del proyecto será satisfactorio.
- En proyectos externos esta fase incluye un análisis de viabilidad para conocer si a la empresa le resultará interesante el proyecto. Los siguientes factores determinan el potencial precio de venta y el margen comercial:
 - Tipo de trabajo a realizar.
 - Coste de realización.
 - Plazo necesario.

Si las conclusiones son favorables, la empresa tomaría la decisión de presentar una oferta formal al cliente para la realización del proyecto.

- Así pues, el estudio de viabilidad trata de analizar las distintas alternativas posibles al proyecto, tanto desde el punto de vista técnico como económico y financiero, con objeto de seleccionar aquella opción que resulte más adecuada. En proyectos de cierta envergadura, un estudio de viabilidad incluirá entre otros, los siguientes análisis:
 - Viabilidad técnica.
 - Impacto ambiental.
 - Presupuesto de costes y beneficio.
 - Viabilidad financiera.

3.3 Preparación de la oferta.

Tras haber comprobado la viabilidad técnica, económica y financiera del proyecto es necesario **preparar una oferta**, en la que se trata de demostrar al cliente que la empresa es la más idónea para realizar el proyecto. Para ello, se hace especial énfasis en los siguientes aspectos:

- a) **Que la empresa tiene la cualificación técnica adecuada**, capaz de resolver cualquier problema que pueda aparecer durante la ejecución. Este aspecto constituye la faceta técnica en la documentación de la oferta.
- b) **Capacidad de organización y planificación rigurosa** para el desarrollo del proyecto, garantizando el cumplimiento de los plazos de ejecución. Esta capacidad debe destacarse en la oferta con un apartado específico para gestión.

c) **Presupuesto ajustado y competitivo.**

Para ello, el documento de oferta deberá incluir los siguientes apartados:

- a) **Introducción**, que muestre los antecedentes y el propósito del trabajo ofertado, estableciendo claramente el alcance de este.
- b) **Oferta técnica**. Describe el problema a resolver, posibles soluciones, riesgos previsibles y medidas preventivas. El propósito de este documento es mostrar al cliente que se identifica su problema, sus necesidades y requisitos específicos, proponiéndole una posible solución con la identificación de los puntos conflictivos y las alternativas previstas. Con este fin, se considera conveniente que la oferta técnica incluya los siguientes elementos:
 - Definición del problema y alcance de los trabajos que deben realizarse.
 - Descripción de las actividades previstas.
 - Descripción de las herramientas, materiales y sistemas a utilizar en el proyecto, incluyendo aquellos que quedaran en propiedad del cliente.
 - Identificación de potenciales riesgos o puntos conflictivos que puedan comprometer el éxito del resultado.
 - Síntesis final que describa los resultados esperables en relación con los requisitos y necesidades del cliente.
- c) **Ofertas de gestión**. Complementa la oferta técnica describiendo la metodología y los procedimientos que se utilizaran para desarrollar el proyecto. Debe mostrar la solvencia y capacidad del equipo de trabajo para llevar a buen término el proyecto. Se deben incluir los siguientes aspectos:
 - Descripción de los paquetes de trabajo y sus responsabilidades.
 - Relación de resultados a alcanzar.
 - Programación temporal propuesta (diagrama de Gantt y/o PERT).
 - Plan de reuniones.
 - Equipo de trabajo. Perfil profesional y/o CV del personal responsable.
 - Experiencia de la empresa en trabajo, proyectos anteriores/similares.
 - Documentación complementaria (plan de calidad, plan de verificación, pruebas y ensayos, plan de compras, etc.).
 - Documentación administrativa en caso de contrato con la Administración.
- d) **Oferta económica**. Quizás el aspecto más llamativo, entre ellos, cabe destacar:
 - Precio de venta del proyecto básico y de las posibles adicionales.
 - Forma de pago, estableciendo la distribución de los importes, forma de pago y posible financiación.
 - Validez de la oferta.
 - Inclusión o no de posibles impuestos

4. Fase de planificación del proyecto.

4.1 Revisión de la oferta y preparación del proyecto.

Una vez el cliente ha aceptado la oferta presentada y le ha sido notificada la adjudicación del proyecto, el **Director del Proyecto** debe recopilar toda la información de la propuesta y el borrador del contrato para efectuar un detallado análisis que:

- a) Permite **detectar fallos o inconsistencias** en el documento de la oferta.
- b) Permite **comprobar la correspondencia** entre los **compromisos** asumidos en el borrador del contrato y lo estipulado en el documento de la oferta.
- c) Permite **verificar** que la empresa dispone de los **medios y recursos** para efectuar el proyecto en las condiciones estipuladas en la oferta y el contrato.

El siguiente paso es incorporar los recursos (medios humanos, materiales y financieros) que se consideran en la oferta para realizar el proyecto. Estos recursos normalmente hacen referencia a los medios humanos, materiales y financieros.

4.2 Planificación temporal del proyecto.

En el estudio de viabilidad se ha realizado una descomposición del proyecto en actividades y subactividades, para estimar el alcance y los costes asociados a su realización. Sin embargo, es conveniente analizar la duración y orden de cada una.

La duración: depende de la complejidad, el esfuerzo y los recursos requeridos para la realización.

Orden de ejecución: depende de relaciones de dependencia.

Técnicas de planificación: estructuran las tareas del proyecto en función de su duración y el orden de ejecución de las mismas, teniendo en cuenta los recursos disponibles y las relaciones de dependencia de las actividades. Mediante estas técnicas se fijan en el calendario las fechas de inicio y final de cada actividad.

Programación de las operaciones: herramienta para la coordinación y control del proyecto, para lograr los objetivos económicos y de plazo estipulados. Siempre surgen imprevistos que afectan a la programación elegida. Por ello, es preciso que la Dirección ejerza la imprescindible labor de control del proyecto.

4.3 Programación clásica: diagrama de Gantt.

Representa a escala la duración de las actividades que componen un proyecto, indicando su fecha de inicio y terminación mediante un calendario situado en la parte superior.

La realización de un diagrama de este tipo exige conocer las actividades principales del proyecto y sus precedencias, así como una estimación del tiempo necesario para cada una de ellas.

No es aconsejable en proyectos complejos, **pues es una técnica que no permite identificar las conexiones cruzadas de dependencia entre operaciones, ni visualizar el efecto de las acciones correctoras aplicadas en una cierta actividad en el conjunto de la programación.** Por ello, en proyectos de cierta envergadura se emplean métodos de programación basados en grados o redes que permiten resolver esta problemática.

4.4 Evolución de los métodos basados en grafos.

El uso de grafos en la gestión de proyectos fue iniciado en 1957 con el **Método del Camino Crítico (CPM)** que demostró una gran aptitud para integrar en la programación las diferentes modificaciones e incidencias.

En 1958 en EE.UU, se desarrolló una técnica similar denominada **PERT (Técnica de evaluación y revisión de programas).**

La diferencia entre ambos métodos estriba en que, mientras el CPM controla el proyecto cuando se tiene un conocimiento suficiente de todas las fases, el PERT es capaz de gestionar proyectos en los que existen actividades desconocidas que precisan trabajos de investigación, desarrollo u otras de carácter probabilístico.

El **método Roy** (1960) se diferencia de los anteriores en los criterios para la construcción del grafo (los vértices representan las actividades y las flechas, el orden de ejecución).

A partir de los años 60 se buscaron soluciones que incluyeran el análisis económico para determinar la duración óptima del proyecto que proporciona el coste mín. Es el caso de los métodos denominados habitualmente PERT- coste, aunque es más preciso el nombre **Mex (Mínimo coste de expedición)**, basado en el sistema CPM.

Otros intentos de perfeccionar los métodos tradicionales son el GERT y el VERT que tratan de introducir el tratamiento de la incertidumbre en los esquemas PERT. Como desarrollo al CPM cabe señalar el diagrama de precedencias (PDM), aunque su utilización es más delicada que los métodos originales.

4.5 Ejemplo PERT.

S: Holgura

D: Duración



ES: Earliest start

EF: Earliest finish

LS: Latest start

LF: Latest finish

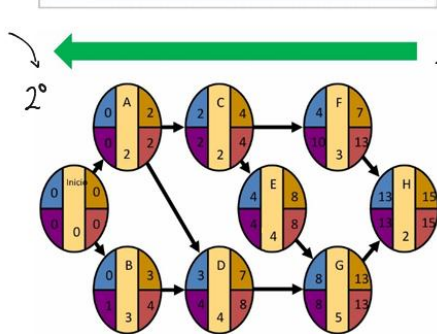
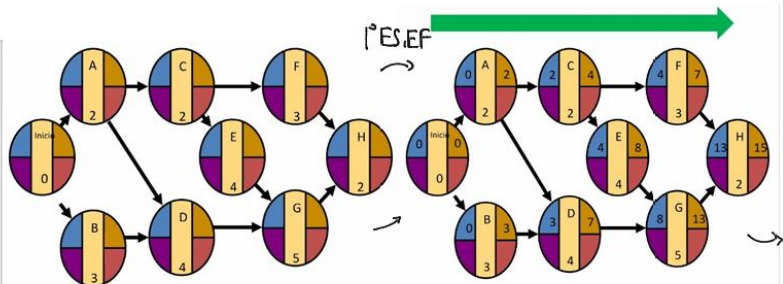
Datos:

Actividad (semanas)	Predecesor	Duración
A	-	2
B	-	3
C	A	2
D	A,B	4
E	C	4
F	C	3
G	E,D	5
H	F,G	2

1º Reconocido $\left| \begin{array}{l} ES = \max(EF \text{ anteriores}) \\ EF = ES + D \end{array} \right.$

2º Reconocido $\left| \begin{array}{l} LF = \min(LS \text{ anteriores}) \\ LS = LF - D \end{array} \right.$

$S = LS - ES = LF - EF$ Si $S = 0 \rightarrow$ Ruta crítica



Ruta Crítica

Actividad	Earliest Start ES	Earliest Finish EF	Latest Start LS	Latest Finish LF	Holgura LS - ES	Ruta Crítica
A	0	2	0	2	0	Sí
B	0	3	1	4	1	No
C	2	4	2	4	0	Sí
D	3	7	4	8	1	No
E	4	8	4	8	0	Sí
F	4	7	10	13	6	No
G	8	13	8	13	0	Sí
H	13	15	13	15	0	Sí

5. Fase de realización.

5.1 El director de proyecto y la toma de decisiones.

Una vez concluida la fase de viabilidad y completada de forma satisfactoria la organización y planificación, se pasa a la fase de ejecución. En la fase de ejecución, corresponde normalmente al **Director** del Proyecto realizar las medidas necesarias para **impulsar el proyecto y lograr los objetivos** previstos con su ejecución.

En los procesos de naturaleza única, la mayoría de las decisiones son novedosas, con un marcado carácter inhabitual e inusual, por lo que la toma de decisiones adquiere una especial trascendencia. La falta de agilidad y creatividad a la hora de afrontar las dificultades puede dar lugar a detenciones en la ejecución o provocar periodos de inactividad.

Las decisiones adoptadas por el Director del Proyecto deben cumplir 3 requisitos fundamentales:

- a) Oportunidad: las decisiones han de tomarse en el momento adecuado.
- b) Calidad: las decisiones deben estar basadas en análisis rigurosos que incluyan los suficientes elementos para minimizar errores (p.ej, el uso de árbol de decisiones).
- c) Pertinencia: las decisiones deben ser consecuentes con los objetivos, y con objeto de eliminar problemas u obstáculos.

Es importante que las decisiones lleguen a las personas involucradas y conviene que quedan plasmadas por escrito y firmadas. Esto se realiza a través de medios de comunicación ágiles. Cabe distinguir entre mensajes:

- Externos: circulan entre el personal del proyecto y personas ajenas a este mensaje.
- Internos: restringidos a los integrantes del proyecto. Esta restricción puede venir motivada por la necesidad de confidencialidad o bien por la falta de utilidad de la información remitida para esas personas.

Uno de los sistemas más adecuados para el flujo e intercambio de información y decisiones lo constituyen las reuniones. Para sacar el máximo beneficios a las reuniones, deben de:

- Estar bien planteadas y organizadas, para poder poner en común los problemas y dificultades del proyecto y articular las alternativas y soluciones que se consideren idóneas. Recae sobre el Director del Proyecto la coordinación de estas reuniones y la responsabilidad de que se orienten para conseguir los objetivos previstos.
- Realizar un acta de reunión, deber ser firmada por todos los asistentes y distribuirse al final de la reunión. Este tratamiento formal viene determinado por la consideración de documento vinculante (de obligado cumplimiento) que tienen las actas.

6. Fase de control.

6.1 Procedimientos de control.

Una de las responsabilidades esenciales del Director del proyecto corresponde con el seguimiento y control de la ejecución. El control del proyecto consiste en comparar lo que se está haciendo con lo que había planificado, y en caso de existir diferencias, tomar las decisiones adecuadas para corregir las desviaciones y lograr los objetivos planeados. Los objetivos planificados del proyecto tienen siempre una naturaleza múltiple:

- La faceta técnica se manifiesta mediante las especificaciones tecnológicas que debe cumplir la instalación o producto.
- El aspecto económico se muestra en un presupuesto por actividades y recursos.
- Temporal, el objetivo de plazo se concreta en la programación efectuada.

Para permitir la comparación entre los tres tipos de objetivos anteriores y lo realmente efectuado, es necesario disponer de un sistema de información rápido que indique la situación actual del proyecto. Es por ello que existe un bucle de actuación donde, de forma periódica, la Dirección recaba información, detecta desviaciones en la ejecución planificada del proyecto y adopta las medidas correctoras necesarias para asegurar el cumplimiento de los objetivos previstos.

Sin embargo, en muchas ocasiones surgen nuevas circunstancias o necesidades del cliente que originan una modificación total o parcial de los objetivos iniciales. Luego, el Director debe actualizar la planificación efectuada y presentar al cliente una propuesta con los nuevos objetivos planificados.

Al control y seguimiento de **objetivos técnicos** se le suele denominar control de calidad y en proyectos de ingeniería o arquitectura, se fundamenta en la existencia de una serie de especificaciones técnicas completas y concretas y en la comprobación de que lo ejecutado en la obra cumple dichos requisitos. Además, para que sea eficaz, el control de calidad debe ser sistemático, es decir, basado en la realización de análisis y estudios periódicos, aplicando técnicas específicas según el tipo de proyecto y en cada una de sus etapas. Por tanto, debido a que el control de calidad es una labor compleja que requiere sólidos conocimientos de los campos tecnológicos implicados (se concreta en análisis, muestras y mediciones), el cliente suele encargar este control a empresas especializadas con el fin de garantizar la objetividad y eficacia del control.

El seguimiento y control **de plazos**: requiere una programación temporal previa donde se hayan identificado las actividades a realizar, los recursos a emplear, los plazos de cada actividad y la ordenación en el tiempo de dichas actividades. De esta forma se facilita identificar las desviaciones y tomar medidas correctoras. La actualización periódica de la programación efectuada en función de las

desviaciones detectadas y las acciones correctoras adoptadas constituye la base para el control y seguimiento de los plazos del proyecto (planificación dinámica).

El seguimiento y control **de costes** requiere la existencia previa de un presupuesto de valoración de recursos necesarios por actividad. Permite detectar las desviaciones económicas y tomar las acciones correctoras necesarias. Para facilitar el control de costes del proyecto, es conveniente conocer con prontitud y fiabilidad los costes que se van produciendo por actividad y el correspondiente porcentaje de obra completado.

6.2 Control de plazos.

El objetivo del control de plazos consiste en realizar las actividades que integran el proyecto en el tiempo previsto y con la calidad especificada.

Para facilitar la operatividad en el control de plazos es conveniente identificar hitos o puntos de control, característicos de distintas fases del proyecto y que representan la consecución de un objetivo parcial claramente identificable y susceptible de ser controlado (tanto técnicamente como temporalmente).

Se deben establecer tantos hitos como sean necesarios para garantizar que todas las tareas se encuentren controladas y que las desviaciones sean detectadas con suficiente rapidez.

7. Fase de cierre.

7.1 Objetivos del cierre.

Una vez concluido el proyecto, es necesario analizar los resultados obtenidos y efectuar un resumen de su desarrollo para:

- a) Realizar un **diagnósticos** del funcionamiento de la empresa, identificando causas de desviaciones y los resultados obtenidos
- b) **Balance económico** del proyecto, considerando los recursos empleados y los beneficios obtenidos
- c) **Actuaciones correctivas para futuros proyectos** en base a los defectos o actuaciones inadecuadas que han sido detectadas.

El proceso de cierre debe facilitar la consolidación del conocimiento de la empresa y la identificación de posibles nuevos clientes.

7.2 Aceptación del proyecto.

El proyecto no se puede dar por terminado hasta que el cliente lo haya revisado y haya aceptado el resultado de este. Con el objetivo de cumplir con el rigor formal necesario, se rellena un acta de recepción final del proyecto. Para evitar situaciones conflictivas, es conveniente que los requisitos establecidos por el cliente hayan quedado plasmados en un documento antes del inicio del proyecto.

7.3 Informe de cierre del proyecto.

Tiene como objetivo evaluar el resultado de los trabajos y resumir los aspectos más relevantes de su ejecución. Con ello se muestran las desviaciones, errores presupuestarios, se establecen nuevas estrategias comerciales, etc. El documento de cierre toma como elemento de referencia para las comparaciones las previsiones que se hicieron en la oferta presentada al cliente.

El documento de cierre suele contener estos informes:

- Económico: es análogo al informe de control de costes. Tiene en cuenta todos los gastos e ingresos asociados al proyecto.
- De situación final: además de los datos básicos del proyecto, incluye una descripción general de los hitos más relevantes ocurrido en el desarrollo. Debe ser breve y objetivo.

8. Documentación técnica del proyecto para tramitación legal.

8.1 Desarrollo tradicional del proyectos.

Las fases de redacción de un proyecto son: estudio preliminar, anteproyecto y proyecto. El anteproyecto constituye la primera etapa del desarrollo y ejecución de un proyecto técnico en la concepción tradicional. **El anteproyecto es el conjunto de documentos que establece las características generales de un proyecto pero que no aborda el estudio detallado de los componentes del mismo.**

Se estudian globalmente los objetivos generales del proyecto, y por lo tanto tiene un alcance reducido. Recoge en una memoria los planteamientos generales y justifica las soluciones globales adoptadas para los distintos problemas implicados en el proyecto. Con este fin, se incluyen planos a gran escala que muestran la solución general elegida. Adicionalmente , incorpora una primera aproximación de costes.

Habiendo aprobado el anteproyecto, la **UNE 157001:2014** dictamina los criterios generales para la elaboración formal de los documentos básicos que constituyen un proyecto técnico y la **UNE 157601:2007** sobre criterios generales para la elaboración de proyectos de actividades. Luego, la documentación debe incluir:

- Título
- Índice general
- **Memoria**
- Anexos. Los cuales a veces están dentro de la memoria y pueden incluir Estudios de Seguridad y Salud y Estudios Ambientales.
- **Planos**
- **Pliego de condiciones**
- **Mediciones y presupuesto**

Los documentos anteriormente mencionados pueden estar agrupados en distintos volúmenes o en uno solo. Si es en distintos volúmenes, tiene que haber un índice por volumen.

- En las portadas (de cada volumen) y en la primera página de los documentos básicos debe aparecer:
 - Título del proyecto
 - Organismo/s a quien se dirige el proyecto.
 - Promotor del proyecto.
 - Emplazamiento.
 - Empresa que elabora el proyecto.
 - Datos del proyectista.
- En todas las páginas del proyecto debe aparecer:
 - Título del proyecto.
 - Identificación del documento (memoria, pliego, etc.).

- Número de página/Número total de páginas.
- Fecha.
- Número de volumen y total volúmenes.
- Se exige una organización en capítulos y apartados. Se emplea:
 - Futuro simple: con el fin de expresar obligaciones.
 - Condicional/subjuntivo: con el fin de expresar sugerencias de carácter no obligatorio.
- Los documentos **vinculantes** para el contratista, la dirección facultativa y la propiedad/promotor son los Planos y Pliego de Condiciones. A falta de indicaciones, los planos suelen ser la referencia principal del proyecto.

Una vez firmado el proyecto por el ingeniero autor del mismo puede decirse que, desde la concepción clásica, el proyecto ha terminado. A partir de este momento se iniciará la fase de ejecución, que podrá ser dirigido por el ingeniero autor o por otro colegiado distinto.

Desde el momento en el que se inician los trabajos, el Director Facultativo se convierte legalmente en el principal responsable y actúa como árbitro entre la Propiedad (que encarga el proyecto) y el Contratista (que efectúa la construcción).

“La administración pública obliga a la propiedad que designe un ingeniero que dirija las obras. A este ingeniero o grupo de ingenieros se les llama Dirección Facultativa. Este ingeniero debe de revisar el proyecto en busca de posibles errores. Es el único autorizado para cambiar el proyecto y va a supervisar la ejecución de las obras para que se hagan de acuerdo con el proyecto técnico que se presenta”.

En ocasiones, la Propiedad no encarga directamente el proyecto, sino que delega dicha tarea en otra entidad: el Promotor. La Dirección Facultativa se realiza a pie de obra. **Funciones destacables del Director Facultativo:**

- Dirección técnica.
- Aprobar cualquier modificación del proyecto.
- Certificar los trabajos efectuados.
- Firmar el acta de recepción provisional y definitiva de la obra.

En resumen, es responsable de que los trabajos se ejecuten de acuerdo con el proyecto, incluyendo las modificaciones aprobadas por la dirección. Además, debe garantizar el buen estado de las obras durante la fase de construcción, evitando cualquier actuación del contratista que pueda ser perjudicial para la parte de la obra ya efectuada. **En el caso penal, cabe decir que es responsable de cualquier accidente debido a la falta de previsión.**

Desde el punto de vista tradicional, tanto la realización del proyecto como su ejecución constituyen un proceso rígidamente secuencial. Entre las actividades relativas al desarrollo y ejecución de la obra no aparecen las de control de plazos ni de costes.

8.2 Documentación básica del proyecto.

Los documentos básicos que se deben incluir en un proyecto técnico son: Memoria, Pliego de Condiciones, Planos y Presupuesto.

- a) **Memoria:** describe los **objetivos del proyecto y expone y justifica las soluciones adoptadas**. Se incluyen **los cálculos de todos los componentes** del proyecto. Suele incluir una orientación sobre la extensión temporal de las actividades necesarias para la ejecución del proyecto. Principales aspectos:
- Descripción del proyecto.
 - Normas y reglamentos utilizados de carácter general que son de aplicación al proyecto.
 - Criterios de cálculo.
 - Características de las obras que deben realizarse.
 - Anexos. Incluyen aquellos documentos que desarrollan, justifican o explican lo indicado en la memoria.
 - **Anexo de cálculos.** Incluye las hipótesis de partida, los criterios y procedimientos de cálculo y los resultados finales obtenidos.
 - **Estudios con entidad propia.** Son estudios que deben incluirse en el proyecto por exigencias legales. Entre ellos, destaca el Estudio Básico de Seguridad y Salud o Estudio de Seguridad y Salud y el Estudio de Impacto Ambiental.
 - **Documentación de interés**, como catálogos, bibliografía, etc.
- b) **Pliego de Condiciones:** documento de gran importancia desde el punto de vista contractual donde se establecen **las condiciones, equipos y materiales, y la forma en la que deben efectuarse los trabajos**. Incluye:
- Condiciones generales, legales y administrativas relativas a los principales aspectos del proyecto.
 - Condiciones de materiales y equipos: especificaciones de todas las instalaciones, equipos y materiales, así como las normas/reglamentos.
 - Condiciones de ejecución de las obras civiles y el montaje de las instalaciones y equipos eléctricos, mecánicos, etc.
 - Instrucciones para efectuar la medición y abono de las obras y una referencia a una posible revisión de precios.

La redacción del Pliego de Condiciones debe ser tan estricta como sea necesario para garantizar el adecuado funcionamiento de la instalación proyectada, acorde a las necesidades de la obra y de la propiedad, así como con los medios para su ejecución.

- c) **Planos:** documento más utilizado del proyecto. Después de la portada debe tener índice que detalle todos los planos que contiene y su ubicación en el documento con objeto de facilitar su localización. **El conjunto de planos debe proporcionar la información necesaria para ejecutar la obra**, y se deben atener a las normas UNE de dibujo técnico.

- d) **Mediciones y Presupuesto.** Documento sin valor contractual, **orientativo para dar una idea del costo global del proyecto.** Incluye las partidas de los estudios de ingeniería, equipos, materiales, costes de construcción y montaje, pruebas y puesta en marcha de la instalación. Con respecto al presupuesto, se tienen los siguientes apartados:
- **Mediciones:** se cuantifican las necesidades de las diferentes tareas que deben efectuarse y la cantidad de material requerido. Se distingue entre medidas parciales de cada tipo de operación, y medidas globales para el conjunto de operaciones que constituyen la actividad correspondiente.
 - **Cuadro de precios:** se anota el precio correspondiente a cada unidad de obra. Se anotan los costes totales de cada unidad de obra y precios promedios de cada partida que constituye el precio unitario. El precio se obtiene como la suma de los costes directos (derivados de la mano de obra, maquinaria, materiales, etc.) y costes indirectos (recursos que no intervienen directamente en la realización del proyecto, pero son necesarios para realizar la tarea, que normalmente son un porcentaje de los costes directos).
 - Presupuesto de ejecución material: **$PEM = \sum CD + \sum CI$**
 - Presupuesto de ejecución por contrata: **$PEC = PEM + CG + Bi$** siendo CG los costes generales y Bi ($Bi = \% PEM$) el beneficio industrial.
 - Precio que abonará el cliente: **$PAC = PEC(1+\%IVA)$.**

8.3 Estudios con entidad propia.

Las Administraciones públicas pueden requerir documentos adicionales a los básicos del proyecto para **garantizar el cumplimiento de exigencias legales específicas.** Estos "Estudios con Entidad Propia" incluyen un índice para facilitar su consulta y presentan un formato similar al de los documentos básicos. Los más comunes son el Estudio de Seguridad y Salud, enfocado en la prevención de riesgos laborales, y el Estudio de Impacto Ambiental, que busca minimizar los efectos del proyecto sobre el medio ambiente.

- a) **Estudio de Seguridad y Salud.** El **RD 1627/1997** del 24/10/97 establece la necesidad (**con objeto de incrementar la seguridad en la ejecución de las obras**) de incluir entre la documentación para el visado del proyecto un Estudio de Seguridad y Salud, o un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Según este decreto, el promotor está obligado a que, en la fase de redacción se elabore un Estudio de Seguridad y Salud cuando:
- a. $PEC \geq 75$ Millones de pesetas (450.000€).
 - b. Duración estimada ≥ 30 días habiendo en algún momento un número de trabajadores simultáneos ≥ 20 .
 - c. Volumen de mano de obra ≥ 500 jornales (suma del total de trabajadores).
 - d. Sean obras de túneles, galerías, canalizaciones subterráneas y presas.

En caso contrario, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción de proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Cada contratista elaborará un “Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo” que desarrolle las previsiones de los estudios de seguridad.

- Estará en la obra a disposición permanente.
- El “Libro de incidencias” (proporcionado por el Colegio Profesional) sirve para controlar y efectuar un seguimiento del “Plan de Seguridad y Salud” (la Dirección Facultativa puede escribir en este documento). Es obligado **remitir, en un plazo de 24h**, el original de la hoja en que se haya recogido **una incidencia** a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.
- El libro estará en poder del **Técnico responsable en seguridad**. Este técnico está facultado para paralizar los trabajos de ejecución si durante la realización de los trabajos apareciera un incumplimiento de las medidas de seguridad. En esta situación, además de anotarlo en libro de incidencias, dará cuenta a los **contratistas, a los representantes de los trabajadores y a la inspección de Trabajo y Seguridad Social**.

Cuando en la elaboración del proyecto de obra intervengan varios proyectistas, el **Promotor debe designar durante la fase de elaboración del proyecto un Técnico encargado de la seguridad**. Este se encargará de coordinar los siguientes aspectos:

- **Decisiones** constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases que se desarrollarán simultáneamente.
- **Estimación de la duración** requerida para la ejecución de los trabajos o fases de la obra.
- **Previsiones** o informaciones útiles para efectuar en las debidas **condiciones de seguridad y salud** los trabajos de ejecución.

Asimismo, el **Promotor/Propiedad** deberá designar un técnico competente (integrado en la dirección facultativa) **encargado de la materia de seguridad y salud** durante la ejecución del proyecto (su denominación completa es “Coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto”). Deberá desarrollar las siguientes funciones:

- **Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención** en materias de seguridad y salud durante la elaboración de proyecto.
- **Coordinar las actividades de la obra** para garantizar que contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos aplican las **medidas preventivas**.
- **Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista**. Cuando no se precise coordinador, la dirección facultativa asumirá esta función.
- Organizar la **coordinación de las actividades empresariales**.
- Tomar las medidas necesarias para **evitar el acceso a la obra de personas no autorizadas**. Esta labor será asumida por la Dirección Facultativa cuando no haya coordinador.

Estudio de Seguridad y Salud, será elaborado bajo la dirección del **“Coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto”**. El citado estudio deberá contener, al menos, los siguientes documentos:

- **Memoria.** Descripción de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que vayan a utilizarse. Asimismo, se identificarán los riesgos laborales, distinguiendo entre evitables (indicando las medidas necesarias) y no evitables (especificando las medidas preventivas y protecciones).
- **Pliego de Condiciones** particulares en el que se tendrán en cuenta las normas y reglamentos aplicables a las características de la obra, así como las especificaciones de los sistemas y equipos de prevención.
- **Planos.** Representación gráfica para una mejor definición y comprensión de las medidas preventivas expuestas en la memoria.
- **Mediciones.** Evaluación de las necesidades de unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido proyectados.
- **Presupuesto.** Cuantifica el gasto previsto para la aplicación y ejecución del Estudio de seguridad y salud.

El Estudio Básico de Seguridad y Salud (en el Anexo) será elaborado por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto. En este estudio se precisarán las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. En este fin, se identificarán los riesgos laborales, distinguiendo entre evitables y no evitables. Tanto en el “Estudio de Seguridad” como en el “Estudio Básico” se incluirán las previsiones para efectuar en su día, en adecuadas condiciones de seguridad y salud, los trabajos posteriores previstos. Para aquellos proyectos que tengan un impacto sobre el medioambiente importante, se debe añadir un Estudio de Impacto Ambiental. “Estudio de Seguridad y Salud” o en su caso, el “Estudio Básico de Seguridad y Salud” son necesarios para licencias y autorizaciones.

- b) **Estudio de Impacto Ambiental.** La ley **21/2013** de 11-12-2013 **establece los criterios generales que deben considerarse en la evaluación ambiental de los proyectos y planos de actuación** que puedan afectar significativamente al medio ambiente con objeto de **garantizar un elevado nivel de protección ambiental en todo el territorio nacional y promover un desarrollo sostenible.**

Para ello, propone, las siguientes actuaciones:

- **Incorporar los aspectos medioambientales** en la elaboración y aprobación de los proyectos y planes de actuación.
- Análisis y selección de las **alternativas** que resulten ambientalmente viables.
- **Adopción de las medidas preventivas y/o correctivas** que permitan compensar o anular los efectos adversos sobre el medio ambiente.

Asimismo, esta ley distingue entre:

- a. **Evaluación Ambiental Estratégica:** referida al proceso administrativo para la **aprobación de planes y programas de actuación**.
- b. **Evaluación de Impacto Ambiental:** relativo al proceso administrativo de **autorización de proyectos**. Según el tipo de procedimiento, existen dos tipos de conclusiones administrativas emitidas por el “Órgano Ambiental” correspondiente de la Administración:
 - i. **Declaración de Impacto Ambiental:** para los proyectos sometidos a un procedimiento ordinario de evaluación de impacto ambiental. Se suele utilizar para proyectos de gran alcance, instalaciones de incineración de residuos peligrosos, etc.
 - ii. **Informe de Impacto Ambiental:** para los proyectos sometidos a un procedimiento simplificado de evaluación de impacto ambiental. Debe utilizarse en proyectos de menor alcance, tales como plantas industriales para el envasado, instalaciones para fabricación y montaje de motor, etc. Todos están especificados en el Anexo II.

Para la **Declaración de Impacto Ambiental**, es necesario que el promotor del proyecto presente, entre otros documentos, un **Estudio de Impacto Ambiental** que contendrá, al menos, la siguiente información:

- Descripción general del proyecto y previsiones sobre utilización de suelo y otros recursos naturales. Estimación de tipos y cantidades de residuos, vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
- Descripción de alternativas seleccionadas y justificación razonada de la solución aprobada.
- Evaluación y cuantificación de los previsibles efectos directos y/o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, etc. y su interacción durante las fases de ejecución, explotación y, en su caso, retirada de uso del proyecto.
- Medidas preventivas, correctivas y, en su caso, de compensación de los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- Programa de vigilancia ambiental.
- Resumen del estudio y conclusiones alcanzadas.

Para el **Informe de Impacto Ambiental**, es necesario que el promotor del proyecto presente al “órgano sustantivo” de la Administración, entre otros informes, un **Documento Ambiental** que contendrá, al menos, la siguiente información:

- Explicación motivada de la aplicación del procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificada.
- Definición, características y ubicación del proyecto.
- Descripción de las principales alternativas estudiadas y justificación razonada de la solución adoptada.

- Una evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales y el patrimonio cultural y su interacción durante las fases de ejecución, explotación y, en su caso, retirada de uso del proyecto.
- Medidas preventivas, correctivas y, en su caso, de compensación de los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- Descripción del seguimiento del proyecto de forma que se garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras desarrolladas en el **Documento Ambiental**.

Con independencia de lo anterior, la mayoría de las comunidades autónomas y ayuntamientos tienen sus propias regulaciones que, en la mayoría de los casos, complementan lo especificado en la legislación estatal.

Así, por ejemplo, en la Comunidad de Madrid, el procedimiento de Evaluación Ambiental de Actividades está regulado en los artículos 41 a 48 y en el Anexo V de la **Ley 2/2002**, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. Aunque esta Ley ha sido derogada por la **Ley 4/2014**, de 22 de diciembre, de Medidas Fiscales y Administrativas de la Comunidad de Madrid, en la disposición derogatoria de dicha ley se indica que la «Evaluación Ambiental de Actividades» continúa vigente. Así pues, deberán someterse al procedimiento de «Evaluación Ambiental de Actividades» los proyectos relacionados en el Anexo V de la Ley 2/2002 (por ejemplo, talleres de reparación y mantenimiento de vehículos, instalaciones de fabricación de materiales de construcción, talleres de reparación de maquinaria, etc.).

El procedimiento de «Evaluación Ambiental de Actividades» se inicia con la presentación en el Ayuntamiento correspondiente de la solicitud de autorización o licencia acompañada de un proyecto técnico. Según lo indicado en el **artículo 44 de la Ley 2/2002**, el proyecto técnico deberá incluir una memoria ambiental detallada con, al menos, el siguiente contenido:

- Localización y descripción del proyecto (instalaciones, procesos productivos, energía consumida, productos y subproductos obtenidos, etc.).
- Características de las emisiones gaseosas, vertidos y residuos producidos por la actividad (composición, cantidad, etc.) así como el nivel sonoro y vibraciones emitidos.
- Técnicas propuestas para la prevención, reducción y control de las emisiones, vertidos y residuos producidos en la actividad.
- Grado de alteración del medio ambiente de la zona afectada antes del inicio de la actividad y su evolución previsible durante todas las fases del proyecto

o actividad (construcción, explotación y cese o desmantelamiento de las instalaciones).

- Técnicas propuestas para la restauración del medio afectado por la actividad y programa de seguimiento del área restaurada.
- Planeamiento urbanístico vigente en el ámbito de implantación de la actividad, especificando los usos permitidos y prohibidos y sus condiciones de utilización.

El procedimiento concluye con la emisión por parte del Ayuntamiento del Informe de Evaluación Ambiental de Actividades, en el que se determinan, únicamente a efectos ambientales, las condiciones de funcionamiento de la actividad solicitada (sin perjuicio de las restantes licencias y autorizaciones administrativas que puedan ser necesarias).

9. Legislación y tramitación legal.

9.1 Documentación administrativa.

La realización de proyectos industriales requiere cumplir numerosas disposiciones legales para garantizar la seguridad de las instalaciones proyectadas y la integración en el patrimonio industrial. En España, la dispersión normativa entre administraciones estatal, autonómica y local complica el proceso, requiriendo la intervención de organismos como ayuntamientos, consejerías y compañías suministradoras.

Se recomienda que la propiedad o la empresa de ingeniería **contacte con estos organismos** para identificar requisitos específicos. Esto implica presentar documentos clásicos del proyecto (memoria, planos, pliego de condiciones, etc.) y contar con un proyecto básico completo que permita extraer separatas parciales para cumplir las exigencias de cada entidad

Las administraciones públicas mantienen la necesidad de documentos tradicionales para la gestión de permisos.

9.2 Atribuciones profesionales en ingeniería industrial.

Ley 12/1986 de 1 de Abril y sus modificaciones por la ley **33/1992 regulan las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos**. Les corresponden las siguientes atribuciones profesionales:

- **Redacción y firma de proyectos** que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de bienes muebles o inmuebles, siempre que queden comprendidos en la naturaleza técnica de la titulación.
- **Dirección de actividades objeto de los proyectos** a los que se refiere el apartado anterior, incluso si son elaborados por un tercero.
- **Realización de mediciones**, cálculos, valoraciones, transacciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores, etc.
- **Docencia en sus diversos grados** según la **Ley Orgánica 11/1983** del 25/10.
- **Dirección de industrias o explotaciones** y el ejercicio de todas las actividades a que se refieren apartados anteriores.
- **Atribuciones de los antiguos peritos**, aparejadores, facultativos y ayudantes de ingenieros.

Cuando las actividades profesionales anteriores se refieran a materias relativas a más de una especialidad de la arquitectura o ingeniería, se exigirá la intervención del titulado en la especialidad que resulte más relevante respecto de las demás. Si ninguna destaca se exige la intervención de tantos titulados como especialidades, repartiendo la responsabilidad entre todos.

Los Ingenieros Técnicos Industriales tienen ilimitadas atribuciones profesionales dentro de su especialidad y limitadas en el resto de las especialidades. Esta

limitación queda reflejada en el **Real Decreto Ley 37/1977**, donde se dice que las facultades se extienden hasta industrias químicas o eléctricas con potencia inferior o igual a **250 CV**, Tensión nominal inferior o igual a **15KV (66KV en líneas)** y plantilla inferior o igual a **100 personas**.

La **Resolución de 15 de Enero de 2009** de la Secretaría de Estado de Universidades (BOE del 29-Enero-2009) **establece las condiciones para que los títulos de Ingenieros de Grado habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico**. Estas condiciones hacen referencia a la denominación del título de grado (debe permitir identificar fácilmente la profesión para cuyo ejercicio habilitan), duración de los estudios (240 créditos ECTS) y garantía de que se adquieran las competencias necesarias para ejercer la correspondiente profesión.

La **Orden CIN/351** de 9 de Febrero de 2009 (BOE del 20-Febrero-2009) establece los **requisitos para la verificación de los títulos universitarios de grado que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial**. Así, se fijan con detalle las competencias que el estudiante debe adquirir y que, en la carga docente de los estudios (240 ECTS), se deben incluir 60 ECTS de formación básica, 60 ECTS de materias comunes a la rama industrial, 48 ECTS de materias correspondientes a la especialidad y 12 ECTS para la realización de un Trabajo Fin de Grado.

Marco Español de cualificaciones para la Educación Superior:

- Nivel 1: Técnico Superior
- Nivel 2: Grado
- Nivel 3: Máster
- Nivel 4: Doctor

9.3 Tipos de licencias administrativas.

El enfoque y justificación técnica depende del organismo de la Administración Pública al que vaya dirigido. El proyecto debe demostrar que cumple con las normativas y reglamentos que son competencia exclusiva de la administración a la que se solicita la autorización.

- a) **Licencias para la Dirección General de Industria de la Comunidad Autónoma.**
 - **Solicitud de Licencia para el Registro Industrial:** actividades registradas como industria según la Ley **21/1992 16/7**.
 - **Solicitud de Licencia para el Registro de Actividades la Seguridad Industrial:** requieren un proyecto técnico según reglamentos (CTE).
- b) **Licencias urbanísticas o municipales.** Otorgadas por el Ayuntamiento.
 - **Licencias de obra:** nuevas construcciones o reformas.
 - **Licencia de obra mayor:** requiere proyecto técnico.
 - **Licencia de obra menor:** no requiere proyecto.
- c) **Licencias específicas de actividades con reglamentación propia.**

9.4 Colegios Profesionales.

Según la **Ley 25/2009 22/12** son **fines esenciales** de estas corporaciones la **ordenación del ejercicio** de las profesiones, la **representación institucional** exclusiva de las mismas cuando estén sujetas a colegiación obligatoria, la **defensa de los intereses profesionales** de los colegiados y la **protección de los intereses** de los consumidores y usuarios de los servicios de sus colegiados.

Deben, además, adoptar las medidas a evitar el intrusismo profesional y, cuando se requiera legalmente, visar los trabajos profesionales de los colegiados. En **ningún caso los Colegios imponen la obligación** de visar los trabajos profesionales. EL objeto del visado es al menos:

- **Comprobar la identidad** y habilitación profesional del autor del trabajo.
- **Comprobar la corrección e integridad formal** de la documentación del trabajo profesional, de acuerdo con la normativa aplicable al trabajo que se trate.

El visado no comprende honorarios ni demás condiciones contractuales, ni el control técnico de los elementos facultativos del trabajo profesional. En caso de daño derivados de un trabajo visado por el Colegio, éste responderá subsidiariamente de los daños que tengan su origen en defectos que hubieran sido puestos de manifiesto por el Colegio al visar el trabajo profesional, y que guarden relación directa con los elementos que se han visado en ese trabajo concreto. El Artículo 2 del Real Decreto 1000/2010 establece que es obligatorio estar colegiado para:

- a) Proyectos de ejecución de edificación.
- b) Certificado de final de obra de edificación.
- c) Proyecto de ejecución de edificación y certificado final de obra.
- d) Proyecto de demolición de edificaciones sin explosivos.
- e) Proyecto de voladuras especiales.
- f) Establecimiento, traslado y modificación sustancial de una fábrica de explosivos.
- g) Instalación y modificación de almacenes de materias explosivas.
- h) Establecimiento de talleres de cuchillería y pirotecnia.
- i) Aprovechamiento de recursos mineros.

El Artículo 4 del Real Decreto 1000/2010 indica que, cuando alguno de los trabajos previstos en el Artículo 2 sea objeto de informe de la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente, no será necesaria la previa obtención del visado colegial.

9.5 Ayuntamientos.

Las **corporaciones municipales** están facultadas para redactar dos importantes normativas:

- **Plan de Ordenación Urbana de la ciudad.** Establece el trazado de calles, zonas verdes, zonas industriales, etc.
- **Ordenanzas Municipales.** Determinan las condiciones de edificación y los tipos de industrias permitidas según las zonas de la ciudad.

Para solicitar la realización o modificación de industrias, instalaciones o edificaciones, se presentará al Ayuntamiento un impreso de solicitud de licencia dirigida al alcalde con 3 copias del proyecto.

RD 19/2012 25/5 : establece la supresión de licencias municipales vinculadas a establecimientos comerciales, sus instalaciones y determinadas obras previas. Esta disposición es aplicable a :

- Actividades **comerciales minoristas.**
- Prestación de servicios cuya superficie sea inferior a **300 m².**
- Actividades **no** relacionadas con el Patrimonio Histórico-Artístico.
- Actividades que supongan un **uso privativo u ocupación** de los bienes de dominio público.

Entonces, la solicitud de licencia previa se sustituye por una **declaración responsable**. En este documento, se especifica que se cumple toda la normativa exigible para el desarrollo de la actividad. Además, **se deberá disponer del Proyecto Técnico y abonar las tasas municipales.**

9.6 Licencia de obra.

El Real Decreto Legislativo 1/1992 regula las actividades de edificación que requieren licencia municipal, como obras y reformas.

Para obtener la licencia de obra mayor, es necesario presentar un proyecto (se suele requerir de aclaraciones y modificaciones de los documentos presentados) y pagar tasas basadas en el presupuesto de ejecución. Además, muchos ayuntamientos exigen permisos provisionales (los cuales requieren para su obtención del pago de las tasas municipales correspondientes) para iniciar los trabajos de construcción, como vallado, contenedores de escombros y acometidas a redes de saneamiento y agua.

Antes de comenzar la ejecución de la obra, el contratista debe preparar un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, basado en el Estudio de Seguridad y Salud del proyecto, **que debe ser aprobado por la dirección facultativa**. Este plan analiza y desarrolla las previsiones de seguridad para garantizar un entorno de trabajo seguro.

9.7 Licencia de actividades e instalaciones (de apertura).

Se distinguen varias licencias:

- Parcelación
- Obras ordinarias
- Obras de edificación
- Otras actuaciones urbanísticas
- Instalación de actividades
- Primera ocupación y funcionamiento

Para el caso de instalación de actividades, la ordenanza del Ayuntamiento de Madrid clasifica las **actividades en inocuas o calificadas**. Las actividades inocuas son todas aquellas de las que, por sus características, no cabe presumir que puedan ser calificadas. **Las actividades calificadas, lo serán como:**

- **Molestas** (ruidos, vibraciones, humos, gases, olores, nieblas, etc.)
- **Insalubres** (evacuación de productos directa o indirectamente perjudiciales para la salud)
- **Nocivas** (daños a la riqueza agrícola, forestal, pecuaria o piscícola)
- **Peligrosas** (productos susceptibles de originar riesgos graves para las personas: explosiones, radiación, etc.)

Para la obtención de la licencia de actividades calificadas, **es imprescindible presentar un proyecto específico relativo a las instalaciones del proyecto y con las medidas correctoras adoptadas**. Incluye un presupuesto de instalaciones y maquinaria desglosado por capítulos. La tramitación de esta licencia es paralela a la licencia de obras.

9.8 Licencia de primera ocupación y funcionamiento.

Licencia de primera ocupación: se concede una vez se comprueba que las obras finalizadas corresponden con la licencia de obras (necesaria licencia de final de obra y visado del colegio, si procede).

Licencia de funcionamiento: permite la puesta en marcha de las instalaciones. Requiere la comprobación de que las obras y montajes se han efectuado conforme dice la licencia (es necesario un certificado firmado por el Director Facultativo de que las instalaciones cumplen con la licencia concedida, ordenanzas, reglamentos, etc.)

9.9 Registros industriales de la comunidad autónoma.

La Dirección General de Industria, Energía y Minas de las Comunidades Autónomas es responsable de conceder licencias para el Registro Industrial y el Registro de Actividades de Seguridad Industrial. En algunas comunidades autónomas, como Madrid, esta dirección ha externalizado muchos registros de instalaciones a **Organismos de Control Autorizado (OCA)**, conocidos en Madrid como **Entidades de Inspección y Control Industrial (EICIS)**. Estas entidades privadas, acreditadas

por la administración autónoma, se encargan de revisar proyectos e inspeccionar instalaciones de seguridad industrial para su registro.

En Madrid, algunos registros de seguridad industrial externalizados incluyen instalaciones de prevención de incendios, instalaciones térmicas, eléctricas de baja tensión, petrolíferas e interiores de suministro de agua. Los proyectos técnicos deben seguir las directrices del Reglamento Técnico correspondiente y presentarse en la EICI para iniciar el registro. Aunque los ayuntamientos no revisan el cumplimiento de las instalaciones especificadas en un proyecto, sí requieren la autorización o registro de la EICI antes de expedir la licencia municipal. Para industrias, es necesario solicitar el Registro Industrial, que incluye un Estudio Económico y el análisis de la Seguridad en las Máquinas, cumpliendo con el Real Decreto 1215/1997 y la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.

9.10 Legislación y Proyecto Industrial.

El proyecto de cualquier instalación industrial está sujeto a numerosas disposiciones legales debido a su naturaleza pluridisciplinar. A nivel nacional, es necesario cumplir con las normativas de varios ministerios, como el Ministerio de Fomento, Vivienda, Trabajo, etc. Además, las Comunidades Autónomas y los Ayuntamientos también tienen sus propias normativas que complementan y, a veces, se superponen a la legislación estatal. Es necesario destacar que las corporaciones locales son los organismos oficiales más próximos a la realidad física del proyecto, y, por tanto, suelen ser los primeros en las tareas de inspección, comprobación y penalización en caso de incumplimiento de la normativa.

La legislación aplicable a proyectos de instalaciones industriales es extensa y variada, lo que requiere un estudio detallado para evitar problemas durante el desarrollo del proyecto. Es importante tener en cuenta las directivas europeas, que, aunque se trasladan a la legislación estatal con cierto retraso, permiten adelantarse a nuevas exigencias. La clasificación de la normativa puede hacerse atendiendo a los elementos más relevantes de un proyecto técnico.

- Seguridad e higiene
- Medio Ambiente: normativa genérica, contaminación atmosférica, aguas y efluentes, residuos sólidos y ruidos.
- Infraestructura y edificación: acciones en la edificación, estructuras de acero, estructuras de forjados, estructuras de hormigón, etc.
- Instalaciones mecánicas: instalaciones de agua, calefacción, climatización y agua caliente, plantas frigoríficas, incendios, aparatos a presión, aparatos elevadores, combustibles, etc.
- Instalaciones eléctricas: líneas de alta tensión, acometidas eléctricas, etc.

11. Diseño y desarrollo de productos.

11.1 Investigación de mercado.

Producción industrial actual → se caracteriza por una alta demanda de nuevos productos y/o modificación de los actuales para actualizarlos y adaptarse a las necesidades cambiantes de los clientes.

Investigación de Mercado → reunir y analizar datos que deduzcan las necesidades y deseos del consumidor.

Competitividad : calidad, funcionalidad y precio mejor que la de otros productos de la competencia. Es decir: más barato y mejor calidad → otorga ventaja competitiva.

Potencial de mercado: determinar el volumen fabricado y vendido por otras empresas que fabriquen un producto similar.

Encuestas:

- Preguntas para conocer grupos de la población más interesados que otros.
- Preguntas para conocer porcentajes de interés por el producto
- Preguntas sobre la competencia.
- Preguntas sobre lo que esperan los clientes/quieran.

Proceso de investigación de mercado, fases:

- Análisis de la situación actual. Conocer el mercado actual y pasado, limitaciones y potencialidades de la empresa.
- Planificación de la investigación. Conocer objetivos, métodos a usar.
- Acumulación de datos. Establecer la encuesta o documento a consultar.
- Análisis de datos. Selección del método estadístico, efectuar inferencias.
- Informe de resultados. Presentar conclusiones a la dirección.
- Evaluación de conclusiones.

11.2 Despliegue funcional de la calidad.

El Despliegue Funcional de la Calidad (QFD) es un procedimiento estructurado que permite determinar de manera secuencial las necesidades del clientes (los QUE's) y proyectarlas en el desarrollo del producto convirtiéndolas en especificaciones técnicas del diseño (los COMO's). Fases:

1. **Identificar y ponderar las necesidades de los clientes.** Esta fase es realizada por el departamento de Investigación de Mercados y consiste en identificar los QUE's.
2. **Convertir esas necesidades en atributos de producto.** Para ello, se elaboran cuadros de información o matrices que relacionan las necesidades del cliente y las características técnicas que pueden ayudar a satisfacerlas.
3. **Comparación con la competencia.**
4. **Correlación entre las necesidades del producto y los atributos del diseño.**

11.3 Previsión de la demanda.

La organización de talleres de producción requiere de tiempo para adaptarse a la fabricación de nuevos productos, y dependerá de las ventas previstas. Entonces, unas **técnicas** habituales para la previsión de demanda son:

- **Cualitativas:** basadas en la experiencia e intuición.
- **Cuantitativas:** proyección matemática de la evolución pasada de las ventas hacia el futuro.

Error de precisión: $e = F - D$ siendo F “demanda según pronóstico” y D “demanda real”. Considerando que hay n periodos de tiempo donde se efectúan las previsiones, entonces usamos las siguientes fórmulas para calcular el error:

Error promedio	$EP = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{n}$
Error absoluto promedio	$EAP = \sum_{i=1}^n \frac{ e_i }{n}$
Error cuadrático promedio	$ECP = \sum_{i=1}^n \frac{e_i^2}{n}$
Desviación típica del error	$DTE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{e_i^2}{n-1}}$

Métodos de precisión:

<p>Media móvil</p> <p>F_t: demanda prevista para el período t</p> <p>D_{t-j}: demanda real en el periodo t-j</p> <p>m: número de observaciones anteriores en los que se basa el pronóstico. Es decir, profundidad del algoritmo.</p>	$F_t = \frac{\sum_{j=1}^m D_{t-j}}{m}$
<p>Media móvil ponderada</p> <p>F_t: demanda prevista para el período t</p> <p>D_{t-j}: demanda real en el periodo t-j</p> <p>W_{t-j}: peso absoluto de la observación t-j correspondiente al valor</p> <p>m: suma de todos los pesos</p>	$F_t = \frac{\sum_{j=1}^m (W_{t-j} \cdot D_{t-j})}{m}$

<p>Alisamiento exponencial (útil si solamente se tienen datos reales de venta de un periodo corto)</p> <p>F_{t+1} : demanda prevista para el período t+1</p> <p>F_t : demanda prevista para el período t</p> <p>D_t : demanda real en el periodo t</p> <p>α = constante de alisamiento</p>	$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$
<p>Ajuste por extrapolación de curva</p>	$a \cdot n + b \sum x_i = \sum y_i$ $a \sum x_i + b \sum x_i^2 = \sum x_i y_i$

11.4 El proyecto de diseño de productos.

Las fases del proyecto de diseño de nuevos productos suelen ser:

- Diseño preliminar.** Se identifica el problema y se plantea una solución general (gráfica).
- Diseño de detalle.** Se establecen formas, pesos, volúmenes, propiedades físicas, propiedades químicas, etc.
- Análisis y selección del diseño.** Como consecuencia de los estudios preliminares pueden haber surgido diversas alternativas, las cuales se evalúan y se selecciona la mejor solución.
- Realización de prototipos.** Antes de efectuar la fabricación en serie del nuevo diseño es necesario realizar los dibujos y anotar las especificaciones de fabricación. Además, para verificar la bondad del diseño efectuado, se debe elaborar un modelo y/o prototipo cuya prueba y evaluación permita comprobar que el producto desarrollado cumple las especificaciones previstas.

En general, pueden establecerse una serie de orientaciones generales que permiten desarrollar un correcto diseño. Entre ellas, cabe destacar las siguientes:

- Los **requisitos de diseño deben ser los mínimos** imprescindibles para permitir su correcto funcionamiento con objeto de no incrementar innecesariamente su coste (por ejemplo, tolerancias deben ser tan amplias como sea posible).
- **Diseños simples y sencillos.**
- **Orientado a una fácil fabricación.**

11.5 Diseño para la fabricación (DFM).

El Design for Manufacturing consiste en el diseño del producto adaptándolo al sistema de fabricación disponible en el taller para facilitar su elaboración, reduciendo tiempos y coste en la producción.

En general, la fase de diseño supone un 5% coste total, pero influye en el 70% costes de fabricación. Entonces, **un pequeño incremento en el esfuerzo del diseño supone un considerable ahorro en la fabricación.** Es importante evitar el “Síndrome del Muro” que surge por la falta de comunicación y coordinación entre los diseñadores y los ingenieros de fabricación.

Principios básicos del DFM:

- Diseñar con el menor números de piezas posible.
- En ensamblajes → la pieza inferior actúa como base estructural.
- Bienes desmontables tradicionales → ajustes de presión en soldadura, etc.
- Facilitar mantenimiento → no debe desmontarse más que la pieza considerada.
- Piezas fáciles de manejar y montar, normalizadas e intercambiables.
- Especificar tolerancias y demás requisitos funcionales tan amplios como sea posible.

La “Ingeniería Concurrente” es un enfoque organizativo que dice que todos los elementos que intervienen en el proyecto de un producto colaboran y realizan su trabajo de forma simultánea. Entre las **ventajas** de este sistema destacan:

- **Disminuye el tiempo de salida al mercado.**
- **Mayor control de recursos y costes.**

Sin embargo, su aplicación:

- **Requiere mayor multidisciplinariedad.**
- **Requiere** implementación de sistemas informáticos que facilitan la cooperación e integración (**Sistemas CAD – CAM**).

11.6 Documentación gráfica.

Una vez que el producto ha sido seleccionado y diseñado, su producción precisa diversa **documentación**. Los elementos empleados para la definición y representación incluyen, entre otros, los siguientes documentos:

- **Planos de ingeniería:** muestran despieces, tolerancias, dimensiones, etc. Incluye el dibujo de conjunto y los correspondientes despieces de las marcas no normalizadas o adquiridas en otros centros.
- Lista de materiales (BOM, **Bill of materials**). Proporciona una descripción clara y precisa de la estructura del conjunto y los componentes que lo integran, fijando las cantidades necesarias de cada uno de ellos.
- Notificaciones de cambios de ingeniería (**changelog**). Incluyen cualquier corrección o modificación de los planos de ingeniería.

Junto a los documentos, cabe destacar **documentos adicionales** como:

- **Planos de montaje**, que muestran la posición relativa de las piezas.
- **Hojas de ruta/diagramas de proceso**. Ilustran el proceso de montaje esquemáticamente y las operaciones necesarias para elaborar el producto.

11.7 Diseño Asistido por Ordenador, CAD - CAE.

En la actualidad, el diseño y desarrollo de productos se benefician significativamente de los sistemas informáticos, como el **Diseño y Análisis Asistido por Ordenador** (CAD-CAE). Estos sistemas **permiten realizar análisis y simulaciones sin necesidad de fabricar el producto, facilitando la detección de modificaciones que impacten su comportamiento**. Además, cualquier cambio en el modelo se actualiza automáticamente en los dibujos, **agilizando el proceso de diseño y mejorando la eficiencia**.

Los sistemas CAD aportan **ventajas como la creación de copias, ajustes de tamaño y uso de bloques, lo que incrementa la productividad**. También integran datos técnicos al proyecto, añadiendo especificaciones y la relación de materiales. Al conectarse con sistemas de fabricación asistida (CAD-CAM), estos sistemas **permiten automatizar e integrar el diseño con la fabricación**, promoviendo una **producción concurrente y más eficiente**.

12. Selección de la tecnología del proceso.

12.1 Procesos de fabricación.

La elección del proceso de fabricación se hace teniendo en cuenta la variedad y cantidad de los bienes que deben producirse. Existen distintos procesos.

12.1.1 Fabricación en taller.

Se caracteriza porque se elaboran **muchos productos diferentes, aunque con un volumen reducido cada uno**. Utiliza maquinaria y utillaje de tipo general con mano de obra altamente cualificada.

Normalmente, las máquinas se agrupan en el taller por funciones homónimas de forma que el producto a fabricar va pasando de una sección funcional a otra según la secuencia de operaciones. Este tipo de fabricación presenta una alta flexibilidad para adaptarse a nuevos productos o cambios. Sin embargo, presenta algunas desventajas:

- **Baja productividad** por excesiva manipulación y transportes.
- **Programación compleja de las actividades en el taller.**
- **Necesidad de almacenamientos temporales de material a la espera de ser procesados.**

En este tipo de talleres, los costes fijos son bajos ya que es un equipamiento de uso general mientras que los costes variables son altos ya que la mano de obra debe ser muy cualificada. Se suelen realizar **trabajos bajo pedido** del cliente y es habitual proporcionar un presupuesto de fabricación y una estimación del plazo de entrega.

12.1.2 Fabricación en serie.

Para grandes volúmenes de producción en una gama reducida de productos. La planta de producción y todo su equipamiento se organizan para fabricar ese producto, luego, los puestos de trabajo se ubican uno a continuación del otro. Se consigue una **alta productividad** ya que se utiliza maquinaria y equipos con un **alto grado de automatización** y gran capacidad de producción que **no requiere de un personal muy cualificado**. Desventajas:

- **Necesidad de equilibrado** entre los tiempos de las estaciones.
- **La parada de una estación para toda la línea.**

En este tipo de fabricación, los costes fijos son altos pero los costes variables bajos (mano de obra poco cualificada). La fabricación en serie se clasifica en dos grandes grupos:

- **Fabricación continua:** utilizada en procesos de producción continua de productos químicos, gaseosos, etc. Es decir, el producto no es discreto y las diferentes fases se van desarrollando de manera continuada según el diagrama de flujo.
- **Línea de montaje:** montaje de piezas sobre una base que se desplaza de un puesto a otro.

12.1.3 Fabricación por lotes.

Este sistema es un punto intermedio entre la fabricación en taller y la cadena de montaje. **Es apropiado cuando se va a elaborar una cierta variedad de productos con demanda conocida y estable a lo largo del año.** Ej. : fabricación de muebles, electrodomésticos.

Es un tipo de fabricación más productivo que el taller ya que hay un mayor grado de automatización en la maquinaria y requiere una mano de obra menos cualificada. Además, en la fabricación por lotes la programación de actividades se simplifica considerablemente con respecto a la fabricación en taller.

12.1.4 Fabricación flexible.

En esta fabricación, las piezas se agrupan por sistema de fabricación similar. **Se asocian células capaces de elaborar una familia de piezas.** Es apropiada para producciones bajo pedido con **volúmenes de producción intermedios**, más elevados que los obtenidos en la fabricación en taller, pero no alcanzan un valor que justifique la fabricación en serie. Las células suelen seguir Layout en U. Ventajas:

- **Un solo operario puede ocuparse de varias máquinas.**
- **Alta flexibilidad** ya que los trabajadores asignados a una célula están capacitados para desarrollar toda la gama de tareas de la célula, y, por tanto, según la demanda se asignan más o menos trabajadores.
- **Trabajo colaborativo entre los trabajadores de la célula** (mayor productividad).

Cuando se requiere un mayor volumen de cada pieza, las células pueden automatizarse completamente denominándose **células de fabricación flexible**. Estas células tienen un coste elevado, pero **permiten un rápido cambio para adaptarse a la fabricación** de otros productos de la misma familia. En consecuencia, se consigue una reducción de tiempos de preparación de las máquinas, eliminar herramientas y útiles duplicados y especializar a los operarios.

Nota : **La tecnología de grupos** se utiliza para **identificar piezas similares desde el punto de vista de su fabricación**. En base a estos grupos, se organizan máquinas capaces de fabricar todas las piezas de un mismo grupo con cambios muy leves en su configuración.

12.2 Formación de células por tecnología de grupos.

Hay numerosos métodos en tecnología de grupos, el método tabular consiste en:

0. El método se inicia con una tabla que muestre las máquinas necesarias para elaborar cada producto. Esta tabla se denomina matriz de incidencia.
1. En una primera fase, se trata de analizar si se puede integrar una máquina en un grupo sobre la base de la afinidad global que tenga con las máquinas de dicho grupo. Los pasos para desarrollar son los siguientes:
 - a. Crear la tabla de relaciones máquina a máquina.
 - b. Ordenar de mayor a menor los valores de la tabla de relaciones máquina a máquina.

El valor de la relación se denomina razón de cercanía. El mayor valor de las relaciones máquina a máquina se denomina razón de cercanía inicial (RCI).
 - c. Se elige un valor para el porcentaje que mide la efectividad de unir una máquina a un grupo. Este porcentaje, que se indica con la letra “p” representa la cercanía que debe tener una máquina entrante a un grupo con el resto de las máquinas existentes.
 - d. Se elige la pareja de máquinas que tenga la relación de cercanías más próxima a la razón de cercanías inicial (RCI).
 - e. Analizar la pareja entrante para saber si debe integrarse o no en alguno de los grupos existentes. Para una pareja entrante se pueden dar los siguientes casos:
 - i. Si las máquinas entrantes no están en ningún grupo, entonces se crea un grupo nuevo.
 - ii. Si las dos máquinas están en un mismo grupo, no se hace nada.
 - iii. Si una pertenece a un grupo y otra no, se analiza si puede entrar:
 1. Si $MRC \geq MTV$ entra (MRC , Máxima razón de cercanía, $MTV = p \cdot RC$).
 2. $MRC < MTV$ se forma un nuevo grupo con ambas.
 3. Si ambas están en grupos distintos se puede valorar duplicar máquinas.
 - f. Se continúa con la siguiente pareja de máquinas que tenga el mayor valor de la relación de cercanías y se procede de manera análoga. El proceso continúa con todas las pareja que tengan RC mayor que cero.
 - g. Este proceso iterativo se detiene cuando las máquinas han sido asignadas a alguno de los grupos.
 - h. Se comparan los grupos formados para comprobar si alguno de los grupos contiene máquinas que lo convierten en un subconjunto de otro. En ese caso, se elimina ese grupo.

2. Una vez obtenida la composición de los grupos, en una segunda fase, se asigna la fabricación de cada producto a su grupo correspondiente. Para ello, se crea una tabla de asignación de grupos-productos.
3. Finalmente, hay que depurar la solución obtenida con el método tabular teniendo en cuenta objetivos secundarios relativos a limitaciones económicas para adquirir nuevas máquinas, espacio reducir, etc.

12.3 Análisis de capacidad en procesos de fabricación por lotes.

En la fabricación por lotes, los artículos pasan por estaciones de trabajo con máquinas y operarios, cuyo ritmo de producción varía según las tareas realizadas. Para mejorar el ritmo, se pueden aumentar las máquinas o los operarios, aunque con limitaciones. En estos sistemas, los desajustes entre estaciones generan la necesidad de mantener inventarios. El análisis de capacidad permite **calcular los recursos necesarios en cada estación para cumplir con la producción deseada en un tiempo definido**, utilizando un método tabulado que asigna operarios y calcula el stock final.

12.4 Capacidad de las cadenas de producción. Equilibrado.

Las cadenas de producción son sistemas de fabricación orientados al producto. Estos sistemas se caracterizan por una gran capacidad de producción, pero limitada a una reducida variedad de productos. Por ello, los sistemas de producción orientados al producto son apropiados cuando se cumplan la siguientes condiciones:

- a) Una demanda del producto elevada y estable en el tiempo que justifique la adquisición y aprovechamiento de equipos sofisticados y precio elevado.
- b) El producto esté estandarizado, es decir, se encuentra en la fase del ciclo de vida que justifica inversiones en equipos especializados.
- c) El suministro de materias primas y componentes son adecuados y de calidad uniforme

Las cadenas de producción pueden ser de dos tipos:

1. Cadenas de fabricación. Elabora el producto mediante el procesado de una pieza principal en una serie de máquinas donde se realizan las diferentes actividades de producción.
2. Cadenas de montaje. Permite el ensamblado de piezas en varios puestos de trabajo o estaciones.

En ambos casos, se trata de procesos repetitivos en los que el material pasa de una estación a la siguiente. Ello requiere que la cadena esté equilibrada. El equilibrado significa que los tiempos de trabajo de todas las estaciones son iguales.

1. En las cadenas de fabricación, el ritmo de trabajo lo fijan las máquinas y el equilibrado se consigue mediante cambios mecánicos y de ingeniería.

2. En las cadenas de montaje, el ritmo viene determinado por las tareas asignadas a personas o estaciones de trabajo, y, por tanto, el equilibrado puede efectuarse modificando esta asignación.

El objetivo principal de la planificación de una cadena de montaje/fabricación es igualar el tiempo de las diferentes estaciones de trabajo. Para el equilibrado existen diferentes métodos matemáticos, sin embargo, su complejidad aconseja utilizar sistemas más sencillos basados en métodos heurísticos que proporcionan una solución adecuada. El proceso de planificación y equilibrado consta de las siguientes etapas:

1. Establecer los tiempos necesarios para cada cadena de montaje.
2. Determinar posibles relaciones de precedencia de actividades, es decir, el orden en que deben efectuarse las diferentes tareas.
3. Elaborar un diagrama de precedencias. Se trata de un diagrama de red donde los nodos representan las actividades y las flechas conectan los nodos según las dependencias entre las actividades.
4. Agrupación de las tareas del proceso de montaje en estaciones de trabajo de forma que permite alcanzar la tasa de producción deseada.
 - a. Calcular el tiempo de ciclo máximo.
 - b. Calcular el mínimo teórico de estaciones de trabajo que dan la producción diaria requerida.
 - c. Equilibrar la cadena asignando tareas de montaje específicas a cada estación de trabajo de forma que los tiempos de todas las estaciones sean similares: $t_{cxac} ; < z_{tan}$
 - d. Calcular el rendimiento equilibrado.
5. Diagrama lineal del ciclo normal de trabajo.
6. Cálculo de las saturaciones de las estaciones
7. Producción del ciclo/hora.
8. Análisis de los tiempos.

13. Proyecto de distribución en planta.

13.1 Objetivos de la distribución en planta.

Distribución en planta: disposición física de los equipos e instalaciones industriales. Incluye los espacios necesarios para el mantenimiento del material y su almacenamiento, de producción y su personal, mano de obra indirecta y demás actividades auxiliares y de servicios.

Se trata de buscar una localización de las áreas de trabajo y equipos que **proporcione un menor coste de fabricación y simultáneamente un alto grado de seguridad y satisfacción del personal.** En esencia, la distribución de una instalación/fábrica debe conjugar los objetivos y consideraciones anteriores para que su planificación logre alcanzar los beneficios esperados teniendo en cuenta las limitaciones existentes. Se trata de un proceso de naturaleza dinámica, pero hay un conjunto de objetivos básicos:

- **Adecuada integración de todos los factores implicados** en la instalación industrial en busca de lograr una gran unidad operativa donde cada factor esté relacionado eficazmente con el resto de los factores.
- **Minimización de las distancias** para el movimiento de materiales, personal y servicios auxiliares. El objetivo es reducir los costos de las actividades de transporte.
- **Alto grado de flexibilidad**, proporciona una distribución más efectiva, capaz de adaptarse a las exigencias de venta, mejoras, etc.
- **Utilización efectiva de todo el espacio** disponible.
- **Seguridad del personal.** Toda distribución debe procurar evitar o eliminar riesgos o accidentes a los trabajadores (cumplimiento de **Real Decreto 486/1997**, de 14 de abril). La distribución debe contribuir a que el trabajo resulte más satisfactorio para los trabajadores.

Beneficios de una correcta distribución de planta:

- **Reducción de los costes** de fabricación que se traduce en ahorrar tiempos de fabricación, disminuir esperas, equilibrado de tiempos de operación y cargas, incremento de la capacidad de producción y costes mínimos por elemento producido.
- **Optimización de la manipulación de materiales.** Es decir, material en curso de fabricación mínimo.
- **Ahorro de espacio** ocupado en las áreas de producción, almacenamiento y servicios.
- **Reducción de riesgos** para los trabajadores.
- Otras ventajas: mayor eficacia en el control de calidad, reducción de trabajo administrativo e indirecto, mejoras estéticas, etc.

13.2 Enfoques para efectuar la distribución en planta.

Cada distribución implica tres elementos fundamentales:

- **Dependencia entre actividades** o áreas funcionales.
- **Cantidad, clase y forma del espacio** necesario para cada actividad/área.
- **Disposición** de las distintas **zonas de actividad**.

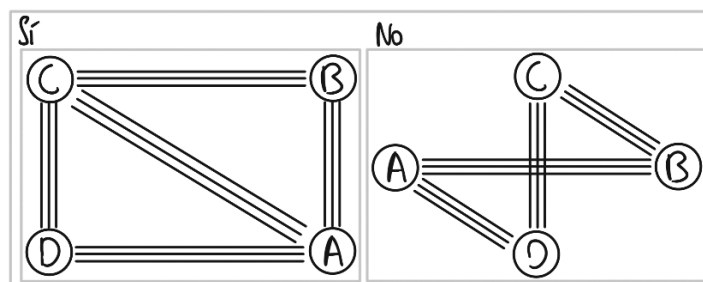
Métodos y enfoques:

- **Instinto/intuición**, siendo un método rápido y directo.
- **Distribuciones existentes** (aka robar código).
- **Flujo de materiales** (el más utilizado). Es un enfoque muy adecuado en industrias de proceso, tales como refinerías de petróleo o fábricas de harina. Sin embargo, tiene serias limitaciones en aquellos sistemas en los que no es dominante el flujo de material y/o es necesario tener en cuenta otras relaciones de mayor o igual importancia que éste.

13.3 Procedimiento cualitativo del proyecto de distribución.

En primer lugar, deben adoptarse aquellas decisiones relacionadas con el emplazamiento o ubicación de la zona que hay que distribuir. Luego se desarrollará la distribución, un proceso que se efectúa en las siguientes etapas:

1. Determinar el área de cada departamento/sección.
2. Establecer una tabla de relaciones entre los departamentos. La tabla describe el grado de acercamiento deseado entre los departamentos.
3. Representación gráfica de la tabla de relaciones. Minimizar el número de cruzamiento entre relaciones.



4. Tabla de evaluación para valorar la eficacia del arreglo nodal del apartado anterior.
5. Eficacia de la red nodal.

13.4 Distribución detallada de cada puesto de trabajo.

Para conocer el espacio que necesita cada puesto de trabajo, se deben tener en cuenta todos los elementos que lo componen. Suele ser habitual realizar una representación a escala de:

- Ubicación de cada máquina y su operador.
- Dimensión y posición de los pasillos.
- Zonas auxiliares y de servicios.

14. Gestión de la calidad total.

14.1 Gestión de la calidad y estrategia empresarial.

Gestión de Calidad Total (GCT): mejora la calidad de los productos y aumenta la rentabilidad de la compañía, ya que reduce sus costes al aumentar la productividad y aumenta las ventas al aumentar la rapidez de respuesta frente al cliente.

La implementación de la Gestión de Calidad Total requiere:

- **Crear un entorno empresarial que promueva la calidad.**
- **Establecer y comprender los principios de calidad** que permiten hacer lo realmente importante y cómo debe conseguirse.
- **Implicación activa de los empleados** para conseguir lo que es importante.
- Objetivo principal: **satisfacción del cliente.**

14.2 Definición de calidad.

El punto de partida de todo sistema de GCT se basa en la identificación y posterior satisfacción de las necesidades del cliente. Pueden distinguirse varias concepciones de calidad:

- **Calidad para el usuario:** hace referencia a las prestaciones y funcionalidades que un producto tiene para el usuario final.
- **Calidad de fabricación:** conformidad del producto con las especificaciones establecidas y fabricar bien a la primera.
- **Calidad de diseño:** definir (concebir) bien el producto.

En general, un producto de calidad tiene que satisfacer las necesidades de los clientes (calidad de usuario), mediante los adecuados atributos de diseño (calidad de diseño) y su proceso de fabricación debe permitir obtenerlo según las especificaciones establecidas (calidad de fabricación). La fabricación de productos de calidad permite obtener las siguientes ventajas:

- Mejora la **reputación** de la compañía.
- Mejor calidad, por tanto, **disminuyen las reclamaciones.**
- **Implicaciones globales.**

Costes asociados a la calidad:

- **Costes de prevención.** Inversión destinada a la reducción de posibles piezas o servicios defectuosos.
- **Costes de evaluación/tasación.** Inversiones relativas a la verificación de los productos y procesos con el fin de comprobar su validez.
- **Costes de fallos internos.** Gastos originados por la producción de piezas o componentes defectuosos antes de entregar al cliente y que hay que solventar.
- **Costes externos.** Gastos en reparaciones de artículos vendidos a clientes y que han sido reclamados.

14.3 Estándares internacionales de calidad.

Estandarización **ISO-9000**. Ventajas:

- Estandariza las actividades del personal de la organización.
- Incrementa la satisfacción del cliente.
- Mide y compara el desempeño de los procesos de trabajo.
- Disminuye los re-procesos.
- Facilita el cumplimiento de los objetivos de la empresa.
- Facilita la mejora continua en los procesos, productos, eficacia, etc.

Actualmente está en vigor la familia **UNE-EN ISO 9001:2015** (no es obligatoria cumplirla).

- **Esta norma promueve la utilización de un enfoque basado en procesos para desarrollar, implementar y mejorar la eficacia de un sistema de gestión de calidad total donde el objetivo es aumentar la satisfacción del cliente mediante la consecución de requisitos establecidos.**
- Una organización funciona eficazmente cuando identifica y gestiona numerosas actividades relacionadas entre sí. Un proceso es una actividad que utiliza recursos, los gestiona y procesa para obtener resultados. El enfoque basado en procesos (EBP) es la aplicación generalizada de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacciones de estos procesos, así como su gestión.
- **Este enfoque basado en procesos permite un control continuo sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos, así como sobre su combinación e integración.**
- El enfoque basado en procesos en el marco de un sistema de CGT **enfatiza la importancia de la comprensión y cumplimiento de requisitos.** Considera los procesos en términos de aporte de valor, obtiene resultados de desempeño y eficacia del proceso y facilita la mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas.
- En este enfoque, los clientes tienen una importancia trascendental ya que tienen un papel significativo para definir los requisitos como elementos de entrada. Luego, se realiza un seguimiento de la satisfacción del cliente.
- **El objetivo de esta norma es establecer un procedimiento de gestión de calidad total con ayuda de una documentación detallada,** instrucciones de trabajo y mantenimiento de registros. Comentario: la calidad no radica en la documentación, sino en los procedimientos descritos en la documentación.
- Las entidades de certificación verifican si una empresa cumple los requisitos establecidos en la norma ISO 9001.
- La normativa ISO 9001 se complementa con la norma **ISO 14000** de gestión medioambiental, auditoría, valoración de comportamiento, etiquetado y valoración del ciclo de vida.

14.4 Gestión de Calidad Total.

La gestión de calidad total pretende que toda la organización se encamine hacia la excelencia en todos los productos y servicios que ofrezca a los clientes. La aplicación de una gestión de calidad total en una organización puede desarrollarse en varias concepciones básicas:

14.4.1 Mejora continua.

El ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) o PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) es un proceso continuo de mejora aplicado a personas, equipos, proveedores, materiales y procedimientos. Consiste en cuatro etapas que se repiten de manera cíclica para garantizar la mejora continua:

1. Planificar (**Plan**): **Se define** la actividad a mejorar, los **objetivos**, los **indicadores** de control, la **metodología** y las **herramientas** necesarias.
2. Hacer (**Do**): Se implementa el plan mediante una **prueba piloto**, registrando las acciones realizadas y los resultados obtenidos.
3. Verificar (**Check**): Se **evalúa** si la mejora implantada ha alcanzado los objetivos previstos (calidad, tiempos, etc.).
4. Actuar (**Act**): Se ajusta el plan de mejora y, si es satisfactorio, se **implementa de manera definitiva** estableciendo condiciones para su mantenimiento.

Entre las herramientas comunes para aplicar el ciclo PDCA destacan: el Análisis de Valor, el Método Kaizen, el Diagrama de Afinidad y los Cinco Porqués.

14.4.2 Enfoque seis-sigma:

Enfoque proyectual para disminuir defectos que permiten reducir tiempos y costes y aumentar la satisfacción del cliente. Fases:

1. **Definición de elementos relevantes** de los procesos de actuación e identificación de las diferencias que deben mejorarse.
2. **Medición del trabajo y recogida de datos** que pueden ayudar a reducir diferencias.
3. **Análisis de datos.**
4. **Planteamiento de mejoras**, modificaciones o rediseño de los procesos existentes.
5. **Supervisión del nuevo proceso** para asegurar el mantenimiento del rendimiento de sistema.

Herramientas del enfoque 6σ	
Hojas de control	Diagramas de dispersión
Diagramas causa-efecto	Diagramas de Pareto
Diagramas de flujo	Control estadístico de procesos

14.4.3 Potenciación de los empleados:

Tienen por objetivo potenciar e involucrar a los empleados en todos los pasos del proceso de producción ya que los trabajadores son los que mejor conocen los puntos débiles del sistema y, si se implican, pueden colaborar en la mejora del proceso proponiendo soluciones eficaces.

Para lograr este objetivo se suelen utilizar los Círculos de Calidad, donde un grupo de trabajadores se reúne periódicamente para solucionar los problemas relativos a su trabajo. Aunque tienen el reconocimiento de la empresa, no perciben una remuneración adicional por ello. Los Círculos de Calidad han demostrado su eficacia aumentando la productividad y calidad.

14.4.4 Puntos de referencia (benchmarking):

Se trata de seleccionar un estándar probado en otras empresas (para productos, procesos, servicios, gestión de compras, etc.) que sirva de referencia y objetivo para desarrollar las actividades de la empresa. El objetivo es realizar las acciones necesarias (en cada uno de los sectores) para alcanzar o superar esas referencias.

14.4.5 Just in time (JIT):

Producir sólo lo que se consume. Ventajas:

- Reduce costes de calidad, al disminuir los materiales de su stock.
- Mejor calidad, al reducir plazos de entrega, mantiene reciente el recuerdo de errores y reduce el número de fuentes posibles de error.
- Menos (nulo) inventario de producto final, reduciendo costes.

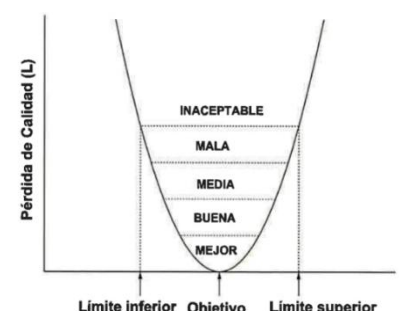
14.4.6 Técnicas de Taguchi:

La mayoría de los problemas de calidad son consecuencia de un mal diseño del producto y del proceso. Para mejorar hay que realizar diseños robustos. Según Taguchi: **“Un buen diseño es aquel que se puede fabricar de manera uniforme y continuada independientemente de las variaciones en materiales y procesos durante su elaboración”.**

Taguchi define la calidad de un producto como la pérdida que genera para la sociedad, cuanto menor sea dicha pérdida, mayor será la calidad.

Para determinar los costes asociados a un baja calidad industrial de un producto se usa la Función de Pérdida de Calidad (QLF) : $L = K(x-\mu)^2$

- L : pérdida de calidad (unidad monetaria)
- x : objetivo a alcanzar
- μ : medida de valores de la característica analizada
- K : constante conversión a unidades monetarias



14.5 Herramientas de la gestión de calidad total.

- a) **Hojas de control.** Tabla organizada para registrar datos relevantes sobre el producto, procesos, etc. que facilita el análisis posterior.
- b) **Diagramas de dispersión.** Gráficos que muestran la relación entre dos variables.
- c) **Diagramas causa-efecto (Ishikawa).** Gráfico que permite conocer las causas que originan un determinado resultado. Las fases para seguir son:
 - Definir claramente el efecto a analizar.
 - Escribir el efecto en el lado derecho y en un recuadro, trazar una flecha larga que acabe en el rectángulo.
 - Identificar las categorías más relevantes en las que puedan ubicarse las causas. Cada categoría se incluye en un la parte superior e inferior y con una flecha dirigida a la flecha central.
 - Para cada categoría se anotan las posibles causas que influyen en ese nivel mediante flechas que terminen en la causa superior.
 - Seleccionar e identificar las causas del nivel superior que tiene mayor influencia y situarlas de mayor a menor.
- d) **Gráficos de Pareto.** Gráfico que clasifica las causas de la falta de calidad de un producto según su importancia.
- e) **Diagramas de flujo.** Esquema gráfico de un proceso de trabajo mediante anotaciones y flechas orientadas según flujo de trabajo.
- f) **Histogramas.** Herramienta gráfica para el tratamiento de datos que permite representar e interpretar su distribución.
- g) **Control estadístico de procesos.** Controla los estándares, toma mediciones y adopta las medidas correctivas necesarias.

14.6 Control estadístico de procesos.

Todo proceso de fabricación presenta variaciones, cuyo origen pueden ser aleatorias o causas imputables. Si la variación es solo aleatoria, entonces las variaciones corresponden con la curva de distribución normal. **El CEP controla los estándares de fabricación para conocer si las variaciones se deben solo a causas naturales.** En CEP se toman mediciones cada cierto tiempo, sobre muestras de pequeño tamaño. El CEP **permite tomar decisiones sobre el proceso y en CEP se representa gráficamente las variables a controlar a lo largo del tiempo.**

14.7 La inspección de calidad.

Para asegurarse que un sistema de fabricación está produciendo con el nivel de calidad esperado hay que controlar el proceso (inspeccionar) **para detectar un mal producto lo antes posible.** Sin embargo, la inspección no mejora un producto, solo descubre deficiencias y defectos. Por ello, resulta cara.

No obstante, tiene una inevitable variabilidad (no detecta el 100% de las piezas defectuosas). Por tanto, la mejor inspección es la innecesaria. Esto suele

denominarse “**inspección en la fuente**”: cada etapa del proceso ve a la siguiente como un cliente al que deben proponer un producto perfecto. Para ello, se debe asegurar la entrega de productos sin defectos mediante el uso de listas de comprobación o dispositivos específicos (**poka-yoke**) que impida la existencia de fallos o errores.

En inspecciones, las características relativas a la calidad pueden medirse como:

- Atributos. La inspección es cualitativa y distingue a los artículos como buenos o malos.
- Variables. Cuantifica la variación de una variable para comprobar si está dentro de límite o no.

15. Análisis y mejora de procesos de trabajo.

15.1 Definición de proceso de trabajo.

El proceso de trabajo es la sucesión de actividades orientadas a la obtención de un producto, que puede subdividirse en partes según sea necesario para su análisis. Su descripción puede realizarse en dos categorías principales:

1. **Actividades genéricas:** Describen **procesos amplios y fundamentales**, como la obtención de productos laminados en etapas básicas (por ejemplo, obtención de arrabio, afinado de acero y laminación). Este enfoque implica decisiones de alto nivel que suelen involucrar a la dirección de la empresa.
2. **Actividades específicas:** Detallan **tareas concretas** dentro de un proceso, como torneear, moletear, taladrar y roscar en el mecanizado de una corredera. Este análisis tiene un menor alcance y se enfoca en la mejora de métodos y procesos detallados.

15.2 Diagramas de procesos de trabajo.

Son una representación gráfica del proceso de fabricación que expresan de forma secuencial las actividades mediante símbolos y anotaciones.

Permiten analizar con detalle y claridad un proceso, facilitando la introducción de mejoras. Las actividades utilizadas en los diagramas de procesos son las siguientes:

- a) **Operación:** Modificación de las características del material o artículo (físicas, químicas, mecánicas, etc.), incluyendo actividades de montaje. Ejemplos: embutición, temple, recocido y cementado. En diagramas, se representa con un círculo (**O**).
- b) **Inspección:** Análisis programado para verificar características de un producto (forma, dimensiones, etc.). Se representa con un cuadrado (**□**).
- c) **Transporte:** Traslado de artículos de un lugar a otro. No se consideran transportes:
 - Recorridos menores a un metro o dentro del mismo puesto.
 - Pequeños traslados dentro de la misma actividad.
 - Circulación de materiales en fabricación continua o en línea.

Diversos medios como carretillas, cintas o grúas se representan con una flecha (→) acompañada de la distancia recorrida.

- d) **Espera.** Interrupción del proceso de trabajo, tipos:
 - No programada: Por averías, falta de energía, etc. Genera retrasos y costes imprevistos.
 - Programada: Por causas inherentes al proceso, como diferencias en tiempos de trabajo. Puede generar costes en la estancia del material (protección, almacenamiento). Representada por la letra **D** en los diagramas.

- e) **Almacenamiento.** Permanencia controlada de materiales o productos en un almacén hasta su expedición o reutilización en el proceso. No implica prolongación del proceso ni costes adicionales. Representado por un triángulo invertido (∇).

Actividades Simultáneas: En los procesos pueden combinarse actividades como operación e inspección al mismo tiempo (\square) o durante el transporte (\ominus).

Según el objetivo y el nivel de detalle, se distinguen el siguiente tipo de diagramas:

- a) **Diagramas sinópticos:** representan el proceso solo de operación e inspección.
- b) **Diagramas analíticos:** anotan todas las actividades.

Los formatos para confeccionar tanto los diagramas analíticos como los diagramas sinópticos se componen de tres zonas diferenciadas:

- a) **Encabezamiento:** Identificación del proceso, producto, fechas y autores.
- b) **Parte central:** Representación del diagrama, secuencia y ramificaciones del proceso, con tablas o espacios en blanco según el caso.
- c) **Pie:** Contiene croquis del producto, resumen de costos y observaciones relacionadas con la mano de obra y materiales.

Conceptos de interés:

- a) **Unidad de coste:** número de elementos representativos del proceso de fabricación y/o montaje. Puede ser unitaria o múltiple.
- b) **Unidad de tiempo:** minutos, segundos, etc.
- c) **Actividad colectiva y colectivo:** realización simultánea de una actividad sobre varios elementos.

15.3 Diagramas sinópticos del proceso.

El diagrama sinóptico es una herramienta que permite visualizar rápidamente las principales características de un proceso de fabricación, destacando solo las actividades más significativas. Tiene dos objetivos principales:

- a) **Obtener información del proceso** tal y como se está desarrollando actualmente.
- b) **Facilitar un análisis crítico** del método actual del trabajo para proponer mejoras que supongan ahorros de tiempo y costes.

Existen dos formatos de diagramas sinópticos: uno con la parte central impresa para procesos de fabricación en serie y otro con la parte central en blanco para el montaje de componentes. Cada formato se utiliza según el tipo de proceso de trabajo y permite anotar tiempos y descripciones de actividades para calcular costos de mano de obra directa.

15.4 Diagramas analíticos del proceso.

Los diagramas analíticos se usan en procesos de fabricación para desglosar y analizar detalladamente cada una de las actividades involucradas. Se suelen recoger datos sobre el método actual de trabajo y resultados del análisis crítico. Su **principal objetivo es optimizar** aspectos como la disposición de los puestos de trabajo, la manipulación eficiente de materiales y la reducción de tiempos improductivos. Estos diagramas resultan especialmente útiles tanto en la producción de piezas individuales como en procesos de ensamblaje. Ejemplos de su aplicación se encuentran en industrias como la siderometalúrgica y en la fabricación de componentes especializados, como bobinas electromagnéticas.

15.5 Análisis detallado de actividades.

En los procesos de trabajo que combinan actividades de operarios y máquinas, es crucial definir detalladamente las tareas para desarrollar correctamente la actividad. Estas se dividen en tres fases:

- a) **Alimentación del puesto de trabajo:** consiste en suministrar los materiales necesarios al puesto, ya sea manualmente (por el operario o mano de obra indirecta) o mediante sistemas automatizados.
- b) **Elaboración:** implica la transformación o montaje de materiales para obtener el producto final, ya sea de forma manual o mediante máquinas asistidas por el operario.
- c) **Retirada del puesto de trabajo:** consiste en la salida de los elementos elaborados, realizada de forma manual (por el operario o con ayuda de sistemas como carretillas) o automatizada (cintas transportadoras, carros guiados).

En actividades manuales, se utiliza el diagrama bimanual para analizar la actividad de las manos del operario durante la elaboración. Este diagrama se divide en:

- a) **Encabezamiento:** Identifica datos del proceso y los responsables del estudio.
- b) **Zona central:** Muestra las actividades de ambas manos, el tiempo dedicado a cada tarea y los movimientos simultáneos, representados con un color común.
- c) **Pie:** Incluye un croquis del puesto y un resumen de tiempos y costes.

El diagrama bimanual ayuda a optimizar el diseño del puesto y las tareas, promoviendo la simultaneidad de movimientos y eliminando actividades improductivas.

Los diagramas hombre-máquina permiten analizar las tareas realizadas por trabajadores y máquinas durante el ciclo de trabajo, reflejando si sus actividades se realizan de forma simultánea o no. Se dividen en tres partes:

- a) **Encabezamiento:** Detalla datos del proceso, ubicación, producción (máquina/hora, anual) y los autores del estudio.
- b) **Zona central:** Incluye secciones para el trabajador y la máquina, con símbolos, descripción y tiempos de cada tarea. Una escala central graduada mide el tiempo transcurrido, y las actividades simultáneas se marcan con un color común. Pueden añadirse columnas para procesos con múltiples operarios o máquinas.
- c) **Pie:** Contiene un diagrama lineal del ciclo de trabajo y un resumen de tiempos, saturaciones y costes.

Este diagrama facilita el análisis y mejora de la interacción entre operarios y máquinas en los procesos productivos.

15.6 Mejora de métodos de trabajo.

El análisis de los procesos y actividades en un taller debe ser realizado periódicamente para mejorar la calidad y alcanzar el objetivo de cero defectos, aplicando el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). Debido a las limitaciones de recursos en una planta industrial, es esencial priorizar aquellos procesos que generen mayores beneficios económicos para la empresa. Siguiendo el Principio de Pareto, se deben enfocar los esfuerzos en los procesos más críticos y dejar la mejora de otros procesos para etapas posteriores. **Como hemos mencionado antes, un ejemplo de aplicación del Principio de Pareto es una situación en la que los recursos para realizar un análisis de mejora sean limitados y no se pueden analizar todos los procesos de fabricación.**

El análisis de un proceso implica descomponerlo en elementos más simples, desde los aspectos más generales hasta las actividades detalladas de cada puesto de trabajo. Para registrar la información del proceso en su estado actual, se utilizan herramientas como diagramas analíticos y de recorrido, organizando los datos de manera sistemática.

15.7 Fabricación eficiente (Lean manufacturing).

La metodología «Lean Manufacturing» se enfoca en optimizar todo el sistema productivo, con el objetivo de minimizar desperdicios y lograr una fabricación eficiente. Su meta es entregar a los clientes los productos en el momento adecuado, en la cantidad solicitada y sin defectos. Esta metodología tiene su origen en el sistema de producción «just in time» de Toyota y pone énfasis en las personas y el valor añadido de las actividades.

«Lean Manufacturing» busca eliminar las actividades que no aportan valor, conocidas como despilfarros, que causan problemas como deficiencias de calidad, sobreproducción y tiempos de espera elevados. Además, resalta la importancia del capital humano, considerando a los empleados como un recurso clave. Fomenta la colaboración y comunicación entre todos los niveles de la empresa, especialmente involucrando a los trabajadores, quienes son los primeros en detectar problemas y proponer mejoras en el proceso.

Los principios de actuación se pueden concretar en cinco áreas concretas:

- Identificación de las etapas relevantes en la fabricación.
- Mejora continua: PDCA.
- Análisis de flujos de valor: identificación de actividades que aportan valor.
- Crear y mantener el flujo de valor.
- Facilitar un flujo basado en la demanda. Sistemas Kanban de push y pull. Los sistemas Kanban utilizan señales (como tarjetas, marcadores, etc.) promover o provocar este suministro de las unidades productivas desde otros puestos cuando sea necesario. Una tarjeta “Kanban” indica la necesidad de suministrar un artículo concreto en un momento determinado.

La principal herramienta utilizada en la fabricación eficiente es la denominada 5S. Esta técnica, que debe aplicarse de manera gradual, empezando por actividades y secciones concretas de la producción, incluye las siguientes actuaciones:

- Eliminar (Seiri). Se trata de retirar los elementos innecesarios.
- Ordenar (Seiton). Se trata de ordenar los recursos para efectuar el proceso de fabricación. Esta organización debe facilitar la búsqueda, utilización y reposición de cada elemento.
- Limpiar e inspeccionar (Seiso). Limpieza y comprobación de la zona de trabajo para localizar incidencias de forma anticipada.
- Normalizar (Seiketsu). Estandarizar o extender a otras zonas productivas los éxitos o logros alcanzados en las fases anteriores.
- Disciplina (Shisuke). Aplicación sistemática y cotidiana de las fases anteriores en todas las actividades, secciones y procesos de fabricación.

Adicionalmente, la fabricación eficiente utiliza otras técnicas y herramientas como los cinco porqués, mantenimiento productivo total (TPM), Kanban (mejora la eficiencia del suministro), Kaizen (mejora continua de los procesos), 6σ y etc.

16. Medición de tiempos de trabajo.

16.1 Definición y objeto de la medición de tiempos.

La medición del trabajo, junto con el estudio de métodos, es crucial para optimizar procesos laborales. **La Organización Internacional del Trabajo define la medición como la técnica para determinar el tiempo que un trabajador necesita para completar una tarea según una norma preestablecida.** El estudio de métodos permite identificar y corregir actividades improductivas, mejorando el rendimiento. También establece tiempos de referencia para detectar desviaciones futuras. Las técnicas de medición ayudan a comparar métodos, distribuir tareas y determinar la carga de trabajo.

Basado en el estudio de los tiempos concedidos, las actuaciones que se pueden realizar con el objetivo de aumentar la productividad y mejorar la competitividad en el mercado son:

- Programa de producción.
- Presupuestos de fabricación y venta.
- Plazos de entrega.
- Control de costes de mano de obra.
- Normas sobre utilización de la maquinaria.

16.2 Precisión, exactitud y fiabilidad en la medición.

Puesto que la media de tiempos es un caso particular del proceso de medición de elementos físicos, le son de aplicación los conceptos básicos de precisión, exactitud y fiabilidad de una medición.

Se entiende de un instrumento el grado en que concuerdan las distintas medidas de un mismo fenómeno al utilizar varias veces el citado instrumento en la medida. Se define exactitud de un instrumento de medida al grado en el que el valor obtenido se acerca al valor real del elemento medido. En la medida de manifiesto que en ambos parámetros no sólo intervienen los instrumentos materiales (cronómetros, calculadoras, etc.) sino también el elemento humano que realiza la medición.

Se define fiabilidad de una medida al grado en que los valores obtenidos en una muestra se acercan al valor real de la población de la que ha sido extraída. Una adecuada fiabilidad en la medida del trabajo exige tres condiciones básicas:

- Analizar representativos del conjunto en condiciones normales de trabajo.
- Medir el número suficiente de actividades.
- Procesar adecuadamente los datos recogidos.

Deben elegirse trabajadores con suficiente habilidad para evitar distorsiones difíciles de corregir con los factores de actuación del operario. Se considera muy

mala práctica elegir al mejor trabajador pues puede provocar efectos adversos en la aceptación general de los tiempos fijados.

Las condiciones de trabajo deben ser las típicas de una operación normal eliminando todos aquellos elementos ajenos a las circunstancias normales. Es imprescindible que el proceso a medir esté perfectamente definido en cuanto al método a seguir y el operario lo realice tal cual está descrito.

En general, a mayor número de tomas, mejor fiabilidad. La determinación del tamaño de la muestra (número de medidas) suele abordarse como un típico problema de muestreo en el que se aplican conocidas técnicas estadísticas.

Los datos recogidos por cronometraje deben ser tratados sin ningún tipo de manipulación (eliminación aleatorio de valores externos, anormales, etc.) con objeto de obtener tiempos de referencia con la adecuada fiabilidad.

16.3 Procedimientos de medida de tiempo.

Los procedimientos para la medida de tiempos en la ejecución de actividades pueden agruparse en dos grandes categorías.

Métodos directos, se caracterizan porque la toma de tiempos tiene lugar en el mismo momento en que se efectúan las operaciones. Dos tipos:

- Medición continua: consiste en la medición durante un determinado número de ciclos de la operación observada, técnicas como: cronometraje o filmación.
- Medición por muestreos de trabajos: observación mediante un programa de mediciones aleatorio.

Métodos indirectos, permiten fijar el tiempo asignado para ejecutar una actividad sin requerir la observación presencial de la operación:

- Tiempos predeterminados: establecimiento de la duración de una actividad a partir de la suma de sus acciones individuales.
- Estimaciones: mediante experiencias anteriores.

16.4 Unidades de tiempo.

En los análisis macroscópicos se suele emplear la hora como unidad de tiempo. No obstante, en la medida de actividades que forman parte de un proceso, se emplean unidades más pequeñas como el minuto, segundo y sucesivas.

16.5 Elementos del estudio para cronometraje.

Una vez que se ha realizado una intensa labor informativa sobre las técnicas de estudios de tiempos entre todo el personal implicado y seleccionado el proceso u operación que se desea medir, es preciso **elegir el operario que va a ser objeto de la medición.**

Trabajador representativo: aquel cuya competencia y desempeño corresponden con el promedio del grupo analizado.

Trabajador cualificado: posee la necesaria aptitud física y mental para ejecutar el trabajo, ha sido instruido y entrenado en el método y ha adquirido destreza y conocimiento para realizar las tareas según las normas prefijadas.

En algunas ocasiones no es posible elegir el operario, luego el analista debe prestar especial atención en la valoración de la actuación.

El operario debe trabajar a su ritmo habitual y adaptarse al nuevo método antes de iniciar el estudio de tiempos. El analista debe observarlo de cerca, sin cronometrajes ocultos. El análisis de tiempos se realiza por causas específicas, como cambios en el método o material. Es esencial definir claramente el método de análisis, utilizando croquis y diagramas, y registrar información sobre el material y herramientas empleados.

16.6 Etapas para efectuar el cronometraje.

La mayoría de los analistas consideran que un complejo estudio de tiempos debe constar de las siguientes fases correlativas:

- a) Obtener y anotar todos los datos posibles relativos a la actividad, el trabajador y las circunstancias en que se vaya a desarrollar la tarea.
- b) Dividir el proceso en actividades o elementos realizando una descripción detallada de cada uno que permita una clara diferenciación para su cronometraje.
- c) Comprobar el método y determinar el número de observaciones que deben efectuarse para lograr el adecuado nivel de confianza y el margen de exactitud requerido.
- d) Medición de tiempos con el instrumento elegido (normalmente un cronómetro digital) y anotarlo en el impreso correspondiente.
- e) Determinar el ritmo con que el operario realiza su labor en comparación con lo que se considera el «ritmo normal».
- f) Calcular los tiempos básicos de cada actividad.
- g) Determinar los suplementos que por diversas circunstancias (descanso, tensión visual, etc.) deben añadirse al tiempo básico calculado por elemento o actividad, para obtener lo que se denomina el tiempo concedido (la OIT denomina «tiempo tipo» a este tiempo).

16.7 Evaluación de la actuación o ritmo del operario.

Las técnicas de medición por cronometraje no solo registran el tiempo de ejecución de una tarea, sino también una valoración del ritmo de trabajo del operario, estimado por el analista. **Esta evaluación del ritmo se realiza simultáneamente con la medición de tiempos, antes de leer el cronómetro, para que sea independiente del tiempo observado.**

El ritmo se compara con el de un operario calificado, conocido como "ritmo tipo", que es el rendimiento promedio de un trabajador que sigue estrictamente

el método y está incentivado. En algunos países, el ritmo tipo se basa en la velocidad de un hombre promedio caminando sin carga a 6,4 km/h.

Para comparar el ritmo observado con el tipo, se usa una escala numérica, como las de 100-133, 60-80 o 75-100, donde la primera cifra es el ritmo normal y la segunda el ritmo tipo. Estas escalas ayudan a cuantificar el rendimiento del operario.

16.8 Determinación del tiempo básico.

El tiempo básico corresponde con el tiempo que necesita un trabajador calificado en realizar una tarea o elemento a un ritmo de trabajo determinado. Así, se definen dos tipos de tiempo básicos:

- a) **Tiempo básico normal:** tiempo necesario para realizar una tarea al ritmo normal. La expresión del tiempo básico normal para una observación i de un cierto elemento j es la siguiente:

$$t_{bni j} = t_{cri j} \cdot A_{ij} / A_N$$

donde:

- $t_{bni j}$: tiempo básico para la observación i del elemento j .
- $t_{cri j}$: tiempo cronometrado para la observación i del elemento j .
- A_{ij} : Ritmo anotado correspondiente a la observación i del elemento j .
- A_N : Ritmo normal (según la escala utilizada tomará el valor 60, 75 ó 100).

- b) **Tiempo básico tipo:** tiempo necesario para realizar una tarea al ritmo tipo. La expresión del tiempo básico tipo para una observación i de un cierto elemento j es la siguiente:

$$t_{bti j} = t_{cri j} \cdot A_{ij} / A_T$$

donde:

- $t_{bti j}$: tiempo básico para la observación i del elemento j .
- $t_{cri j}$: tiempo cronometrado para la observación i del elemento j .
- A_{ij} : Ritmo anotado correspondiente a la observación i del elemento j .
- A_T : Ritmo tipo (según la escala utilizada tomará el valor 80, 100 ó 133).

16.9 Necesidad de suplementos.

El tiempo básico calculado a partir del cronometraje (u otras técnicas, tales como el MTM) se refiere a la realización de un ciclo efectuado al ritmo normal o tipo. Sin embargo, como el trabajo se extiende durante toda la jornada laboral aparecerán inevitablemente interrupciones que deben ser tomadas en consideración para poder fijar los tiempos de forma realista.

Estas interrupciones pueden ser debidas a necesidades personales (beber agua, ir al baño, etc.), fatiga (física y/o mental) o contingencias imprevistas (rotura de máquinas, retrasos en el proceso, etc.).

Los trabajadores no pueden actuar de forma ininterrumpida durante prolongados períodos sin que se presente el fenómeno de la fatiga. Ello obliga a establecer descansos periódicos cuya extensión dependerá de la magnitud y duración del esfuerzo, así como de las condiciones ambientales.

Las causas que provocan la **fatiga** tienen una doble naturaleza:

- **Física.** Consiste en una alteración de las propiedades elásticas y de cohesión de los músculos.
- **Química.** Radica en la intoxicación de los músculos por parte de sustancias producidas en el proceso generador de la energía necesaria para el trabajo. Estas sustancias son conducidas por la sangre a los órganos encargados de eliminarlas.

Por ello, una circulación sanguínea activa durante el trabajo retrasa la aparición de la fatiga. **El descanso contribuye a que esta depuración sea completa. Este tipo de fatiga que desaparece con el reposo habitual se denomina de «primer grado».** La fatiga que no desaparece totalmente con el reposo cotidiano se considera de «segundo grado» (cansancio acumulado). En todo caso, los tiempos asignados a las actividades, y por tanto los períodos de descanso estipulados, deben ser lo suficientemente amplios para que no aparezca la fatiga de segundo grado.

Así pues, el tiempo necesario para efectuar una tarea u operación está constituido por la suma de los siguientes tiempos:

1. **Tiempo básico.**
2. **Tiempo necesario para efectuar los descansos** (por necesidades personales y para vencer la fatiga).
3. **Tiempo adicional** debido a contingencias u otras circunstancias relativas al trabajo.

La valoración de estos dos últimos componentes (descansos y contingencias) se suele efectuar en base a la concesión de los denominados **suplementos**, que normalmente se establecen como un porcentaje del tiempo básico.

16.10 Determinación del tiempo concedido.

El tiempo concedido de un elemento es el tiempo total de ejecución de una tarea y está integrado por los siguientes componentes:

1. Tiempo básico.
2. Suplementos por descanso (fijos y variables).
3. Suplementos por contingencias (trabajos fortuitos y demoras inevitables).

Como los suplementos se expresan habitualmente como un porcentaje ($\alpha\%$) del tiempo básico, el tiempo concedido se calcula de la siguiente forma:

$$t_{cd} = t_b + \alpha\% \cdot t_b = t_b(1 + \alpha)$$

Donde:

- t_{cd} : Tiempo concedido.
- t_b : Tiempo básico.
- $\alpha\%$: Porcentaje de suplementos por descanso y contingencias.
- α : Fracción de suplementos por descanso y contingencias (en tanto por uno).

Si en la ecuación anterior se utiliza el tiempo básico normal, se obtendrá el tiempo concedido normal y si se utiliza el tiempo básico fijo, se tendrá el tiempo concedido tipo (tc_{dt}). Es decir, variantes del tiempo concedido:

- Tiempo concedido normal: $t_{cdn} = t_{bn}(1 + \alpha)$
- Tiempo concedido tipo: $t_{cdt} = t_{bt}(1 + \alpha)$

17. Procesos con máquinas y mano de obra.

17.1 Selección de máquinas.

Para elegir las máquinas necesarias, se requiere de un análisis preliminar que distinga qué debe elaborarse en la fábrica y qué debe comprarse a otras empresas.

Factores:

- a) **Conocimiento tecnológico suficiente.** Cuando la empresa no disponga de la suficiente pericia en la fabricación de un componente, es necesario recurrir a empresas de reconocida experiencia en su fabricación.
- b) **Costes de fabricación.** Los costes unitarios son más elevados cuando se fabrican pocas unidades que cuando se elaboran grandes cantidades del mismo producto. $\text{Costes totales} = \text{Costes Fijos} + \text{Costes variables}$.

17.1.1 Fuentes de información.

Una vez que se ha decidido qué piezas deben fabricarse en la planta de producción, se selecciona el tipo de maquinaria: dependerá de su eficiencia y el coste de fabricación de cada pieza.

17.1.2 Disposición en planta de los medios de producción.

En la elección de la maquinaria influye tanto en el volumen de producción necesario como el ritmo de producción. Ante un volumen de producción muy elevado y de un solo producto, se utiliza maquinaria muy especializada y de gran productividad que se dispone en línea en el taller. En fabricaciones de productos muy variados y con demandas reducidas, se emplea maquinaria de tipo universal que se ubica de forma funcional en el taller.

17.1.3 Consideraciones de coste:

La selección de uno u otro tipo de maquinaria requiere al menos un análisis simplificado de sus costes asociados. Los costes que suelen tomarse en cuenta son:

- a) **Costes fijos o de inversión.** Son independientes de la producción y corresponde con los costes de adquisición de la maquinaria y equipos complementarios, instalaciones auxiliares, etc.
- b) **Costes variables u operación.** Costes directamente relacionados con el volumen de producción: energía consumida, mantenimiento, etc.

Costes fijos equivalentes al final de la vida de la máquina:

- a) **Interés de la inversión.** Es un coste que compensa la inmovilización del capital por la inversión en maquinaria.
- b) **Amortización.** Es un coste que trata de compensar el desgaste y la obsolescencia de un bien con el paso del tiempo.

17.2 Capacidad de producción de una máquina.

En el funcionamiento normal de una máquina, influyen diferentes circunstancias que disminuyen su capacidad teórica de producción. Cabe señalar:

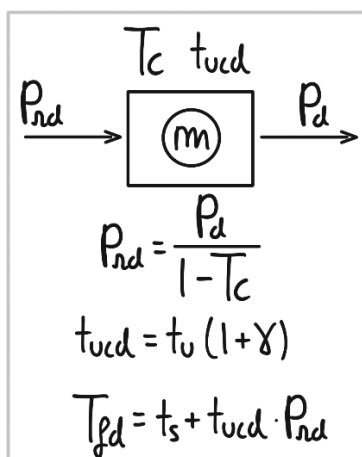
- a) Inherentes a la máquina, como mantenimiento preventivo, afilado, separaciones, etc.
- b) Relativos al operario, ausencia, suplementos por descanso, necesidades personales, preparación y ajuste de maquinaria, etc.
- c) Relativos a la interferencia que la parada de una máquina origina en otras máquinas que atiende un mismo operario.
- d) Los requisitos de calidad en algunos procesos originan cierta pérdida de producción por unidades fabricadas no conformes.

Las pérdidas de producción originadas por los tres primeros puntos se incluyen en coeficientes de corrección que suponen un incremento del tiempo concebido para la obtención del producto. La pérdida de producción motivada por una baja calidad del producto se tiene en cuenta mediante un coeficiente de contracción de la producción.

17.2.1 Capacidad requerida de una máquina.

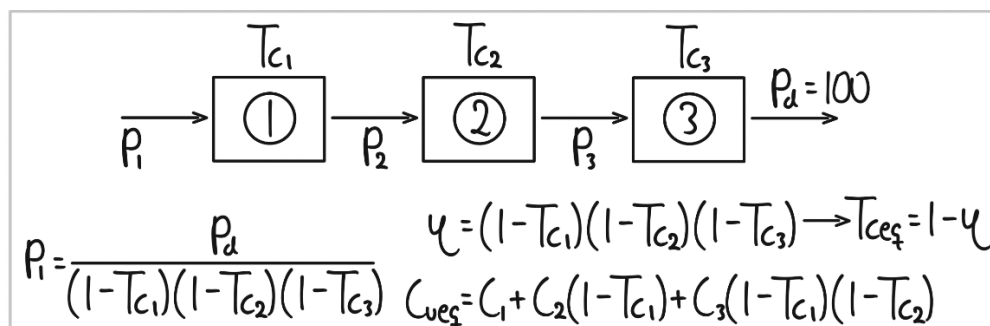
La capacidad de producción necesaria depende de las actividades asignadas a la máquina y del ritmo de producción requerido para cada producto que se elabore. Está caracterizada por:

- Tiempo serie o de preparación de la máquina por día.
- Tiempo unitario.
- Coeficientes de corrección los por periodos improductivos.
- Tiempo unitario concedido.
- Producción real diaria.
- Tiempo de fabricación diario.
- Unidades defectuosas por mal producción: tolerancia de contracción.
- Producción diaria sin defectos.

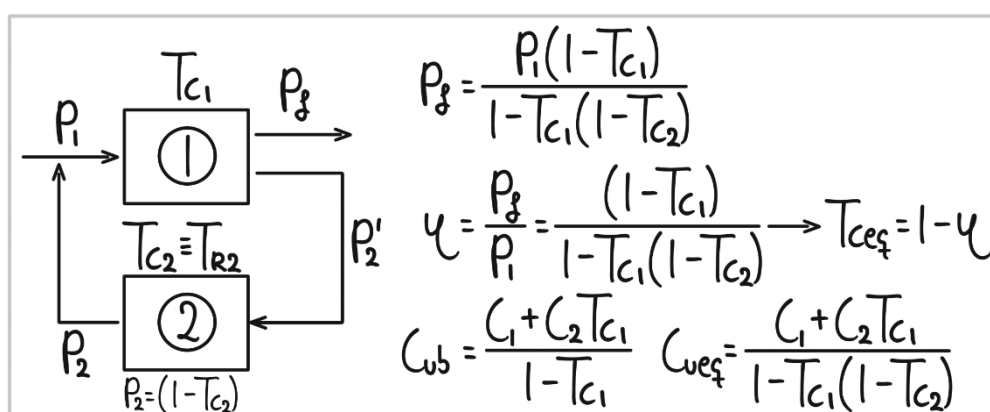


17.3 Líneas de producción con varias máquinas.

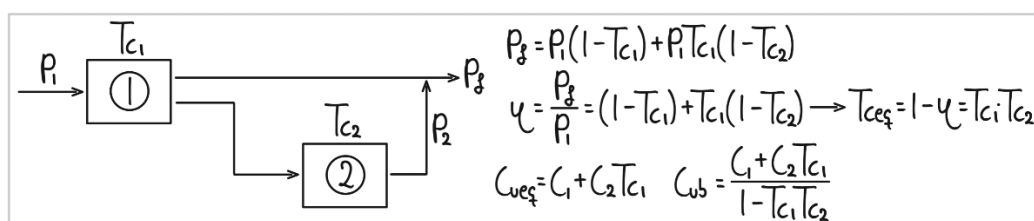
17.3.1 Serie.



17.3.2 Reciclado de piezas rechazadas por realimentación.



17.3.3 Reciclado de piezas rechazadas por proceso adicional.



17.4 Selección de la mano de obra.

Mano de **obra directa**: operarios que intervienen directamente en la producción.

Mano de **obra indirecta**: personal que proporciona servicios de apoyo al personal o la producción.

17.4.1 Evolución de trabajo.

Cada puesto de trabajo debe evaluarse en términos de :

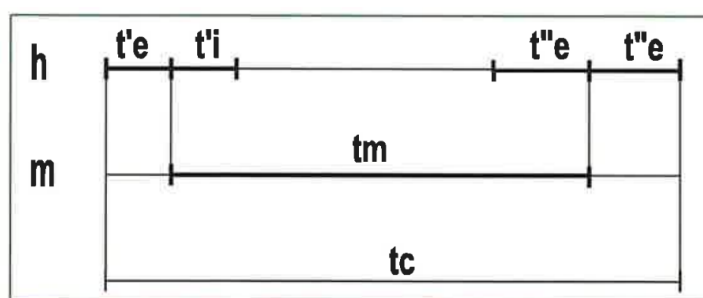
Nivel de habilidad	Esfuerzo	Responsabilidad
Seguridad		Condiciones de trabajo

Para ello, se compara cada atributo de la ocupación con el estándar correspondiente que existe dentro de la compañía, estableciendo un valor en puntos de cada atributo que cuantifique la desviación respecto al estándar.

17.5 Sistemas de fabricación con máquinas y trabajadores.

Los sistemas de producción con máquinas y operarios (tradicionalmente denominados sistemas hombre-máquina) se analizan mediante diagramas lineales del ciclo de trabajo y diagramas hombre-máquina. En ellos, aparecen globalizados los tiempos de operación de las máquinas, la cantidad de producción y muestran el grado de simultaneidad de actividad entre máquinas y operarios. Estos diagramas permiten comprender la eficiencia y productividad del proceso, y sus elementos clave son:

- Ciclo de trabajo: se repite regularmente a lo largo de la jornada laboral.
- Tiempo de ciclo: duración del ciclo normal de trabajo.
- Producción ciclo: número de elementos elaborados en 1 ciclo.
- Tiempo máquina: período productivo de la máquina en el ciclo.
- Tiempo de operario: tiempo de atención del operario a la máquina.
 - Tiempo exterior (con la máquina parada).
 - Tiempo interior (con la máquina funcionando).
- Diagrama lineal: representación del ciclo de trabajo.



Cálculos relevantes para el ciclo de trabajo hombre-máquina		
Saturaciones	Saturación máquina	$S_m = \frac{tm}{tc} \cdot 100$
	Saturación exterior	$S_e = \frac{te}{tc} \cdot 100$
	Saturación interior	$S_i = \frac{ti}{tc} \cdot 100$
	Saturación del operario (total)	$S_o = S_e + S_i = \frac{te + ti}{tc} \cdot 100$
Producciones	Producción ciclo/hora	$pc/h = \frac{pc}{tc(h)}$
	Producción máquina/hora	$pm/h = \frac{pc}{tm(h)}$
	Rendimiento	$\eta = \frac{pc/h}{pm/h} \cdot 100$
	Tiempo de fabricación	$T_f = t_u \cdot P$
	Tiempo unitario	$t_u = \frac{tc}{pc}$

18. Coste de fabricación y presupuesto industrial.

18.1 Elementos del coste de fabricación.

Desde el punto de vista de la ingeniería industrial, los costes relativos al proceso productivo se denominan “costes de fabricación” e incluyen dos apartados:

- a) **Costes directos:** relacionados directamente con la elaboración de los productos.
 - Mano de obra directa. Personal que interviene en la elaboración del producto.
 - Materiales. Incluye los materiales que integran el producto elaborado.
 - Equipos y maquinaria. Hace referencia a los costes asociados al equipamiento utilizado en la fabricación del producto.
- b) **Costes indirectos:** permiten el normal funcionamiento de la mano de obra directa y el equipamiento correspondiente. Supervisores, ingenieros de planta, maquinaria de limpieza, etc.

18.2 Determinación de los costes directos.

Para determinar los costes directos de fabricación, la empresa se divide en secciones que representan responsabilidades funcionales sobre las que se pueda ejercer un auténtico control de costes. Por ejemplo, una posible división es:

- a) Fabricación, dividido a su vez, en Departamentos de producción, responsables de la fabricación de los productos y, por tanto, origen de los costes directos.
- b) Administración.
- c) Venta y distribución.
- d) Investigación y desarrollo.

Para facilitar el control de los costes, el técnico de costes divide la empresa en denominados Centros de coste.

Centros de coste: departamento respecto del cual se acumulan costes y además es posible ejercer un control efectivo de dichos costes. El cálculo de los costes directos se realizará del siguiente modo:

- a) Costes de Mano de Obra Directa. Corresponde con los costes del personal que trabajo directamente en la fabricación del producto o grupo de productos. Se toma en cuenta toda la mano de obra asignada al centro de coste y se efectúa un análisis detallado de las actividades de fabricación. Este análisis incluye una evaluación del tiempo requerido en el proceso de fabricación. Cuando se tiene una asignación detallada de las responsabilidades y tiempo asignado a cada una de las personas, el coste de la mano de obra directa se calcula del siguiente modo:

$$MOD = \sum_{i=1}^n t_{cdi} \cdot J_i$$

Donde:

- MOD: Coste de Mano de Obra Directa para el proceso (euros).
- t_{cdi} : tiempo concedido para la actividad i (en horas).
- J_i : jornal del operario que realiza la actividad i (en euros/h).

Sin embargo, resulta más práctico obtener el coste/hora representativo de cada centro de coste. Para ello, se suma la remuneración anual total de todos los operarios y personal asignados al centro de coste y se divide por el número de horas efectivas trabajadas al año. Es decir:

$$J \left(\frac{\text{€}}{h} \right) = \frac{\sum_{i=1}^m Ra_i}{m \cdot \frac{h}{\text{año}} \cdot e}$$

De esta forma el cálculo de la mano de obra directa queda de la siguiente forma:

$$MOD = \sum_{j=1}^n t_{cdj} \cdot J_j$$

Donde:

- MOD: Coste de Mano de Obra Directa para el proceso (euros).
- t_{cdj} : tiempo concedido para todas las actividades que se desarrollan en el centro de coste j (en horas).
- J_j : jornal representativo del Centro de Costo j (en euros/h).

- b) Costes de Material. Si el coste de un componente determinado puede ser imputado directamente a un producto, entonces ese coste forma parte del coste directo de material.

Antes de proceder a determinar la cantidad de materiales necesarios, se requiere un trabajo previo de estandarización de los materiales en cuanto a calidad, cantidades y costes unitarios. El objetivo es lograr la máxima economía en su utilización sin menoscabo de la satisfacción del cliente.

Dependiendo del tipo de material, la cantidad representativa puede ser el peso, el volumen, la longitud, número de unidades, etc.

- c) Costes de equipos y maquinaria. Los costes de los puestos de trabajo que se utilizan para la elaboración del producto pueden asignarse como costes directos de fabricación si se dispone de un control efectivo de su repercusión económica en el producto considerado.

Cuando no es posible dicho control, dichos costes se asignan a costes indirectos. Un adecuado control de costes parece aconsejar la realización de un análisis detallado de la máquina que permita determinar sus principales factores de coste y su repercusión. Los costes asociados a una máquina se clasifican en fijos, independientes del volumen de producción

(como amortización, intereses) y variables, estos cambian de acuerdo con la cantidad de productos elaborar (energía consumida, mantenimiento, etc.). Aunque cada máquina es diferente, se pueden establecer como principales factores de coste los siguientes:

- Amortización. Es un coste fijo que trata de compensar el desgaste y obsolescencia de una máquina con el paso del tiempo. Corresponde con la cantidad económica que hay que reservar al final de cada año, para que, al término de la vida útil de la máquina, adquirir otra máquina de las mismas características. Se calcula del siguiente modo:

$$C_A = \frac{I - I_R}{p}$$

Donde:

- C_A : coste de amortización anual (euros/año).
- I : inversión efectuada en la máquina.
- p : periodo de amortización (años).
- I_R : valor residual al final de su vida útil (euros).

Con un crédito o préstamo bancario (u otro método de financiación) se deben incluir los intereses anuales abonados a la entidad financiera. Coste que por amortización corresponde a la elaboración de un producto concreto:

$$C_A/h = \frac{C_A}{h/año}$$

- Interés de la inversión. Coste fijo que compensa la inmovilización del capital por la inversión en maquinaria. Se calcula teniendo en cuenta el interés que se habría percibido al invertir el capital en una entidad financiera en vez de adquirir la máquina o equipo.

$$C_i = \frac{I + I_r}{2} \cdot i$$

Coste que por interés corresponde a la elaboración de un producto concreto:

$$C_i/h = \frac{C_i}{h/año}$$

- Energía. Coste variable que tiene en cuenta el coste de la energía consumida por la máquina en la elaboración del producto. Como en la facturación de la energía eléctrica se consideran dos factores, potencia contratada y energía consumida, el coste efectivo del kWh se calcula:

$$C \cdot \frac{m}{kWH} = \frac{F_{ae}}{E_{ca}}$$

- Mantenimiento. Coste variable que agrupa reparaciones, sustitución de piezas, revisiones periódicas, etc. Las actividades de mantenimiento periódico o programado suelen efectuarse a corto, medio y largo plazo.

Si para el proceso de fabricación de un producto el tiempo de fabricación del pedido es T_f (h) y el tiempo de funcionamiento efectivo de la máquina es T_{fe} (h), el costo directo será:

$$C_{DM} = C_{fijo} + C_{variables} = (C_{A/h} + C_{j/h})T_f + (C_{e/h} + C_{m/h})T_{fe}$$

Si $T_f \approx T_{fe}$, la ecuación anterior puede simplificarse: $CDM = f \cdot T_f$

Si cada centro de coste está integrado por varias máquinas, el coste directo de máquina sería:

$$C_{DM} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f_{ij} \cdot T_{fij}$$

18.3 Determinación de los costes indirectos.

Los costes indirectos incluyen los costes de todos los elementos necesarios para la fabricación del producto pero que no admiten una asignación económica directa en el coste del producto. Se pueden dividir en varias categorías según su origen:

- a) En los centros de producción. Responsables de la fabricación de los productos y del origen de los costos directos. Pueden dar lugar a costes indirectos motivados por:
 - Materiales indirectos. Materiales de apoyo de fabricación, cuya cantidad en el producto no puede medirse fácilmente y que se usan en cantidades poco significativas económicamente.
 - Mano de obra indirecta. Los encargados, supervisores... Que integran dptos. de fabricación son necesarios para la elaboración de productos, pero no realizan actividades directas sobre él.
 - Costes indirectos de máquinas y equipos. Cuando no sea posible determinar los costes de uno o varios factores de coste.
- b) De los dptos. de servicios. Los dptos. que sirven o atienden a los de producción incurren en una amplia serie de costes difíciles de asignar a un producto concreto. El método más usado es la asignación de los costes indirectos de forma proporcional a los costes directos. Primero se calcula el ratio de aplicación:

$$\% ci = \left(\frac{\text{Costes indirectos del periodo anterior (€)}}{\text{Costes directos del periodo anterior (€)}} \right) \times 100$$

Los costes indirectos se obtendrían:

$$Ci_u = \%ci \cdot Cd_u$$

En el sistema de costes basados en actividades se asocian los costes indirectos a las actividades específicas que los ocasionan. 4 conceptos básicos:

1. Contabilidad de la actividad. Se descompone la organización en una estructura de actividades que debe proporcionar un análisis razonado de causa y efecto que muestren cómo la consecución de sus objetivos lleva asociados unos costes y tiene como resultado productos.

2. Conductores del costo. Suceso (elemento de referencia) que afecta directamente al costo asociado al funcionamiento de una actividad (o actividades asociadas).
3. Identificación directa. Se deben atribuir costes a productos o procesos que consumen recursos.
4. Costes agregados sin ningún valor. En los procesos de producción los clientes pueden percibir que ciertas actividades no agregan valor al producto.

18.4 Costes generales de fábrica.

Son los costes no incluidos en los costes de fabricación de un producto y necesarios para el normal funcionamiento de la fábrica o taller. Pueden clasificarse, según su origen:

- a) **Departamentos de utilidad general.** Los que desarrollan una labor genérica (Administración y Dirección, Investigación y Desarrollo, Distribución y Venta, Postventa, Publicidad...). Por cada dpto. se elige un "conductor de coste", un elemento de referencia que afecta directamente al coste asociado al dpto. y con relación con la fabricación de productos. Dividiendo los costes del dpto. entre las unidades producidas se obtiene el ratio coste (€)/unidad producida. Aplicándolo a un proceso de fabricación se obtiene su coste.
- b) **Edificio, terrenos e infraestructuras de uso general.** Incluyen la amortización, interés de la inversión, seguros del edificio, impuestos de bienes inmuebles, seguros, seguridad y control, mantenimiento del edificio, etc.
- c) **Instalaciones de uso general.** En el edificio suelen existir instalaciones de ingeniería de uso general (iluminación, calefacción y aire acondicionado, etc.). Además, deben tenerse en cuenta los costes de máquinas y equipos no incluidos en los de fabricación. El procedimiento para repercutir económicamente sobre un producto determinado este coste es análogo a los casos anteriores.
- d) **Costes varios.** Los no tenidos en cuenta en los apartados anteriores. Pueden hacer referencia a conceptos muy diversos (viajes y dietas, formación, etc.). Su repercusión sobre el coste unitario de un producto concreto es análoga a los casos anteriores.

18.5 Presupuesto industrial.

Establece el precio de venta unitario de un producto que proporcione el beneficio industrial deseado en la empresa. Para ello, se determinan todos los costos asociados a la fabricación de un producto: directos (mano de obra, materiales y puestos de trabajo), indirectos (materiales, mano de obra, instalaciones...) y generales.

$$C_F = CD + CI + CG$$

19. Planificación y programación en fabricación por lotes.

19.1 Fases de la planificación en fabricación por lotes.

Objetivo de la planificación del trabajo: asignar recursos y establecer actividades y tiempos concedidos para la fabricación y montaje en cada puesto de trabajo.

Las actividades que se desarrollan para fabricar cada pieza se denominan fases de trabajo. Cada fase de trabajo se desarrolla en un puesto de trabajo y se suele detallar estableciendo subfases o tareas concretas, que el operario debe realizar en el orden y método establecido. Los tiempos asignados son tiempos concedidos y se obtienen mediante las técnicas y sistemas habituales de medición del trabajo.

Procedimiento para la fabricación y programación de la producción en procesos de fabricación por lotes o bajo pedido:

1. Asignación del número de orden de trabajo.
2. Descomposición analítica del conjunto para encontrar las relaciones de montaje.
3. Análisis del proceso de fabricación y montaje. Optimizar tiempos.
4. Evaluación del coste de fabricación de la serie o pedido.
5. Programación del proceso de fabricación y montaje.
6. Lanzamiento de la orden de fabricación.
7. Control y supervisión de la fabricación.

19.2 Formatos para la planificación y establecimiento de costes.

La información sobre planificación y costes directos de fabricación se recoge en formatos o impresos. Estos impresos están divididos en tres zonas:

- a) Encabezamiento. Tiene carácter identificativo y sirve para especificar el nombre del impreso, ración social, número de documento, etc. Adicionalmente, se incluyen los datos sobre el producto, el pedido y el código de identificación del operario y/o puesto de trabajo.
- b) Parte central. Normalmente se compone de una tabla que incluye de manera ordenada y sistemática toda la información de interés para definir la finalidad del impreso.
- c) Pie del formato. Esta parte está destinada al seguimiento y control documental característico en sistemas de gestión de calidad total.

Los formatos habitualmente empleados en la planificación de la producción de un pedido en una fabricación por lotes son los siguientes:

- a) Hoja de descomposición analítica del conjunto. A partir de los planos de conjunto se elabora el diagrama analítico de montaje, que sirve de referencia para rellenar la hoja de descomposición analítica del conjunto.

- b) Hoja de ruta. Este impreso se utiliza para especificar las actividades necesarias para fabricar las piezas que deben elaborarse en el taller. Cada pieza se indica en una Hoja de Ruta. La parte central de este impreso está dividida horizontalmente en dos zonas:
- Fases de trabajo. Incluye columnas para indicar el número de fase de fabricación, la descripción de la fase, el centro de costo donde se realizará la fabricación, los códigos de las máquinas y útiles que se utilizarán, el tiempo serie y el tiempo de fabricación de la fase.
 - Materiales. Esta zona se utiliza para identificar y cuantificar los materiales necesarios para la fabricación de la pieza. Para ello, incluye columnas con la denominación del material en bruto, unidades de medida para el material, cantidad necesaria, etc.
- c) Hoja de instrucciones. Cuando una fase de fabricación es muy compleja o novedosa en el taller, la información indicada en la Hoja de Ruta no es suficiente. Estos datos complementarios se anotan en el impreso Hoja de instrucciones. La parte central de este impreso está dividida en dos zonas:
- Características de la fase de trabajo. Se detallan las subfases de la actividad y las características técnicas relevantes del proceso.
 - Croquis de la pieza. La inclusión de un dibujo o croquis de la pieza facilita la correcta interpretación y realización de la fase de fabricación.
- d) Hoja de mediciones. Este impreso resume las necesidades y costes de los materiales necesarios para fabricar el pedido. Se indican de manera consecutivas todas las piezas necesarias según el número de marca.
- e) Hoja de costo de fabricación. Este impreso resume los costos directos de fabricación por fases de fabricación y piezas sueltas. Así, para cada fase, se indica el número de marca, el número de plano de la pieza, número de piezas necesarias, número de Hoja de Ruta y, en su caso, Hojas de Instrucciones, el tiempo necesario para el pedido, el jornal del operario, el costo de funcionamiento del puesto y el costo para el pedido por mano de obra directa, material y puesto de trabajo.

19.3 Programación de la producción.

Una vez aceptado el pedido, se planifica su fabricación en el taller programando adecuadamente las cargas de trabajo de los puestos.

Existen diversos métodos de programación, pero nosotros nos centramos en el uso del diagrama de Gantt. Es habitual que el diagrama de Gantt se muestre sobre paneles en la oficina técnica y en el taller. Su composición es:

- En la parte superior del panel se sitúa la escala de tiempos mediante pequeñas divisiones donde se indican las fechas de calendario de los días laborables.

- A la izquierda del panel, de arriba abajo, aparecen las fases de fabricación y montaje y los puestos de trabajo de la instalación ordenados por su enumeración.

Por lo común, las divisiones de tiempo se expresan en días. A cada puesto se le asigna la carga de trabajo correspondiente según las órdenes programadas y se fijan las fechas de inicio y final en el calendario. Esta planificación permite que la Oficina Técnica reparta las cargas de manera equilibrada, con el máximo rendimiento de la instalación a la vez que evita, en lo posible, períodos de inactividad de puestos o máquinas.

19.4 Cálculos para elaborar el diagrama de barras.

La programación del taller se realiza por marca y fase de fabricación. Así, conociendo su tiempo concedido y las disponibilidades de fechas y puestos de trabajo, el problema se plantea bajo 2 supuestos:

- Conocidas las fechas límites de programación, calcular el número de puestos iguales.
- Fijado el número de puestos iguales, determinar el periodo de programación.

Consideraciones:

- Se utilizará más de un puesto de trabajo por fase cuando la magnitud del tiempo concedido y la amplitud del periodo de programación previsto lo requieran.
- Tiempos serie de cada fase y/o puestos son despreciables frente al tiempo de fabricación de pedido (es decir, se consideran nulos).

19.5 Número de puestos iguales.

Si se conocen las fechas límites de programación para la elaboración de una fase el problema se reduce al cálculo del número de puestos iguales:

Horas laborables del periodo previsto por máquina: $h/pp = d_n \cdot h/jl$.

Número de puestos iguales: $n = T_f / h/pp$ (redondeado al entero superior).

Se suele preferir saturar al 100% de carga de trabajo al mayor número de puestos. Para ello se realiza lo siguiente:

- Programar (n-1) puestos durante todo el periodo previsto.
- Para el último puesto se calcula su periodo de programación:

$$h_n = T_f - [(n-1) \cdot (h/pp)]$$

$$d_n = h_n / (h/jl) \text{ (redondeado al entero superior)}$$

19.6 Cálculo del periodo de programación

Si el número de puestos de trabajo disponibles no puede modificarse, hay que calcular los días laborales necesarios para obtener la producción prevista en el periodo establecido.

- Número de días necesarios: cociente de dividir el tiempo de fabricación entre las horas absorbidas por los n puestos en una jornada laboral:

$$dn = T_f / [n \cdot (h/jl)]$$

- Si no da entero, dn se redondea al entero superior y se asigna a todos los puestos el mismo periodo dn.