

“**Detalle:** 1. Relación, cuenta o lista circunstanciada. 2. Pormenor, parte o fragmento de algo.”

— Real Academia Española

12

Ingeniería de detalle

Contenidos

12.1 Introducción	2
12.1.1 Objetivos	2
12.2 Aprobación de la ingeniería básica	2
12.3 Definición de ingeniería de detalle	2
12.3.1 Legislación	4
12.4 Diseño mecánico	6
12.5 Organización de la ingeniería de detalle	7
12.5.1 Actividades de la ingeniería de detalle	7
12.5.2 Actividad de arquitectura y construcción	8
12.5.3 Actividad de cimentación	9
12.5.4 Actividad de instalaciones mecánicas	10
12.5.5 Actividad de instalaciones eléctricas	12
12.5.6 Actividad de tuberías	14
12.5.7 Actividad de instrumentación, automatización y control	17
12.6 El catálogo mecánico	19
12.7 Conclusiones	19
12.7.1 Puntos tratados	19
12.7.2 Preguntas abiertas	19
Bibliografía	21

12.1 Introducción

12.1.1 Objetivos

Tras esta lección, el alumno conocerá:

- El significado de la ingeniería de detalle.
- La figura del Ingeniero/a de proyecto.
- Las actividades principales a ser desarrolladas en esta etapa.
- El sentido del catálogo mecánico.

12.2 Aprobación de la ingeniería básica

La importancia de los distintos componentes de la ingeniería básica hace imprescindible un estudio profundo de todos sus aspectos. Es necesaria su discusión y *su establecimiento como básicos y «casi» inamovibles en el futuro.*

Dada la importancia de este aspecto para la Empresa de Ingeniería y la Propiedad, es necesaria una *aprobación por parte de todos los interesados de la mayoría de los documentos que integran la ingeniería básica.*

La finalización de la ingeniería básica en sus distintos aspectos, supone un punto de inflexión en la realización del proyecto semejante al que se discutió al finalizar los estudios previos.

Es la última ocasión de modificar, de forma económica y racional, cualquier característica del proyecto; y de llegar, incluso, a su suspensión si es necesaria.

Por todo ello, una vez estudiada, discutida y aprobada, debe reflejarse en un soporte documental adecuado que permita iniciar las etapas siguientes con las responsabilidades claramente asumidas de cada una de las partes.

12.3 Definición de ingeniería de detalle

Al llegar a este punto y siguiendo el desarrollo normal del proyecto, se tiene ya una organización en marcha y *una ingeniería básica, debidamente aprobada* y disponible para continuar el trabajo.

Es en este momento cuando se pasa a la ingeniería de desarrollo. Ésta tiene como etapas importantes las siguientes[2]:

- Ingeniería de detalle.
- La gestión de compras.
- Construcción y montaje.
- Puesta en servicio.

Aunque en la figura 12.1 se disponen las etapas en forma lineal, evidentemente, las etapas de «compras» y de «construcción y montaje» se superponen con la ingeniería de detalle, ya que la principal característica de la moderna Teoría General del Proyecto es solapar actividades para así disminuir los plazos totales de realización (*ver ingeniería concurrente en la lección anterior*).

Durante la ingeniería básica se ha realizado un plan de seguridad y que implicó, al menos:

1. Redactar y anunciar la política en relación con el control de los riesgos, en orden a los cuales, la organización tiene una responsabilidad. Designar la autoridad a la que han de rendirse los informes.

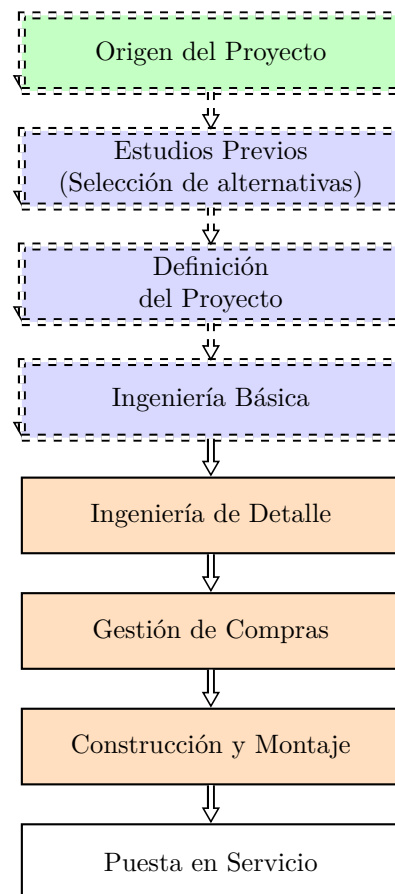


Figura 12.1: Esquema general de fases del proyecto

2. Designar un Ingeniero de Seguridad, que tenga la responsabilidad de reunir datos acerca de las lesiones a medida que ocurren, publicando una información persuasiva que, cuando sea entregada a los responsables de la línea de producción, les permita establecer las prioridades necesarias para corregir adecuadamente los riesgos.
3. Analizar los informes operativos relacionados con las lesiones, los daños a la propiedad y las enfermedades en el trabajo.
4. Evaluar la amplitud e importancia de los riesgos operativos. La evaluación debe determinar la calidad de las salvaguardias físicas existentes, la naturaleza y severidad de los riesgos operativos inherentes, las correcciones y los cálculos de tiempo y de presupuesto para llevar a cabo las correcciones.
5. Seleccionar, organizar y planear métodos de comunicación para los programas de entrenamiento en seguridad para los empleados y para informar a la gerencia de los progresos y necesidades del programa de seguridad de la organización.
6. Establecer revisiones periódicas del programa y sus medios de aplicación.
7. Determinar los objetivos de largo alcance y las metas a corto plazo del programa. Estos aspectos son metas a lo largo del camino del programa que proveen puntos de comparación, mediante los cuales puede ser medido el progreso de dicho programa.

No obstante, sería un error por parte del ingeniero proyectista, pensar que hacer segura una máquina corresponde al ingeniero de seguridad y que su misión consiste, solamente, en diseñar la máquina o el proceso que funcione. La tarea de diseñar máquinas y procesos seguros debe ser realizada por los ingenieros y fabricantes del equipo, dentro de su propia ingeniería de detalle.

Las condiciones físicas poco seguras son aquellos factores que se presentan debidos a defectos en la situación, errores en el diseño, planificación defectuosa u omisión de los requerimientos esenciales de seguridad para mantener un ambiente físico relativamente libre de riesgos [3]. Las condiciones físicas poco seguras se pueden agrupar en siete categorías:

- Protección mecánica inadecuada.
- Situación defectuosa del equipo.
- Construcción o diseño poco seguro.
- Proceso, operación o disposición inseguros.
- Iluminación inadecuada o incorrecta.
- Ventilación inadecuada o incorrecta.
- Accesorios poco seguros.

Será responsabilidad de la ingeniería de detalle definir los detalles que permitan eliminar el potencial riesgo derivado de esas condiciones de potencial riesgo.

La ingeniería de detalle toma la información procedente de la etapa anterior, de la ingeniería básica, y la desarrolla hasta el grado de detalle establecido en el contrato, suficiente para acometer la construcción del proyecto en la forma que se haya previsto.

Como se ha comentado anteriormente, es importante pero infrecuente, el disponer de todos los datos e información relativos al proceso y a la ingeniería básica en este momento. El no contar con esta información completa, o los cambios posteriores de la misma bien por parte de la Propiedad o por el suministrador del proceso, ocasionan retrasos y encarecen esta etapa de la ingeniería de detalle.

Al concluir la ingeniería de detalle se dispondrá de toda la documentación necesaria para la compra de todos los equipos y materiales necesarios para el proyecto, así como para la construcción y montaje de las instalaciones objeto del mismo.

12.3.1 Legislación

En general, las medidas de control requieren de reglamentos estrictos para evitar que nadie que no sea personal autorizado maneje compuestos peligrosos o los saque de los lugares en donde se almacenan o utilizan, que los sistemas y componentes se vuelvan inseguros, etc. En España, el Ministerio de Industria elabora la Legislación Industrial que reúne las disposiciones generales que afectan a toda industria.

La Ley 16/2002 de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (conocida como Ley IPPC) es la ley de transposición de la Directiva 1996/61/CE, del mismo nombre. Aunque se han producido modificaciones a lo largo de los años (actualmente están en vigor el Real Decreto Legislativo 1/2016 y la Directiva 2010/75/UE), a partir de aquel momento se definen importantes actuaciones, como son la necesidad de obtención de la Autorización Ambiental Integrada (AAI), para poder iniciar y realizar la actividad, el concepto de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) como medida de protección del medio ambiente y la Transparencia informativa.

Estos nuevos conceptos tienen importantes repercusiones tanto para las autoridades competentes como para los sectores industriales. La nueva Directiva de Emisiones Industriales 2010/75/UE, de 24 de noviembre, (DEI) incide en los conceptos anteriores reforzándolos y haciendo prácticamente obligatorio el uso de las

Mejores Técnicas Disponibles, al menos los Valores de Emisión asociados a la utilización de las mejores técnicas disponibles.

Los aspectos más relevantes son:

- Introduce el concepto de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) como referencia para establecer los Valores límites de Emisión (VLE).
- Establece la Autorización Ambiental Integrada (AAI), que integra y coordina procedimientos y autorizaciones existentes, para lo que es imprescindible la plena coordinación administrativa de los organismos implicados en su concesión.
- Fomenta el dialogo y el intercambio de información entre las administraciones y sectores industriales.
- Promueve el principio de transparencia informativa, a través de actuaciones como el registro PRTR-España y otros mecanismos de información.

Para las industrias supone:

- La exigencia de estar al corriente de las conclusiones sobre MTD definidas o consideradas para su sector.
- La simplificación de los trámites administrativos.
- Mediante el registro PRTR-España¹ –*Pollutant Release and Transfer Register*–, junto a otros mecanismos, transparencia informativa de los complejos industriales hacia el público y otras partes interesadas.

La Legislación Industrial incluye también la Ordenanza General de Seguridad e higiene en el Trabajo, (O.G.S.H.T.)[5], la Ley de prevención de riesgos laborales[7], así como los Reales Decretos que desarrollan esta última –entre otros, el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo[6]–, en los que se recogen las condiciones generales de los centros de trabajo (edificios, locales, instalaciones, servicios permanentes de higiene, instalaciones de urgencia) y de los mecanismos y medidas de protección, a fin de prevenir accidentes y enfermedades profesionales y de lograr las mejores condiciones de higiene y bienestar en los puestos de trabajo.

Las tendencias más recientes en el diseño de edificios industriales y comerciales se dirigen hacia la descentralización de los medios operativos industriales. Ello se traduce en la construcción de plantas ampliamente distribuidas en las que se llevan a cabo operaciones parciales de fabricación.

La ventaja más importante de este sistema de distribución es la posibilidad de continuar parcialmente la producción cuando ocurre un incendio, explosión u otra catástrofe importante.

No obstante, la decisión final del sistema de descentralización vendrá condicionada, además, por otros factores como son la circulación del material, la economía, etc.

Otros aspectos de la edificación que deben ser controlados son: la altura de los pisos, las puertas, los pasillos, las escaleras, las ventanas, etc.

Entre otros ejemplos de aspectos en la edificación que recogen los reglamentos, citaremos los siguientes: en cada edificio deben existir dos puntos de salida, al menos; las puertas deben abrir hacia fuera, disponiendo de cerraduras de manera que la llave solamente pueda ser utilizada desde el exterior; las salidas deben ser fácilmente visibles y accesibles y no deben abrir directamente sobre una escalera.

En este sentido, la ordenanza de protección contra incendios es mucho más estricta que el reglamento de seguridad e higiene.

¹<http://www.prtr-es.es/>

12.4 Diseño mecánico

Algunos elementos estructurales producen, con su fallo, consecuencias locales pero, otros, por su contribución al conjunto estructural, pueden acarrear el colapso de toda la estructura o de buena parte de ella; estos elementos se denominan críticos y conducen a un siniestro importante, hay que contemplar el riesgo no sólo de cada elemento sino de todos a la vez.

Por ejemplo, en un conjunto de pilares tales que, fallando uno cualquiera colapse la estructura completa, la probabilidad de fallo del conjunto será mucho mayor que las individuales [8].

Por definición, en una estructura, un elemento quedará fuera de servicio cuando sus materiales alcancen un estado de agotamiento de tal forma que falle el conjunto de una sección. Esto puede producirse más o menos tarde; lógicamente, interesa que no suceda mientras la estructura está en uso; así pues, habrá que considerar como tiempo de recurrencia para el cálculo de probabilidades, el de la vida útil estimada en cada caso. Refiriéndose a edificios, el período que se adopta suele ser de 100 años.

Hasta mediados de siglo, al proyectar las secciones de los elementos estructurales se componía su geometría de forma que cada material trabajara con unos esfuerzos muy lejanos a los de su resistencia esperable en régimen elástico; así, en el acero de límite elástico 2400 kg/cm^2 se admitían esfuerzos del origen de 1200, a lo sumo 1600 kg/cm^2 y, en el hormigón, rara vez se admitían tensiones superiores a la tercera parte de las medias alcanzadas por sus probetas. Con ello se cubrían, a la vez, las incertidumbres de proyecto y las de no consecución de la calidad prevista para los materiales.

A partir de los años sesenta, se pretendió ser mas lógico y cubrir independientemente ambas incertidumbres. En la actualidad y con el código técnico (CTE)[1], que es un esfuerzo por unificar la normativa de diseño de edificaciones con el resto de la Unión Europea, la aproximación es más probabilista, con coeficientes de incertidumbre que se van combinando.

En la ingeniería de detalle, los aspectos fundamentales y más generales a tener en cuenta por el diseñador son: la simultaneidad de las cargas, la resistencia mecánica, la rigidez y la estabilidad de los sistemas mecánicos.

Este es el concepto de simultaneidad de las cargas, es decir, el diseñador debe analizar todas las posibles combinaciones entre las distintas cargas que pueden actuar en el sistema, para determinar las situaciones críticas y ajustar su diseño de forma que su respuesta siempre sea correcta sin que se produzca fallo.

El coeficiente de seguridad representa en cierta forma el margen de seguridad de la pieza. Esta forma de proceder, que se podría calificar de criterio clásico, resuelve el problema de la seguridad de una forma aproximada, pero sin valorar determinados aspectos como las condiciones de trabajo, la forma, el tamaño, etc., y otros muchos que en ocasiones requieren del estudio estadístico para tener un conocimiento cercano a la realidad del problema.

Actualmente, el coeficiente de seguridad n se descompone en una serie de coeficientes parciales tales que su producto es igual a n .

Este método es el empleado frecuentemente en el diseño de máquinas, en donde los distintos coeficientes de seguridad parciales corresponden a una posible desviación del valor teórico de cálculo de determinado factor, respecto del valor que realmente tiene. Así, se determinan coeficientes parciales que se refieren a la forma, el tamaño, los efectos térmicos, los efectos dinámicos, etc.

Se definen como Estados Límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada. Generalmente, los Estados Límite se clasifican en:

- Estados Límite Últimos
- Estados Límite de Servicio

El procedimiento de comprobación, para un cierto Estado Límite, consiste en deducir, por una parte, el efecto de las acciones aplicadas a la estructura o a parte de ella y, por otra, la respuesta de la estructura para la situación límite en estudio. El Estado Límite quedará garantizado si se verifica, con una fiabilidad aceptable, que la respuesta estructural no es inferior que el efecto de las acciones aplicadas.

En la ingeniería básica, se habrá identificado el tipo de ambiente que defina la agresividad a la que va a estar sometido cada elemento estructural. Para conseguir una durabilidad adecuada, se deberá establecer en el proyecto, y en función del tipo de ambiente.

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

12.5 Organización de la ingeniería de detalle

Los departamentos que pueden intervenir en el desarrollo de la ingeniería de detalle dependen en primer lugar de la naturaleza del proyecto, y después de la organización específica de cada Empresa de Ingeniería.

A estos efectos y a fin de disponer de la máxima elasticidad, se va a considerar que los departamentos fundamentales de una Empresa de Ingeniería son:

- Infraestructura.
- Arquitectura y Construcción.
- Estructuras y Cimentaciones.
- Mecánica.
- Tuberías.
- Electricidad.
- Instrumentación y Control.

Antes de iniciar la ingeniería de detalle, el Director del Proyecto asignará y negociará con cada departamento técnico el número de horas/hombre del que se va a disponer para ejecutar el trabajo y cuyo consumo marcará el progreso del mismo.

También es frecuente que en esta etapa se incorpore algún ingeniero o ingenieros residentes, representantes de la Propiedad, cuyas funciones concretas, actividades, localización, autoridad, etc., deberá ser transmitida a todos los elementos que intervengan en el proyecto.

El nivel y alcance que se pretende dar a la ingeniería de detalle, ha de definirse claramente y transmitirse también en este momento. Habitualmente ya estará definido en el contrato, pero ***es útil afinar en este punto esa definición para que todos los integrantes del equipo sepan que se espera de cada uno de ellos.***

12.5.1 Actividades de la ingeniería de detalle

Las actividades de la ingeniería de detalle, primera fase de la Ingeniería de Desarrollo, se realizan fundamentalmente a través de los departamentos técnicos, coordinados por los Ingenieros de Proyecto, cuyo número será función del tamaño del proyecto y del tipo de contrato.

En instalaciones de cierta responsabilidad es frecuente dedicar un Ingeniero de Proyecto a las unidades de proceso y otro a los servicios generales, que a su vez actúa como ayudante directo del Director de Proyecto, descargándole de determinadas funciones administrativas.

La coordinación técnica de los trabajos es la principal responsabilidad de los Ingenieros de Proyecto y se refleja en los planos de implantación, cuyo desarrollo progresivo, hasta su aprobación final, va de alguna forma marcando el progreso de la ingeniería de detalle.[2]

12.5.2 Actividad de arquitectura y construcción

Las actividades de este departamento dependerán mucho del tipo de proyecto [4]. El emplazamiento del proyecto en un complejo urbano, sus proximidades, o en un polígono industrial, dará más o menos importancia a los aspectos estéticos. Sin embargo, no hay por que hacer fábricas antiestéticas cuando por el mismo coste se pueden hacer no solo funcionales, sino también atractivas.

Para todos los edificios, sean de producción, servicios generales o sociales, se estudiarán y definirán los siguientes aspectos[2]:

- Distribución en planta.
- Cotas de cada planta. Alturas libres.
- Cerramientos.
- Forjados.
- Cubiertas; desagües de pluviales hasta cota cero.
- Pavimentos.
- Carpinterías exteriores.
- Carpinterías interiores.
- Aparatos sanitarios.
- Vidriería.
- Pintura y acabados.
- Varios.

El objetivo primordial del departamento de arquitectura y construcción en la ejecución de un proyecto industrial, es aislar adecuadamente determinados volúmenes del exterior, tanto para proteger el buen funcionamiento del proceso industrial, como para albergar determinados servicios generales, auxiliares o sociales.

Aunque el objetivo de un proyecto industrial es fundamentalmente de producción, y en consecuencia todo él debe estar subordinado al buen funcionamiento del proceso de fabricación, no es menos cierto que los edificios que han de albergar estos procesos no tienen por que ser antiestéticos.

La funcionalidad y la estética no están reñidos. Por el contrario, una buena arquitectura puede añadir valores estéticos y funcionales a una buena instalación industrial.

La ingeniería básica debe proporcionar bastante información para estos trabajos, aunque también será necesario utilizar:

- Normas y Reglamentos en vigor.
- Datos de otros departamentos.

Para los edificios de proceso tiene gran importancia la información del departamento de mecánica, en cuanto a tamaño de los equipos y su situación relativa, que condicionan la distribución de los edificios, su altura, superficie, número de plantas, etc.

El tipo de proyecto tendrá gran importancia en el volumen y categoría del trabajo de este departamento. La situación de la planta en un polígono industrial, en un emplazamiento singular o incluso en áreas urbanas, marcará también la importancia de la actividad de este departamento.

En la mayoría de las ocasiones los edificios de servicios sociales y algunos de servicios generales, pueden comenzarse desde el principio de esta etapa, no así los de proceso, subordinadas a disponer de los planos de implantación (lay-out) definitivos, que condicionan la ejecución de la arquitectura.

Dentro de los distintos componentes de un edificio es habitual que la estructura y cimentaciones las desarrolle el departamento de estructuras y cimentaciones; y las instalaciones generales mecánicas (fontanería, ventilación, calefacción y aire acondicionado, protección contra incendios, etc.) y eléctricas (fuerza y alumbrado) las hagan los departamentos de mecánica y electricidad respectivamente, aunque la coordinación completa de los edificios sea responsabilidad de este departamento de arquitectura y construcción.

Aspectos derivados del proceso, como ruidos, corrosión, calor, etc. tendrán que ser muy tenidos en cuenta en la selección de materiales.

Los trabajos del departamento de arquitectura y construcción se reflejan en la correspondiente serie de planos que incluyen toda la información correspondiente a los edificios, aunque haya sido desarrollada por otros departamentos.

Las especificaciones y pliegos de condiciones corresponden tanto a la calidad de los materiales como a la ejecución de la obra. Los criterios e hipótesis de cálculo aparecen en la memoria y cálculos correspondientes.

La medición de todas las unidades y su valoración proporcionan el correspondiente presupuesto, primero con precios de archivo y después con las ofertas de los constructores.

El manejo de los documentos de arquitectura y construcción es semejante a los de infraestructura en lo que se refiere a petición y análisis de ofertas y a la posterior contratación.

Es interesante resaltar que algunos edificios, especialmente en servicios sociales y generales, pueden construirse prácticamente con independencia de los edificios de proceso y pueden servir, dado que nunca están en el camino crítico, de muelle para absorber dificultades y paradas de los contratistas en los edificios de proceso, mucho más críticos pero a la vez con mayores dificultades para su total definición.

12.5.3 Actividad de cimentación

Es necesario el estudio y definición de los siguientes puntos[2]:

- Tipo, modulación y materiales para cada estructura.
- Cimentaciones de edificios.
- Cimentaciones de equipos de proceso.
- Muros de contención, tanto interiores como exteriores.
- Canales y cubetos.
- Pórticos y puentes de tuberías y cables. Sus cimentaciones.
- Apoyos, ménsulas, etc. para tuberías y cables.
- Pasarelas, barandillas, escaleras, etc.
- Chimeneas.

- Pintura y acabado.

El departamento de estructuras y cimentaciones tiene como primer objetivo el estudio de las cargas, fijas y móviles, y de las distintas hipótesis sobre su actuación para determinar la forma más adecuada de soportarlas.

El estudio de empujes horizontales debidos a tierras, agua, u otros materiales, con las correspondientes obras de construcción, entran también en el ámbito de este departamento.

La información de la ingeniería básica es, como siempre, importante y también es necesario el uso de:

- Normas, Códigos y Reglamentos.
- Datos de otros departamentos.

Las cargas, fijas y móviles, estáticas y dinámicas de los equipos de proceso, y también de puentes grúa, esfuerzos en tuberías, etc. son punto de partida para su trabajo.

La decisión entre utilizar hormigón o estructuras metálicas suele venir fijada por la ingeniería básica, aunque a veces y según el proyecto merece la pena reconsiderarse, en función de factores como plazos, precio, experiencia, capacidad, etc.

El cálculo previo para dimensionado suele hacerse en el primer momento, con datos muy pobres, que hay que ir comprobando a medida que llega la información necesaria de los equipos y otras cargas.

El dimensionado inicial, tanto para las estructuras como para las cimentaciones, no suelen modificarse. Sin embargo para finalizar la ingeniería de detalle de esta últimas hay que esperar a tener los planos definitivos de las bases de los equipos, ya que la correcta definición y situación de los pernos de anclaje no puede hacerse de otra manera.

Hay que destacar la importancia que para el replanteo de las cimentaciones de equipos tiene la exactitud del proyecto en este punto, ya que cualquier fallo en el acoplamiento equipo-cimentación representa cambios en la obra y también en todo el complejo proyecto de tuberías, que habrá que modificar también "in situ", especialmente si se utiliza el sistema de prefabricación en taller para las mismas.

El cálculo de puentes de tuberías, así como de ménsulas, apoyos, etc. está muy ligado con el departamento de tuberías, hasta el punto que en muchas organizaciones constituye una sección de este último, en vez de integrarse en el de estructuras y cimentaciones.

12.5.4 Actividad de instalaciones mecánicas

El departamento de mecánica suele tener una participación muy importante en cualquier proyecto industrial.

En relación con el equipo de proceso, será este departamento el que a partir de la ingeniería básica, calcule, diseñe y seleccione la mayor parte del mismo.

Las especificaciones completas de cada equipo serán emitidas por él y en ellas se apoyará el departamento de compras para sus adquisiciones.

El establecimiento de las especificaciones conlleva en muchos casos contactos y negociaciones con los fabricantes, a fin de contrastar experiencias y definir en cada caso los equipos más adecuados.

El posterior seguimiento de los equipos, especialmente el estudio y aprobación de los planos de vendedores, es otra tarea específica de este departamento.

En relación con el tipo de proyecto que desarrolle, la participación de este departamento será distinta. Frecuentemente encontramos las siguientes secciones[2]:

- Máquinas rotativas (bombas, compresores, etc.).
- Recipientes (torres, tanques, reactores, etc.).
- Intercambio de calor (hornos, cambiadores, etc.).
- Servicios auxiliares (agua, vapor, aire comprimido, frío, gases, combustibles, etc.).

- Instalaciones generales (aire acondicionado, calefacción, ventilación, fontanería, protección contra incendios, etc.).
- Movimiento y manipulación de sólidos (cintas transportadoras, tornillos, etc.).
- Manutención (montacargas, ascensores, transportes aéreos, grúas, carretillas, etc.).
- Equipos especiales.

En todo lo referente a la ingeniería de detalle, aunque se esté tratando con la mayor generalidad posible, aparece continuamente la influencia de los procesos específicos, en el posterior desarrollo de esta fase.

Esta influencia del proceso se manifiesta de forma evidente al hablar de los aspectos mecánicos y eléctricos, que habitualmente son manejados por los departamentos respectivos.

El tipo de proceso define fundamentalmente la maquinaria y el equipo a utilizar, y como consecuencia las instalaciones y equipos eléctricos necesarios.

La enorme profusión y diversidad de procesos ocasiona la necesidad de amplísimos departamentos de mecánica, si se pretende atender adecuadamente a cualquiera de ellos. Sin embargo, desde el punto de vista eléctrico, la problemática es mucho menor y dejando aparte los proyectos puramente eléctricos (líneas, redes y centrales), la participación del departamento de electricidad es fácil y siempre dentro de las mismas coordenadas.

Sería muy difícil tratar en detalle el proyecto de todos y cada uno de los procesos desde el punto de vista mecánico, por lo que se tratará de dar unas características generales, que habrá que concretar en cada caso particular.

Finalmente mencionar la existencia de las llamadas instalaciones auxiliares (*«off-sites» en las plantas de proceso*).

El departamento de mecánica es el responsable de seleccionar los equipos y maquinaria, tanto para el proceso de fabricación utilizado como para los servicios auxiliares.

Puede asegurarse que en la mayor parte de los proyectos industriales constituye la parte de mayor relevancia en orden a la obtención del producto final.

La ingeniería básica proporciona una primera información sobre los equipos y maquinaria necesarios, definiéndolos por sus características principales, que acompañan al diagrama de flujo, y que constituyen las especificaciones básicas.

En los proyectos químicos suele darse con la ingeniería básica una primera especificación con los datos de proceso, siendo el diseño mecánico final responsabilidad de este departamento.

En proyectos mineros, papeleros y siderúrgicos, los datos de proceso son muy generales y el diseño mecánico hay que efectuarlo en colaboración con el propio fabricante de los equipos, cuya selección hay que efectuar con mucha rapidez.

En proyectos de industrias de transformación metálica y/o mecánica, como fábricas de automóviles, el proceso es susceptible de muchas soluciones mecánicas y no solo hay que estudiar los equipos, sino su mejor interrelación y selección.

Al contrario que la mayoría de los departamentos técnicos, el de mecánica depende poco de la información continuada para los demás: planos de formas y pesos para cimentaciones y estructuras; distribución, superficie y altura para arquitectura y construcción; accionamientos eléctricos para electricidad; situación de acometidas de fluidos para tuberías, etc.

Habrà que señalar que el diseño de la mayoría de los equipos para plantas de proceso se realiza con normas americanas, destacando el uso de las ASTM y del código ASME.

En muchos casos el departamento de mecánica, a partir de la información de ingeniería básica, tiene que actuar fundamentalmente en la definición final del proceso de producción. Quizás la mayor excepción sean los proyectos químicos, en los que la implantación definitiva suele ser responsabilidad del departamento de tuberías con el objeto de minimizar el coste de estos, muy elevado en este tipo de proyectos.

La realización con los fabricantes de equipos y maquinaria es constante y continuada, ya que es imprescindible conocer qué hay disponible, en calidad y precio, en el mercado.

La colaboración del departamento de mecánica con el servicio de compras es imprescindible en todo momento. Con independencia de quien sea responsable de la decisión final económica, el departamento de mecánica debe estar en continuo contacto con fabricantes y suministradores a fin de conocer todas las novedades del mercado y la situación general de éste.

Así como el trabajo de otros departamentos es bastante definido, con independencia del tipo de proyecto, el de mecánica depende fundamentalmente de las características de éste.

Otro aspecto importante es la necesidad, en muchas ocasiones, no solo de seleccionar equipos, sino también lo que se denominan «unidad paquete» esto es, conjuntos de equipos con una determinada funcionalidad que se tratan como un todo único. Ejemplo típico son las plantas de tratamiento de agua, los sistemas de vapor o los refrigeración de agua.

Entre todos estos trabajos adquiere importancia fundamental la «aprobación» de planos de vendedores, así como su adecuada circulación interna a todos los interesados a fin de asegurar la coordinación del conjunto.

También es interesante recalcar la necesaria colaboración de este departamento con el servicio o departamento de compras, y no solo en la relación con suministradores sino especialmente en los trabajos de inspección, ya que en bastantes ocasiones son los especialistas de mecánica los más adecuados para comprobar que el equipo cumple con las especificaciones establecidas.

Según las especialidades de la Empresa de Ingeniería, el departamento de mecánica tiene unos u otros cometidos, y ello en función de las características del proceso.

Desde el punto de vista de los servicios auxiliares siempre existen actividades semejantes, lo mismo que cuando se utilizan instalaciones generales mecánicas, cuya complejidad es muy variable, pero que casi siempre se presentan en cualquier proyecto.

El trabajo del departamento de mecánica es similar al ya indicado para otros departamentos:

- Memorias y cálculos
- Especificaciones
- Análisis de ofertas
- Especificaciones de compra
- Inspección

Apenas hay planos de conjunto, salvo los de implantación (lay-out) pero existen gran número de planos de vendedores que hay que comprobar.

Aquí no suele existir la medición ni el presupuesto, ya que no hay unidades de obra sino equipos y máquinas concretas, cada uno con su precio.

En el caso de servicios auxiliares e instalaciones generales mecánicas sí puede existir una medición, en todo lo referente a tuberías, válvulas, etc., ya que estas instalaciones suelen tratarse como «*unidades paquete*», comprándose a un instalador que suministra los materiales y monta todo el conjunto.

12.5.5 Actividad de instalaciones eléctricas

Parte de los diagramas unifilares y de la lista de motores, que suelen formar parte de la ingeniería básica.

Utiliza códigos y reglamentos nacionales e internacionales, para la especificación del equipo eléctrico principal y las redes de conexión.

A este departamento corresponde el estudio y definición de los siguientes puntos:

- Alimentación en alta tensión.
- Transformación de tensión.
- Centros de potencia. Centros de control de motores.
- Cuadros de fuerza.
- Trazado de cables de fuerza. Detalles de trazado.
- Alumbrado.
- Sistemas de alimentación ininterrumpida.
- Estudios del factor de potencia.
- Red de tierra.
- Corriente continua.
- Sistemas de emergencia. Instalaciones de seguridad contra incendios.
- Redes de datos y telefonía.
- Instalaciones especiales:
 - Relojes marcadores.
 - Teles.
 - Comunicaciones por radio.
 - Intercomunicadores.
 - Timbres.
 - Pararrayos y antenas.
 - Instalaciones de seguridad alarma contra robos.
 - Instalaciones buscapersonas y de información.
 - Sistemas de acceso restringido.

El departamento de electricidad suele ir bastante a remolque del resto de los trabajos. La ingeniería básica proporciona, como siempre, alguna información que rara vez excede de un diagrama unifilar y una lista de motores.

El departamento debe cuidar el uso de Normas, Códigos y Reglamentos de aplicación, a la vez que recibe información de otros departamentos, y muy especialmente del de mecánica.

Los accionamientos eléctricos de los equipos fijan los motores necesarios, su potencia y sus características y es en función de estas potencias como puede desarrollarse un buen esquema unifilar.

La información del departamento de arquitectura y construcción, en cuanto a niveles de iluminación, será también de interés para el estudio de ésta.

Aspectos como simultaneidad, utilización, etc., deberán venir fijados por el proceso y estar identificados en la ingeniería básica.

El plano general de implantación, con situación de todos los puntos de consumo eléctrico, será necesario para establecer el adecuado reparto de cargas.

El trabajo del departamento de electricidad no suele ser crítico, por lo que su actuación comienza después de contar con suficiente información como ya se ha señalado anteriormente.

Sin embargo hay una serie de decisiones importantes que deben tomarse al comienzo de los trabajos, si es que no han sido ya precisadas en la ingeniería básica.

Así, una vez conocida o estimada la carga media normal de la planta, sus puntos de mayor consumo, las cargas unitarias de mayor potencia y las previsiones de posibles ampliaciones, es importante decidir si se utiliza energía exterior, mediante un centro de transformación principal, o se genera internamente la energía, total o parcialmente, en una central propia aprovechando, si es posible, las propias características del proceso.

La elección es fundamentalmente económica y de seguridad de servicio y depende de distintos factores como, por ejemplo, el consumo de vapor en la planta. En muchas ocasiones el uso de turbinas de vapor o de gas puede resultar no solo más seguro e independiente, sino también más rentable.

La situación de centros de transformación secundarios y de centros de control de motores dependen del plano de implantación con la situación de las cargas.

La definición de tensiones aplicables y del equipo eléctrico (transformadores, seccionadores, interruptores, motores, etc.) es fácil y depende básicamente de los criterios de seguridad que se adopten.

Un trabajo importante del departamento de electricidad es la clasificación de las áreas de proceso donde se manejan líquidos o gases inflamables, de acuerdo con su peligrosidad; lo que repercute en la necesidad de utilizar en esas áreas equipos con determinadas características (antideflagrantes).

Como siempre habrá que realizar memoria, cálculos y planos; especificaciones para los equipos principales y para ciertas instalaciones completas, como puede ser la de alumbrado o las especiales.

Existirá una relación de equipos y sus precios; y para los cables habrá una lista de cables, con su medición y especificación, que servirá también para su presupuesto.

La mayoría del equipo, al contrario que en el departamento de mecánica, es fabricado en serie, con lo que su especificación es más fácil y casi no es necesario un estudio técnico de las ofertas, pudiéndose comprar bastantes materiales a partir del catálogo del fabricante.

El trazado de cables y los planos de bandejas y zanjas pueden dejarse muchas veces al criterio de los montadores, realizando la Empresa de Ingeniería la supervisión, ya que frecuentemente éstos pueden encontrar soluciones más económicas adaptándolas a sus métodos de montaje.

12.5.6 Actividad de tuberías

El departamento de tuberías no suele aparecer, a menos que existan instalaciones importantes de proceso, como es el caso de las refinerías de petróleo o de las plantas químicas.

Las tuberías para servicios auxiliares e instalaciones generales no suelen dar muchos problemas, no así las tuberías de proceso que requieren un estudio completo, en los siguientes aspectos:

- Implantación.
- Cálculo de tensiones.
- Estudios de corrosión.
- Selección de accesorios.
- Planos de plantas, alzados y secciones.
- Take-off^a de materiales.

- Maquetas.

^aListado

Como ya se ha mencionado en ocasiones anteriores, las plantas de proceso se distinguen del resto de los proyectos industriales por ciertas características típicas, la principal de las cuales es su manejo constante de reacciones de tipo químico.

Esta peculiaridad se manifiesta en el uso masivo de tuberías y de instrumentos de control.

El 60 % de volumen, de los materiales de una planta química o petroquímica son tuberías.

Esta proliferación de tuberías e instrumentos no es más que una consecuencia de los propios procesos, que se distinguen claramente de los del resto de la industria, donde la implantación (lay-out) hay que hacerla con los equipos y máquinas, mientras que en plantas de proceso la implantación principal es la de tuberías.

No hay que olvidar que los problemas de construcción, transporte y manipulación propios de la industria transformadora metalmeccánica, tienen su paralelo en el uso de las tuberías e instrumentos en las plantas de proceso.

Otra característica propia de estas plantas y en relación con la instrumentación, es su automatización, muy superior por regla general a la de otros sectores industriales.

El departamento de tuberías es el responsable de la ingeniería de detalle de las mismas en los proyectos de plantas de proceso (química, petroquímica, petróleo y gas).

Su carga de trabajo llega a ser de un 60 % del total de la ingeniería de detalle, lo que da una idea de su importancia en este tipo de plantas.

Su objetivo principal es conseguir el mejor diseño y más económico, compatible con la operatividad, mantenimiento y seguridad de la planta.

Como siempre, la ingeniería básica es la principal fuente de información y en este caso los diagramas de tuberías e instrumentación, así como los planos preliminares de implantación, son los datos principales.

Como siempre, el desarrollo del trabajo exige el uso de normas, códigos y reglamentos, así como la información de otros departamentos, muy especialmente del de mecánica en cuanto a las características físicas de los equipos (dimensiones, situación de tubuladuras, etc.) y de instrumentación (situación y dimensiones de instrumentos).

El primer trabajo de departamentos de tuberías es establecer el plano de implantación (lay-out) de las unidades de proceso.

A partir de los diagramas de tuberías e instrumentación y de la topografía del terreno, se desarrolla el plano inicial, si existe, adaptándolo a las características de los equipos concretos del caso.

Esta labor es muy lenta, ya que es difícil disponer de las dimensiones exactas de los equipos y frecuentemente se tienen que decidir implantaciones basadas en proyectos semejantes y, poco a poco, a la vista de la información que se va recibiendo, adoptar soluciones definitivas.

El conseguir el plano definitivo exige muchos tanteos (routing) hasta «encaminar» la mejor solución. El ahorro de materiales, la facilidad de operación y mantenimiento, junto con la seguridad e incluso la estética de la planta, son los criterios que han de prevalecer en esta fase.

La aprobación del "plano de implantación" es vital para los pasos siguientes y cualquier modificación posterior puede ocasionar problemas y costes económicos y de tiempo muy considerables.

El dibujo de todos los planos de tuberías, con plantas, alzados y secciones, que permiten su medición y facilitan la preparación de los materiales y el posterior montaje, son etapas posteriores a realizar por este departamento.

La estrecha coordinación con los departamentos de estructuras y cimentaciones, mecánica e instrumentación es imprescindible para un buen proyecto de la planta.

Un aspecto importante es la coordinación de los planos de tuberías en relación con los equipos, cimentaciones, estructuras, etc. a fin de evitar interferencias.

Las sugerencias del departamento de tuberías serán importantes para que el departamento de mecánica cambie tubuladuras y las oriente en la forma más beneficiosa para el diseño de tuberías.

La actividad del departamento de tuberías es prácticamente única, ya que trata de interconectar todos los equipos de la planta, llevando a la realidad lo representado esquemáticamente en los diagramas de tuberías e instrumentación.

Especialmente esta actividad se centra en el área de proceso, pero también en los servicios auxiliares y su conexión con el proceso.

En primer lugar el establecimiento de los planos apenas requiere ningún cálculo, sino aplicar códigos y normas en todo lo relativo a distancias, tanto en el plano horizontal como en el vertical.

Las especificaciones de tuberías suelen hacerse por los departamentos de proceso y vienen definidas en los diagramas de tuberías e instrumentación. La mayoría de las Empresas de Ingeniería tienen una amplia normativa sobre tuberías y en cada caso se seleccionan los que sean de mayor interés.

Sin embargo, a la hora del montaje no suelen ser suficientes los planos de tuberías y en consecuencia es necesario realizar «planos isométricos», en los que para cada línea se efectúa su dibujo en perspectiva isométrica, con todos sus detalles, válvulas, accesorios, etc. dando una idea completa de su configuración y dimensiones.

Igualmente en ellos queda detallado el material a utilizar, las temperaturas y presiones de trabajo y de prueba.

Cada isométrico muestra un resumen de todos los materiales que constituyen una línea representada por un número, tamaño, características y calidad.

Las habituales mediciones quedan sustituidas en este caso por lo que se llama el M.T.O. (*material take-off*), que puede traducirse como «lista de materiales» cuya misión es contabilizar la totalidad de los materiales a utilizar en el montaje.

Las tuberías, bajo la acción de los fluidos que conducen, sufren una serie de fenómenos como son: torsión, fatiga, empuje y rotura, que transmiten tanto a los equipos a los que se conexionan, como a los soportes que las conducen y en que apoyan.

Dentro del departamento de tuberías se efectúa el análisis de estos esfuerzos (stress), cuyos cálculos hay que tener muy en cuenta a la hora de determinar los trayectos de las tuberías, los puntos de anclaje y las características de éstos.

Finalmente, hay plantas en que la complejidad del trazado es tanta, especialmente en algunos puntos, que es necesario acudir como complemento de todo lo anterior a la ejecución de un modelo a escala reducida o maqueta.

Utilizando equipos a escala, habitualmente 1:100, iguales a los reales y modelados en plástico, y tuberías también en la misma escala, se va realizando poco a poco una maqueta exactamente igual a lo que será la futura planta.

Los proyectistas, utilizando dibujos a mano alzada y a partir del plano de implantación van realizando las distintas unidades de la planta, sin necesidad de los planos ortogonales (planta y alzado) clásicos.

En el caso de construcción de la maqueta, puede demostrarse la necesidad de cambiar la implantación y, cuando la maqueta se termina, puede discutirse con el cliente y sus operadores su futuro manejo antes de aprobarla.

En este caso, los isométricos se sacan directamente de la maqueta y posteriormente ésta se utilizará en campo para facilitar el montaje de las tuberías y el entrenamiento del personal para la posterior operación.

De todo lo anterior se desprende que la totalidad de los materiales de tuberías solo se conoce cuando todos los isométricos están dibujados y medidos.

A fin de poder iniciar cuanto antes el montaje, es necesario establecer «listas de materiales» provisionales que puedan incluir de un 60 % a un 70 % de los mismos y que puedan facilitar, en su caso, la prefabricación.

Las listas se complementarán al finalizar los isométricos y efectuar el recuento definitivo.

12.5.7 Actividad de instrumentación, automatización y control

El trabajo de este departamento comienza con la revisión de especificaciones, obtenidas habitualmente de la ingeniería básica.

Aspectos propios de su trabajo son:

- Listas de instrumentos. Diseño de Paneles.
- Listas de Sensores y Actuadores. Implantación.
- Diseño de los lazos de control. Uso de técnicas de control.
- Elementos de regulación y control. Sensores y actuadores.
- Redes de autómatas, redes de instrumentación y redes informáticas.
- Programación de autómatas, paquetes SCADA, microcontroladores, visualizadores, MMI (*Multi-Media Interface*), etc.
- Desarrollo o adquisición de Software de visualización, monitorización, control, gestión. Etc.
- Elementos de seguridad frente a perturbaciones electromagnéticas, ruido, polvo, golpes, etc.
- Listas de cableado. Cableado de los elementos de control e instrumentación.
- Diseño de redes de aire comprimido. Dimensionado de válvulas de control.

Además de la misión independiente de cada departamento existe, evidentemente, una interrelación en el trabajo de unos y otros que procede del hecho de que el resultado del trabajo de unos departamentos es dato de partida para otros.

Para conseguir el éxito en ésta y sucesivas etapas del proyecto, es necesaria una activa labor de coordinación interna que consista en la comprobación de que dichos datos se están facilitando de hecho y que se proporcionan en su momento y correctamente. El desempeño de dicha misión corresponderá habitualmente a los Ingenieros de Proyecto, pero en cualquier caso parece oportuno señalar cuáles son los datos más importantes, qué departamentos los emite y a qué departamentos interesan.

Así, y para el caso concreto de una planta industrial se pueden establecer, con carácter orientativo y a únicamente a título de ejemplo sin carácter exhaustivo, las siguientes relaciones interdepartamentales:

CONCEPTO	EMISOR	INTERESADO
Croquis preliminares de distribución en planta de edificios	Construcción	Estructuras
Plantas y Secciones de los edificios	Construcción	Mecánica y Electricidad
Dimensión en planta y altura de los locales destinados a albergar equipo mecánico. Tamaño del equipo más grande que ha de ser montado en dichos locales o dimensiones de puertas.	Mecánica	Construcción
Consumos eléctricos de los equipos	Mecánica	Electricidad
Implantación general	Civil y Electricidad	Cliente

Hay que tener muy en cuenta, como se ha indicado anteriormente, que muchos departamentos trabajan con la información que generan otros (que debe fluir de forma horizontal entre ellos). *Si ésta no fluye*

con facilidad, el proyecto no avanzará y si lo hace pero sin coordinación, estará plagado de incongruencias que se pondrán de manifiesto en la etapa de construcción y montaje.

Estos posibles fallos, por otro lado frecuentes, retrasan y encarecen el proyecto, hasta el punto de que la calidad de un equipo de proyecto podría medirse por el grado de coordinación obtenido en el mismo. Por esta razón en los últimos tiempos se ha avanzado en soluciones de IC, en las que herramientas tipo Plant3D + Autocad + Reedit + NavisWorks brindan excelentes capacidades para mejorar la comunicación al compartir el modelo de la solución integral.

El departamento de instrumentación, automatización y control es el responsable de definir el sistema de instrumentación para control y el nivel de éste en la planta compatible con el buen funcionamiento del proceso, dentro de la mayor seguridad para los equipos y personas, y con el mínimo coste.

El control del proceso es siempre necesario; el grado de instrumentación y su automatización será función de la mano de obra que se quiera utilizar o exista disponible.

Aunque cualquier proceso de fabricación necesita un control, la instrumentación suele acompañar en menor o mayor grado a las propias máquinas. Las plantas de proceso son las que más claramente necesitan una instrumentación exterior.

La información fundamental, como en el departamento de tuberías, son los diagramas de tuberías e instrumentación aunque también conviene conocer los diagramas de flujo y cálculos de proceso.

Hay que recordar que el departamento de instrumentación colabora estrictamente con el de procesos en finar el sistema de control que aparece ya en los diagramas de tuberías e instrumentos procedentes de la ingeniería básica.

Las normas y códigos serán nuevamente utilizados, así como cierta información del departamento de tuberías, especialmente en lo referente a la especificación de las mismas.

Las garantías ofrecidas en cuanto a los resultados del proceso serán de tener muy en cuenta al establecer un sistema de control capaz de conseguirlas.

El trabajo del departamento de instrumentación está muy unido, en las primeras fases del proyecto, al del departamento de procesos y colabora muy estrechamente con él para definir el sistema de control deseado.

La ingeniería básica suele suministrar bastante información de instrumentación y además de los diagramas de tuberías e instrumentación suele incluir las especificaciones de los instrumentos, que deben revisarse y completarse en esta fase.

También debe considerar el diseño de la red de autómatas y de datos, tipos de sensores, ubicación de los mismos, software de control, monitorización, gestión, etc.

Se utilizan con mucha frecuencia especificaciones tipo que, a la vista de los diagramas de tuberías e instrumentación, se rellenan, completan y numeran, siendo de destacar el interés de adoptar una simbología y nomenclatura normalizada, lo que facilita mucho estos trabajos.

También se puede normalizar los "lazos de control", que con los esquemas de conexiones de cada instrumento.

La compra de instrumentos está muy ligada al departamento, que es quien analiza las ofertas tanto desde el punto de vista técnico como, muchas veces, del económico.

La relación con los suministradores y con la empresa de montaje debe ser continua ya que la aprobación de planos de vendedores, tanto en lo referente a los paneles de control como de los trazados de tubos y cables, suele realizarse a lo largo de bastante tiempo y no hay una aprobación global de la totalidad del sistema, sino aprobaciones parciales.

La mayor interdependencia se da con tuberías, tanto por la situación de los instrumentos como por los tubos y cables de alimentación

La concentración del montaje exige definir quien suministra el pequeño material, tubos y cables, siendo lo más frecuente asignárselo al montador.

Los planos, hojas de datos y especificaciones tiene en este caso unas características muy peculiares.

Hay bastantes planos (paneles, cableado, tubos y cables, bandejas) que son realizados por el fabricante o el montador y aprobados por la Empresa de Ingeniería.

Los cálculos se hacen muchas veces sobre datos de catálogo, a fin de seleccionar el equipo más adecuado al servicio seleccionado.

La medición, en este caso, es la lista de instrumentos y el presupuesto es fácil de confeccionar en función de las ofertas. La comparación de ofertas de instrumentos suele hacerse por lotes de los que tienen usos similares y no tienen especiales complicaciones. Más difícil es especificar los servicios y suministros que se deben solicitar al montador.

A los fabricantes, en este caso, hay que requerirles bastante información, como es: instrucciones de montaje; funcionamiento y mantenimiento; diagramas de cableado, planos de dimensiones, listas de piezas, listas de repuestos recomendados, etc.

12.6 El catálogo mecánico

Constituye uno de los documentos importantes del proyecto. Se ha comenzado a realizar en la ingeniería básica, pero es en esta etapa en la que cobra todo su sentido y su apogeo. En su sentido más amplio y para cada pedido, el catálogo mecánico debe contener lo siguiente:

- Pedido y sus cambios.
- Listas de planos.
- Planos aprobados finales.
- Cálculos aprobados.
- Documentación completa de inspección.
- Protocolos de ensayo de recepción.
- Manual de montaje, operación y mantenimiento.
- Lista de piezas.
- Lista de repuestos recomendados por el fabricante.

Es frecuente olvidar o minusvalorar el esfuerzo requerido para recopilar toda la información requerida para el catálogo mecánico que, como poco, requerirá un recurso humano a dedicación completa durante todo el proyecto.

12.7 Conclusiones

12.7.1 Puntos tratados

En esta lección se ha aprendido a comprender las actividades de la ingeniería de detalle en las diferentes familias de actividad o gremios y su interrelación en aras de elaborar un proyecto de calidad. Finalmente se resalta la importancia del catálogo mecánico.

12.7.2 Preguntas abiertas

Ejercicio 1: Para un proyecto industrial que Ud. escoja, y sobre alguna parte de su documentación técnica o apartados técnicos, identifique Ud. el alcance de la ingeniería básica y el de la de detalle.

No dude en discutir sus impresiones con su profesor, para clarificar las dudas que pueda tener.

Referencias

- [1] ARCO TORRES, M. A. D. *El código técnico de la edificación*. Biblioteca Comares de ciencia jurídica. Urbanismo. Comares, Albolote (Granada), 2007. Incluye anexo legislativo.
- [2] DE COS CASTILLO, M. *Teoría del proyecto. Volumen II: Ingeniería de Proyectos/Project Engineering*. Ed. Síntesis, Madrid, 1997.
- [3] DE GRACIA, J. *Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas*. Editorial Díaz de Santos, S.A., 2008.
- [4] DE HEREDIA SCASSO, R. *Arquitectura y urbanismo industrial*. Publicaciones de la Cátedra Construcciones Industriales. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, 1971.
- [5] ESPAÑA. *Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Boletín Oficial del Estado, 16 de marzo de 1971, núm. 64, pp. 4303–4314.
- [6] ESPAÑA. *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. Boletín Oficial del Estado, 23 de abril de 1997, núm. 97, pp. 12918–12926.
- [7] ESPAÑA. *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales*. Boletín Oficial del Estado, de 10 de noviembre de 1995, núm. 269, pp. 32590–32611.
- [8] MOLINEAUX, J. *Diseño de proyectos de ingeniería*. Intec.