

“**Construir:** 1. Hacer de nueva planta una obra de arquitectura o ingeniería, un monumento o en general cualquier obra pública. 2. Hacer algo utilizando los elementos adecuados.

Montar: 1. Armar, poner en su lugar las piezas de cualquier aparato o máquina.”

— Real Academia Española

14

Construcción, montaje y puesta en servicio

Contenidos

14.1 Introducción	3
14.1.1 Objetivos	3
14.2 Proceso de contratación	3
14.3 Contratación de la obra civil	4
14.3.1 El contrato	7
14.3.2 Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en la construcción	7
14.3.3 Plazos de garantía	11
14.3.4 Diferencia entre los plazos de garantía y de prescripción	12
14.4 Contratación de montajes	13
14.4.1 El contrato	14
14.4.2 Estimación del esfuerzo de montaje	14
14.5 Contratos de suministro y montaje: «unidades paquete»	17
14.6 Organización de la obra	17
14.6.1 Caso de contratista único	18
14.6.2 Caso de varios contratistas	18
14.7 El director de obra	20
14.8 Los supervisores	21

14.9 Las relaciones en la obra	21
14.10 Modificaciones y ampliaciones	22
14.11 Reclamaciones y precios contradictorios	23
14.12 Programa de puesta en servicio	23
14.13 Organización de la puesta en servicio	24
14.14 Manuales de operación y mantenimiento	26
14.15 Operaciones preliminares: pruebas	26
14.16 Puesta en marcha en circuito cerrado	28
14.17 Puesta en operación	28
14.18 Garantías de funcionamiento. Recepción definitiva	29
14.19 Conclusiones	30
14.19.1 Puntos tratados	30
14.19.2 Preguntas abiertas	30
Bibliografía	32

14.1 Introducción

14.1.1 Objetivos

Tras esta lección, el alumno conocerá:

- Procesos de contratación de obras civiles y montajes.
- Agentes en la obra.
- Unidades paquete.
- Puesta en marcha, puesta en servicio y puesta en operación.
- Garantías.

14.2 Proceso de contratación

En este tema supondremos un proyecto externo de desarrollo en el que el servicio sea prestado por una Empresa de Ingeniería, lo que es bastante común en el ámbito industrial[2].

En primer lugar hay que recordar que la participación en la gestión de contratación de la Empresa de Ingeniería depende, a su vez, del tipo de contrato entre ésta y la Propiedad.

Según actúe la Empresa de Ingeniería como contratista de servicios o contratista general, sus relaciones con las empresas de construcción y montaje serán distintas.

El caso más frecuente es la actuación de la Empresa de Ingeniería como contratista de servicios y a su vez el más complejo, ya que interviene tanto ella como la Propiedad. Esta será la hipótesis de trabajo para todo lo que sigue.

La gestión de contratación es parte de la gestión de compras, si bien por la naturaleza distinta de los bienes y servicios a adquirir, su tratamiento debe ser distinto.

La gestión de compras propiamente dicha y tal como se ha visto en el tema anterior, va encaminada a la adquisición de bienes, fundamentalmente los equipos y maquinaria y buena parte de los materiales, mientras que la gestión de contratación va destinada a la construcción de las obras civiles necesarias, al montaje de los equipos y materiales y, en algunos casos, a la adquisición de instalaciones completas (unidades paquete) que incluyen sus propios equipos, materiales y montaje.

Se presentan así tres casos fundamentales y distintos, que en la práctica pueden complicarse mediante su combinación [4].

La gestión de compra de construcciones y montajes puede ser o no responsabilidad del servicio de compras, ya que en muchas organizaciones y por las características especiales de estos contratos, suele recaer bajo la responsabilidad de los ingenieros de proyectos, auxiliados por los departamentos técnicos correspondientes.

Hay que tener en cuenta que algunos de estos trabajos hay que iniciarlos sin tener finalizada la Ingeniería de Detalle, asumiendo una serie de posibles riesgos en aras de la rapidez (*fast-tracking*). Recordemos en este sentido el flujo de trabajos en el marco del proyecto que se ilustra en la Figura 14.1.

Estas actuaciones tienen que contar con el total apoyo de los departamentos técnicos correspondientes, que son los que poseen la mayor información y experiencia en cada caso. Los tres posibles casos de contratación son un resumen de los distintos contratos que de cada uno de los tipos puede ser necesario llevar adelante, ya que con frecuencia no hay un contrato único de construcción ni otro de montaje.

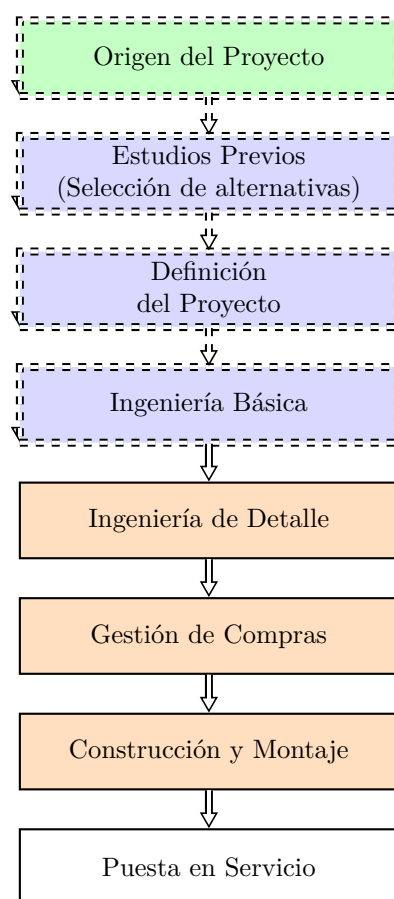


Figura 14.1: Esquema General de Fases del Proyecto

14.3 Contratación de la obra civil

De acuerdo con la *secuencia temporal* de los acontecimientos en el proyecto, las obras civiles constituyen el primer trabajo de campo y por ello las medidas para su contratación y comienzo en el plazo previsto, será el primer objetivo de esta gestión[5].

La primera decisión de la Propiedad asesorada por la Empresa de Ingeniería, es la utilización de un contratista general de obras civiles o la de varios contratistas especializados en cada uno de los temas.

La decisión no es fácil ni clara; la segunda solución tiene la ventaja de un menor coste teórico frente al inconveniente de una multiplicidad de contratistas, con el consiguiente aumento de los trabajos de coordinación por parte de la Empresa de Ingeniería.

En el caso de optar por esta solución, se suelen desdoblar las obras civiles en los siguientes contratos:

- Movimiento de tierras
- Infraestructura y urbanismo
- Hormigones
- Estructuras metálicas
- Albañilería y acabados

La Ingeniería de Detalle de cada una de estas partes de la obra civil es desarrollada por los departamentos de infraestructura, arquitectura y construcción, y estructuras y cimentaciones. Antes de pedir ofertas a los respectivos contratistas, se establece la posible lista de los mismos, teniendo en cuenta no solo las experiencias

anteriores de los departamentos, sino también las recomendaciones de los ingenieros de proyecto y del grupo de compras en su caso. La lista se somete a la atención de la Propiedad, cuyos comentarios se incorporan, obteniéndose así la lista definitiva de posibles ofertantes.

Es conveniente comprobar la carga de trabajo de cada uno de ellos durante el período que se les pretende utilizar, a fin de eliminar de la lista última los que no merezcan total garantía en este punto. La petición de oferta debe ir acompañada de todos los planos de las obras a ofertar; los pliegos de condiciones o especificaciones correspondientes, en las que se establecen las calidades de los materiales y de la ejecución; y la medición de la obra, a fin de establecer la cuantía de su volumen.

Carácter importante tendrá el incluir aquellas características específicas de la obra cuya existencia pueda tener incidencia directa en los costes (horario de trabajo, turnos, pausas por necesidades de otros contratistas, coordinación con terceros, etc.).

Las ofertas son analizadas y comparadas por el departamento correspondiente que después de los contactos necesarios con los ofertantes y de aclarar posibles dudas, efectúa su recomendación de adjudicación, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

El ingeniero de proyecto o el propio Director de Proyecto estudia el informe y la recomendación, aclara con el departamento las dudas que puedan surgirle y efectúa la recomendación definitiva a la Propiedad. Conocida la decisión, se informa al adjudicatario, a la vez que se comienza a estudiar el contrato, que será discutido entre el adjudicatario y la Propiedad, con la ayuda de la Empresa de Ingeniería.

La firma del contrato será de la Propiedad, aunque en ocasiones puede firmar la Empresa de Ingeniería en su nombre y representación. Este aspecto de la contratación de obras civiles admite muchos matices, desde una delegación total de la Propiedad en la Empresa de Ingeniería hasta la prácticamente sola intervención de aquella en el contrato.

En ocasiones y por razones de urgencia, no es posible realizar todo este proceso con el detalle que se ha expuesto. La urgencia en el plazo de construcción obliga a contratar sin tener terminada la Ingeniería de Detalle correspondiente. En estos casos suele efectuarse una medición muy grosera de las principales unidades de obra y a partir de esos datos se solicitan precios unitarios de los contratistas. La decisión de adjudicación se efectúa sobre esa información y después, en el transcurso de la obra, se van negociando los precios de las nuevas unidades que vayan surgiendo [1].

Este procedimiento es muy poco recomendable, pues es prácticamente imposible predecir el coste final. Si la obra es muy conocida y su coste no incide demasiado en el coste final, puede ser admisible siempre que verdaderamente resuelva un problema de plazos.

Desde el punto de vista operativo para poder comenzar el trabajo en la obra, se debe finalizar la adjudicación de los contratos y trabajar para resolver los aspectos administrativos de obtención de licencia de obras, apertura de centro de trabajo, etc. En este sentido se ha incluido en la Figura 14.2 un ejemplo de lo que un Ayuntamiento de España solicita como información para estudiar la concesión de la licencia de obras (obra mayor en este caso).

A partir de aquí primer hito a resolver es el del establecimiento de los límites de la actividad, que se realiza a través del acta de replanteo, así, *CON ANTERIORIDAD* al inicio de las obras se deberá contactar con el Departamento de Licencias y Disciplina y concertar visita con el Técnico Municipal para efectuar la **COMPROBACIÓN DEL REPLANTEO**.

El perímetro exterior de la construcción autorizada deberá estar pintado y estaquillado.

En presencia de la Propiedad y Dirección Facultativa se comprobará la conformidad del replanteo efectuado, levantándose el Acta correspondiente que será suscrita por los interesados.

Si la realidad del solar modifica algún parámetro del proyecto autorizado (cotas de nivel, alturas, emplazamiento, accesos...) se deberá aportar la documentación gráfica descriptiva de las referidas alteraciones y solicitar la pertinente Modificación de Licencia.

21/10/2013 11:45:59

- Trámites Municipales
- Tablón de Anuncios/Edictos
- Calendario Días Inhábiles

LICENCIA DE OBRA MAYOR PARA NAVE INDUSTRIAL REFORMA Y AMPLIACIÓN

Versión para imprimir

Datos generales Legislación **Documentación**

DOCUMENTACIÓN A APORTAR

Documentación	Tipo	Presentación
Copia de la escritura o título de propiedad o contrato de arrendamiento		
Cuestionario estadístico		
Oficio de dirección técnica		
Proyecto técnico visado por duplicado		
Solicitud debidamente cumplimentada según el artículo 70 de la ley 30/1992.		
Tasas según ordenanza fiscal		

LEYENDA

Tipo de documentación a aportar

Opcional Obligatorio

Presentación

Presencial Electrónica Ambas

Subir

Figura 14.2: Ejemplo de requisitos para solicitar una licencia de obras.

Una vez realizada la comprobación del Replanteo y aportada, en su caso, la documentación actualizada, con solicitud de modificación de licencia cuando se alteren condiciones urbanísticas, se podrán ejecutar las obras de edificación autorizadas.

Un ejemplo de acta de replanteo puede encontrarse en la Figura 14.3.

14.3.1 El contrato

La actividad de construcción, referida a inmuebles, ha sido configurada tradicionalmente en las normas del Derecho Civil y dentro de la figura general del contrato de arrendamiento. Esto tiene justificación cuando el constructor se limita a incorporar mano de obra y técnica a unos materiales suministrados por la Propiedad, aunque actualmente lo habitual es que sea el propio constructor el que provea esos materiales.

Las *obligaciones contractuales* pueden enunciarse de forma muy sencilla: El Constructor (contratista) se obliga a entregar una obra conforme a unos planos y unas especificaciones (Ingeniería de Detalle del proyecto), dentro de un plazo determinado y con arreglo a un presupuesto aceptado.

La Propiedad tiene la obligación fundamental de pagar el precio convenido y de poner una serie de medios y elementos a disposición del contratista para el cumplimiento de sus obligaciones.

La entrega de la obra se produce en la fecha de su recepción provisional, a la que sigue un período de garantía que expira en el momento de la recepción definitiva. En este punto la ley provee una duración más larga, que en España es de 10 años, lo que se conoce como garantía decenal y que afecta tanto al constructor como a los técnicos responsables del proyecto y de la dirección de obra.

Característica típica de estos contratos es la presencia de la Propiedad en la obra por medio de sus supervisores, interventores, etc., además del Director Facultativo de la misma.

El problema tradicional de estos contratos es el de las ampliaciones o modificaciones durante la obra y su imputación al responsable de las mismas: Propiedad, Contratista, Empresa de Ingeniería, otros contratistas, etc.

El tener un alcance claro del trabajo desde el comienzo permite definir las ampliaciones y modificaciones reales, así como los cambios de calidad.

La valoración de estos cambios y las personas autorizadas para su aprobación son puntos conflictivos que conviene definir exactamente en el «Manual de Coordinación» del proyecto[8].

El tipo de contrato también es importante; el contrato por administración facilita estos cambios, mientras que el de precio fijo exige mucha mayor definición de los trabajos y mayor claridad en las modificaciones.

14.3.2 Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en la construcción

Los responsables en materia de edificación serán las personas, que la Ley 38/99 de 5 de Noviembre denomina Agentes de la Edificación. La Ley en su capítulo III, que se denomina Agentes de la Edificación, da un concepto de agentes de la edificación, los enumera y define a cada uno de ellos, estableciendo al propio tiempo sus respectivas obligaciones[10]. «Son agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación». Sus obligaciones son las determinadas por la Ley de 5 de noviembre de la Ordenación de la Edificación, las demás disposiciones que sean aplicables y las derivadas del contrato que origina su intervención.

Los Agentes de la Edificación, según la ley, son

1. el promotor,
2. el proyectista,

ACTA DE REPLANTEO	
Obras a realizar:	<i>(Reseña sumaria de características: tipología, número de plantas, usos...)</i>
Emplazamiento:	<i>(Datos de identificación y localización del solar)</i>
Licencia de Obras:	<i>(Ayuntamiento, fecha de expedición, expediente n°)</i>
Promotor:	
Constructor:	
Jefe de Obra:	
Proyectista/s	<i>(Titulación y nombres. En el caso de equipos pluridisciplinarios se consignarán todos los intervinientes y se significará la persona del coordinador de seguridad y salud en fase de proyecto)</i>
Dirección facultativa:	▪ Director de la obra: _____ ▪ Director de la ejecución de la obra: _____ ▪ Coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución: _____
Los que suscriben, de acuerdo con la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, hacen constar que: 1. Se dispone de licencia municipal de edificación, expedida en fecha _____, expediente n° _____. 2. Se dispone del proyecto de ejecución correspondiente a la licencia de obras. 3. El Constructor ha designado al/asume él mismo las funciones de/Jefe de Obra. 4. El Constructor ha realizado el replanteo del perímetro de la edificación proyectada, el cual, una vez comprobado por el Director de la Ejecución de la Obra y verificado por el Director de Obra, resulta ajustado a las características del solar. El constructor, a su vez, ha procedido a la descripción e identificación de aquellos elementos o servidumbres no contemplados en el Proyecto, que pudieran impedir o dificultar la ejecución de las obras, si es el caso. 5. El Coordinador de Seguridad y Salud ha aprobado el Plan de Seguridad y Salud en el trabajo. 6. El Constructor declara estar en condiciones de iniciar los trabajos contratados y dispone de los medios organizativos, materiales y humanos adecuados para la ejecución de las obras proyectadas y al Plan de Seguridad y Salud. 7. La Dirección facultativa, de acuerdo con FREMAP, autoriza el inmediato comienzo de los trabajos. Y en prueba de conformidad firman la presente Acta, por cuadruplicado y a un solo efecto, en a _____ de _____ de _____ El Constructor El Director de la Obra El Director de la Ejecución de la Obra El Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución	
Diligencia: Para hacer constar que FREMAP queda enterado del contenido de la presente Acta y da su conformidad al inicio de las obras. En _____ a _____ de _____ de _____ Fdo.:  FREMAP Federación de Regatarios de Mancomunidades Punto de Registro de la Seguridad Social (R-0000000000)	

Figura 14.3: Acta de replanteo de Ejemplo.

3. el constructor,
4. el director de obra,
5. el director de la ejecución de la obra,
6. las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación,
7. los suministradores de productos.

En cuanto a los propietarios y los usuarios, pese a que la Ley los regula en el mismo capítulo III, lo cierto es que no pueden conceptuarse como Agentes de la edificación, ya su intervención es posterior a la construcción del edificio y además las obligaciones que les impone producen efectos después de que se les haya transmitido materialmente el bien inmueble[7].

Hoy en día es perfectamente conocido que la responsabilidad decenal del artículo 1.591 del Código Civil (C.C.) es también exigible al Promotor, sin embargo su exigencia ha sido una labor efectuada por la Jurisprudencia, la que ha declarado que «la figura del promotor es equiparable a la del contratista a los efectos de incluirlo en la responsabilidad decenal del artículo 1.591 del C.C., y ello porque, principalmente, el que se beneficia de la obra realizada es el mencionado promotor, cuya figura lleva insita la responsabilidad por los menos *in eligendo* si no es *in vigilando* con respecto a los contratistas y distintos técnicos que intervienen en una obra» (Sentencias del Tribunal Supremo de 8 de octubre de 1990, 8 de junio de 1992 y 30 de diciembre de 1998).

El proyectista

Esta Ley, por primera vez en nuestro ordenamiento jurídico privado, regula los derechos y *obligaciones del Proyectista*, que tenían difícil encaje en la responsabilidad decenal del artículo 1591 del Código Civil.

El proyectista es «el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto». (art. 10-1).

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

- «Podrán redactar proyectos parciales del proyecto o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste».
- «Cuando el Proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de esta Ley, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto».

Pueden ser Proyectistas las personas físicas o jurídicas.

El constructor

«El constructor es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato» (art. 11-1).

La Ley, consecuente con su finalidad de regular las responsabilidades del constructor, deficientemente contenidas en el Código Civil, en el artículo 11-2 establece:

Son obligaciones del constructor:

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Tener la titulación académica o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera. Formalizar las sub-contrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- Facilitar al director de la obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada
- Suscribir los seguros de daños materiales o de caución para garantizar durante un año, el resarcimiento de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras. Además, en el supuesto de que hubiera pactado con el promotor que asumía su condición del tomador del seguro, también deberá suscribir los seguros de daños y caución que corresponden al promotor, a saber:
 - el seguro de daños materiales o de caución para garantizar, durante tres años, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del apartado 1, letra c) del artículo 3;
 - y el seguro de daños materiales o de caución para garantizar, durante diez años, el resarcimiento de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales y que comprometan directamente la resistencia mecánica y estabilidad del edificio.

El director de obra

«El Director de obra es el agente que, desarrollando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto».

También pueden dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de la obra. (art. 12).

El director de la ejecución de la obra

«El Director de la ejecución de la obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado». (art. 13-1).

Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Esta figura jurídica se contempla por primera vez en nuestro ordenamiento jurídico privado, colmando una laguna ausente, ya que no se les podía exigir responsabilidad al amparo del artículo 1.591 del Código Civil.

La doctrina se había ocupado del tema, señalando Luís Martínez Calcerrada que «hoy en día, por múltiples razones, en particular, por la cada vez más sofisticada tecnología de la construcción, unido al cada vez más acuciante sentido de indefensión y, como remedio, o afán de los técnicos y constructores a ejecutar la obra con las máximas garantías evitatorias de reclamaciones más o menos tardías, se procura, a todo trance, que en la fase adecuada intervengan en una labor de asesoramiento o pericia privada o dictamen profesional unos entes empresariales constituidos al efecto y que cuentan no sólo con personal especializado - arquitectos, ingenieros, etc., amén de personal subtitulado o auxiliar - sino, en particular, con un completo acervo instrumental o material de investigación, mediante los cuales, aceptando el previo encargo conferido por aquellos ejecutores, informan sobre la *calidad* de los materiales a emplear, o sobre cualquier otro aspecto que se les somete a los fines de construir con las debidas garantías».

A estas empresas de control de calidad no se les podía exigir responsabilidad al amparo del artículo 1591 del C.C., pese a que podía darse la circunstancia de que la empresa asesorara sobre la correcta o perfecta calidad de los materiales, se emplearan posteriormente los mismos y se demostrara que los materiales no cumplían la calidad exigible. Sin embargo no se podía exigir responsabilidad a dichas empresas, sino únicamente a los constructores, que son los destinatarios finales de los informes encargados a las empresas de control de calidad.

La Ley, asumiendo esa deficiencia, acoge dos figuras jurídicas: las entidades de control de calidad y los laboratorios de control de calidad.

- «Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable».
- «Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación».

14.3.3 Plazos de garantía

El artículo 1591 del C.C. establece un plazo de garantía de DIEZ AÑOS a cargo del arquitecto o contratista contados desde que concluyó la construcción, lo que excluye el plazo de un año que el art. 1968-2, señala para los supuestos de culpa extracontractual contados desde que el agraviado conoció el daño y pudo ejercitar la acción.

El plazo de diez años, como opina Santos Briz, se considera a modo de tiempo de prueba de la buena ejecución de los trabajos, significativo de que para poder ser ejercitada con posibilidad de viabilidad la acción de responsabilidad es requisito imprescindible que los vicios o defectos que se manifiesten durante la vigencia del plazo decenal, que, en definitiva, es revelador de una presunción de culpa del contratista o arquitecto director, según las causas, de naturaleza *iuris tantum*¹; plazo decenal distinto del de la prescripción de la acción que era el de 15 años, a tenor del artículo 1.964 del CC.

Claramente la jurisprudencia ha distinguido los dos plazos, el de garantía y el de prescripción.

Concretamente los plazos de garantía son los siguientes:

¹ Presunción que admite prueba en contra.

- Diez años por los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio. Se trata de los denominados defectos graves que dan lugar al derrumbamiento o pueden dar lugar sin duda al mismo de forma mediata. Son los defectos de la estructura del edificio, de los que el artículo 17 de la Ley cita algunos con carácter enunciativo, ya que es indudable que pueden existir también otros defectos de la estructura del edificio, como se infiere del propio artículo que utiliza la locución «u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio». (art. 17-1, letra a)
- Un plazo de garantía de tres años por los daños causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del apartado 1, letra c) del artículo 3. Se trata de una serie de defectos menores, pero que son de trascendencia en cuanto afectan a las condiciones de habitabilidad que exige la Ley y que hacen referencia 1) a la higiene, salud y protección del medio ambiente; 2) a la protección contra el ruido; 3) al ahorro de energía y aislamiento térmico; y 4) a otros aspectos funcionales de los elementos constructivos o de las instalaciones que permitan un uso satisfactorio del edificio. Se incluye aquí, en mi opinión, los supuestos conocidos como ruina funcional, que reiteradamente la ha recogido la Jurisprudencia, definiéndola la sentencia del T.S. de 20 de febrero de 1.989 «como aquellos defectos de la construcción que por exceder de las imperfecciones corrientes configuran un incumplimiento contractual que hace inútil lo construido para el cumplimiento de su destino conforme a su naturaleza», criterio sentado por reiteradas sentencias, como las de 30 de septiembre de 1983, 17 de febrero de 1984, 5 de marzo de 1984, 16 de julio de 1984, 20 de diciembre de 1985, 17 de febrero de 1986, 1 de febrero de 1988, 17 de julio de 1989, 15 de junio de 1990, 13 de julio de 1990, 25 de enero de 1993, 23 de marzo de 1993, 29 de marzo de 1994 y 30 de enero de 1997.
- Un plazo de garantía de un año, durante el cual responderá el constructor de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras. Aquí se incluye el supuesto de aquellas imperfecciones corrientes que incluso pueden no implicar violación del contrato, pero que indudablemente dan lugar a la correspondiente indemnización o reparación. En algunos caso, se pueden plantear problemas respecto si nos encontramos ante un supuesto de incumplimiento de los requisitos de habitabilidad o bien ante el supuesto de vicios o defectos de ejecución.

14.3.4 Diferencia entre los plazos de garantía y de prescripción

Otra novedad de la ley es la reducción del plazo de prescripción de 15 a 2 años. Anteriormente el plazo de prescripción de la acción era el del art. 1964 del CC, pues al tratarse de una acción personal y no tener previsto plazo especial de prescripción, el plazo aplicable era el de 15 años.

En cuanto al plazo de garantía, éste es un plazo de caducidad, como la califica la sentencia del Tribunal Supremo de 28 de diciembre de 1998, contado desde que concluyó la obra; una vez producidos los vicios ruinosos en este plazo, comienza el plazo de prescripción para ejercitar la acción de reclamación, que es de quince años, establecido con carácter general para las acciones personales en el segundo inciso del art. 1964 del CC.

Actualmente, el plazo de días a quo a partir del cual empieza a computarse el plazo de garantía de los diez años, tres años o un año, es a partir de la recepción de la obra, no de la construcción, como sucedía en la regulación anterior, que durante mucho tiempo seguirá todavía aplicándose a aquellos edificios construidos con anterioridad al 6 de mayo del año 2.000.

Por su parte, el plazo de prescripción actual, según el art. 18-1, es de 2 años, iniciándose el día a quo a partir de la producción de los daños, sin perjuicio de exigir las responsabilidades dimanantes del incumplimiento del contrato.

14.4 Contratación de montajes

Siguiendo el orden cronológico, a continuación de la construcción de obras civiles y muchas veces en paralelo, comienzan los trabajos de montaje mecánico.

Los trabajos de montaje se desglosan según las distintas especialidades que han de intervenir dentro del tipo de proyecto que se esté ejecutando. Así como en obras civiles es frecuente la figura del Contratista General, en montajes lo más frecuente es que cada especialidad sea objeto de un contrato separado.

Las principales especialidades de montaje son:

- Montaje mecánico,
- Montaje de tuberías,
- Montaje eléctrico,
- Montaje de aislamiento y calorifugado,
- Montaje de instrumentos

Todas estas especialidades están presentes en la ejecución de cualquier proyecto industrial, si bien la importancia de cada una de ellas varía con el tipo de proyecto en cuestión.

Así, en las plantas de proceso el montaje de tuberías e instrumentos es muy importante, mientras que en los proyectos de celulosa y papel o siderurgia, el mayor volumen lo representa el montaje mecánico de los equipos y máquinas. Las plantas de transformación metal-mecánica tienen un montaje mecánico abundante pero simple, aumentando la complejidad en las instalaciones generales tanto eléctricas como mecánicas. La documentación a incluir en la petición de ofertas hace referencia a todos los planos de cada especialidad, como a la propia especificación de su montaje.

En este punto hay que insistir que el alcance de la Ingeniería de Detalle no es el mismo para todas las especialidades y todos los tipos de proyecto.

Los planos de tuberías son extremadamente complejos y detallados en plantas de proceso, pero meramente indicativos en proyectos de plantas metal-mecánicas donde hay gran abundancia de tuberías, pero de diámetros muy pequeños que no justifican un trabajo muy detallado para reflejarlas en planos.

Lo mismo ocurre con la electricidad, aunque en este caso los planos de detalle para el trazado de los conductores y las bandejas que los soportan, son muchas veces realizados por el montador en vez de por la Empresa de Ingeniería. La razón es su mayor conocimiento de los procedimientos de montaje y en consecuencia la mejor adaptación de su proyecto, bajo las directrices generales de la Empresa de Ingeniería, a la realidad del montaje.

No es fácil establecer una separación clara entre planos de ingeniería de detalle y planos de montaje, aunque teóricamente se establezca que estos son simples esquemas que facilitan la interpretación de los planos principales. Es frecuente que el trazado de conductores eléctricos y el de aire y energía para instrumentación sea realizado también por los montadores y por las mismas razones antes acaecidas.

El sistema de petición de ofertas y la obtención de listas de proveedores sigue la misma normativa enunciada para los contratistas de obras civiles. El análisis y comparación suele ser realizado por los departamentos responsables de cada especialidad, con la ayuda de los ingenieros de proyecto. El proceso de decisiones se repite hasta la obtención de la adjudicación por parte de la Propiedad, seguido de la negociación y firma de los contratos.

14.4.1 El contrato

El contrato de montaje, como el de ingeniería, es un contrato de servicios en el que además existe una obligación de resultados.

El grado de responsabilidad del montador depende de su participación en la especificación, concepción y definición del plan de montaje. Si los requerimientos de la Empresa de Ingeniería son tan específicos y concretos que el montador es un mero elemento a su servicio, que únicamente aporta su trabajo material al montaje en curso, poca responsabilidad puede exigírsele en los errores o accidentes causados durante la ejecución. El último extremo el montador solo sería responsable de suministrar personal suficientemente adecuado para ejecutar los trabajos en la forma y manera que la Empresa de Ingeniería exige.

Este planteamiento no es el habitual, ya que la Empresa de Ingeniería suele presentar una ideas generales sobre cada montaje, dejando al buen criterio y profesionalidad del montador, su desarrollo y planificación. En estas condiciones la responsabilidad de la empresa de montaje en los resultados obtenidos será máxima.

Las garantías y responsabilidades a cargo del montador serán:

- En caso de defecto de montaje se verá obligado a repetir el trabajo defectuoso, sin cargo adicional alguno para la Propiedad.
- En caso de retraso con respecto al plazo de ejecución, soportará una penalidad previamente establecida y siempre que los retrasos le sean imputable.

El contrato de montaje, como todo contrato que implica manipulación de maquinaria, equipos, etc. en campo, implica una serie de riesgos a terceros, tanto materiales (daños a máquinas, instalaciones, propiedades de terceros, etc.) como personales.

La cobertura real de estos riesgos está en las compañías de seguros y aquí todas las soluciones son posibles y negociables.

Los contratos de seguros implican una serie de aspectos que es preciso establecer con claridad, como son:

- quién contrata el seguro
- qué clase de seguro se contrata
- con qué extensión
- quién soporta las franquicias
- quién responde por encima del límite de cobertura de la póliza.

La solución más eficaz es el **seguro de responsabilidad cruzada**, en el que tanto él como todos los contratistas aparecen como asegurados directos y principales.

14.4.2 Estimación del esfuerzo de montaje

Un problema común es que normalmente, cuando se piden ofertas de montaje mecánico a los subcontratistas especializados, éstos suelen dar sus presupuestos expresados en €/equipo para cada uno de los equipos que

componen el conjunto a montar. Esto, unido a que en muchas ocasiones las listas de equipos en las que figuran los costes de montaje sólo indican el nombre del equipo y su coste de montaje, hace muy difícil relacionar dicho coste con algún parámetro representativo de cada equipo, que nos ayude en otras valoraciones de montaje en el mismo lugar, en otra obra o en otro país.



Figura 14.4: Ejemplos de montaje de equipos

Sin embargo si se analiza por tipo de equipo la relación horas de montaje/peso se confirma efectivamente que los precios de montaje tienen un coeficiente de regresión muy alto con el peso del equipo, para cada uno de los distintos tipos de equipos.

Así de la bibliografía [3, 9] se pueden obtener unas fórmulas que expresen las horas de montaje(Y) en función del peso en toneladas (X):

Equipos estáticos y calderería:

$$Y = 44,7 * X^{-0,4072} \quad (14.1)$$

con $R^2=0,9935$ siempre que $1 < X < 30$

Intercambiadores de calor:

$$Y = 42,81 * X^{-0,3842} \quad (14.2)$$

con $R^2=0,9788$ siempre que $1 < X < 5$

Bombas con su motor:

$$Y = 98,564 * X^{-0,3937} \quad (14.3)$$

con $R^2=0,9958$ siempre que $0.1 < X < 5$

Bombas sin motor:

$$Y = 141,54 * X^{-0,4256} \quad (14.4)$$

con $R^2=0,9977$ siempre que $0.1 < X < 5$

Tornillos y cintas transportadoras:

$$Y = 56,496 * X^{-0,4553} \quad (14.5)$$

con $R^2=0,9875$ siempre que $0.1 < X < 5$

Conductos y tolvas:

$$Y = 60,97 * X^{-0,5963} \quad (14.6)$$

con $R^2=0,9774$ siempre que $0.1 < X < 3$

Ventiladores y soplantes:

$$Y = 121,31 * X^{-0,4085} \quad (14.7)$$

con $R^2=0,9237$ siempre que $0.1 < X < 3$

Agitadores:

$$Y = 71,932 * X^{-0,242} \quad (14.8)$$

con $R^2=0,9531$ siempre que $0.1 < X < 3$

Compresores y Centrífugas:

$$Y = 99,558 * X^{-0,3409} \quad (14.9)$$

con $R^2=0,9688$ siempre que $0.5 < X < 30$

Motores eléctricos:

$$Y = 127,44 * X^{-0,4839} \quad (14.10)$$

con $R^2=0,9877$ siempre que $0.1 < X < 1.5$

14.5 Contratos de suministro y montaje: «unidades paquete»

Este tipo de contratos mixtos de suministro y montaje, son muy típicos de determinadas instalaciones, dentro de la industria de la construcción. Así, en edificación, todas las instalaciones de fontanería, electricidad, calefacción, aire acondicionado, etc. suelen ejecutarse mediante este tipo de contratos. Por extensión, en los proyectos industriales y cuando se trata de instalaciones generales en edificios, sean de producción, sean de servicios auxiliares o sociales, se sigue el mismo procedimiento.

Sin embargo, el uso al que queremos referirnos más concretamente no es éste, aunque se le puede asimilar. Se trata de lo que se llaman «**unidad paquete**». En cualquier proyecto industrial hay una serie de instalaciones que, por razones de seguridad, complejidad o tradición se compran como un conjunto integrado, como una «unidad paquete» con responsabilidad completa por parte de suministrador.

Ejemplos típicos pueden ser:

- Las instalaciones de tratamiento de agua de calderas
- Las instalaciones convencionales de tratamiento de aguas residuales
- Los sistemas de enfriamiento de agua
- Las instalaciones de vapor
- Las instalaciones de manipulación de sólidos
- Las instalaciones de pintura, galvanización, etc.

Y, en general, cualquier unidad cuya valoración y rendimiento esté no en unos equipos aislados, sino en un conjunto integrado con unas características y rendimiento, que es lo que caracteriza a la «unidad paquete».

Las «unidades paquete» hay que definir las en el arranque del proyecto y es labor del ingeniero de proyecto decidir cuales van a ser las partes que reciben este tratamiento.

Las "unidades paquete" han de ser objeto de una especificación técnica general, que es la que se utiliza para la petición de ofertas. Los planos, en estos casos, se limitarán a fijar su situación aproximada en el plano de implantación y los puntos a los que habrá que conectarlos.

Las alimentaciones a las propias "unidades paquete" no podrán definirse exactamente hasta tener los planos de detalle dichas unidades.

Esto afecta también a la ingeniería civil y, en muchas ocasiones, los planos del suministrador de la unidad se incorporan, en la parte civil, a los generales de ingeniería de Detalle a fin de que puedan construirse dentro del plan general.

Sin embargo, a partir de la ingeniería civil, hecha de acuerdo con sus instrucciones, el montaje de toda la "unidad" es responsabilidad de su suministrador.

El aumentar el número de "unidades" en un proyecto facilita la tarea de coordinación de la Empresa de Ingeniería, ya que ésta apenas tiene que meterse en las interioridades de las unidades que se compran, no tanto por sus componentes o características como por una especificación global de consumos, producción y rendimientos.

14.6 Organización de la obra

La mayor eficacia de la supervisión de construcción y montaje está en función de una adecuada organización de la obra.

La organización de la obra responde a un esfuerzo simultáneo de la Propiedad, la Empresa de Ingeniería y los contratistas.

El tipo de contrato establecido para la construcción y montaje será el punto de partida para organizar de una u otra manera la obra.

Aunque son muchas las alternativas y distintos los casos que pueden presentarse, a efectos de organización pueden estudiarse los dos que con más frecuencia suelen presentarse y que con la existencia de un contratista general único o la de varios contratistas distintos.

14.6.1 Caso de contratista único

Este es el caso más fácil y cómodo para la Empresa de Ingeniería ya que su labor de supervisión se ve muy apoyada y a la vez reducida por la propia organización del contratista.

En estos casos el contratista general suele tener una buena organización que le permite el control de todo programa de construcción y que cuenta con el personal para su propia supervisión interna.

La Empresa de Ingeniería mantendrá un equipo de supervisión mínimo destinado a controlar la marcha y los resultados del contratista general, pero habitualmente no intervendrá en su organización.

El contratista general presentará un plan de obra al Director de Obra, quien procederá a su aprobación y que se convierte en el elemento básico de control del proyecto en esta fase.

La Empresa de Ingeniería vigilará el cumplimiento de las distintas etapas del plan, avisará a la Propiedad en aquellos casos que a su juicio pueden aparecer circunstancias que impidan el correcto cumplimiento del contrato.

Apenas será necesaria la coordinación en obra, ya que el propio personal del contratista general se encargará de ello.

Así, la labor de la Empresa de Ingeniería será fundamentalmente la Dirección Facultativa de la obra y el equipo de supervisión podrá reducirse al propio Director de Obra y a un Aparejador, como ayudante, en las obras de construcción en que legalmente sea necesario. Esta solución reduce la participación de la Empresa de Ingeniería y deja en manos del contratista general la práctica totalidad de las decisiones.

Aunque esta organización es poco utilizada en los grandes proyectos industriales, sí lo es frecuentemente en los proyectos de tipo medio y muy especialmente en los de edificación.

La existencia de un contratista general limita totalmente la posibilidad de que la Empresa de Ingeniería haga sus veces y en estos casos la utilidad que se puede obtener del uso de una Empresa de Ingeniería es mínima.

14.6.2 Caso de varios contratistas

En este caso la utilización de la Empresa de Ingeniería tiene toda su razón de ser, ya que alguien tiene que tomar a su cargo, de una u otra manera, la dirección y coordinación de la construcción y montaje del proyecto.

La organización de obra es más compleja, ya que está encaminada a dirigir y coordinar, con la colaboración de la Propiedad, toda la etapa de construcción y montaje.

La organización de obra en estos casos está formada por varios elementos claves, que son el propio Director de Obra y los supervisores que, en dependencia de él, vigilan y supervisan los distintos tajos de la obra.

El número de supervisores depende del volumen y del número de contratistas utilizados, aunque como norma debe existir un supervisor cualificado por cada una de las especialidades y esto con independencia de las incidencias económicas que ello represente.

Sin embargo y en orden a estas razones económicas, suele limitarse el número de supervisores a las

especialidades con mayor volumen de trabajo.

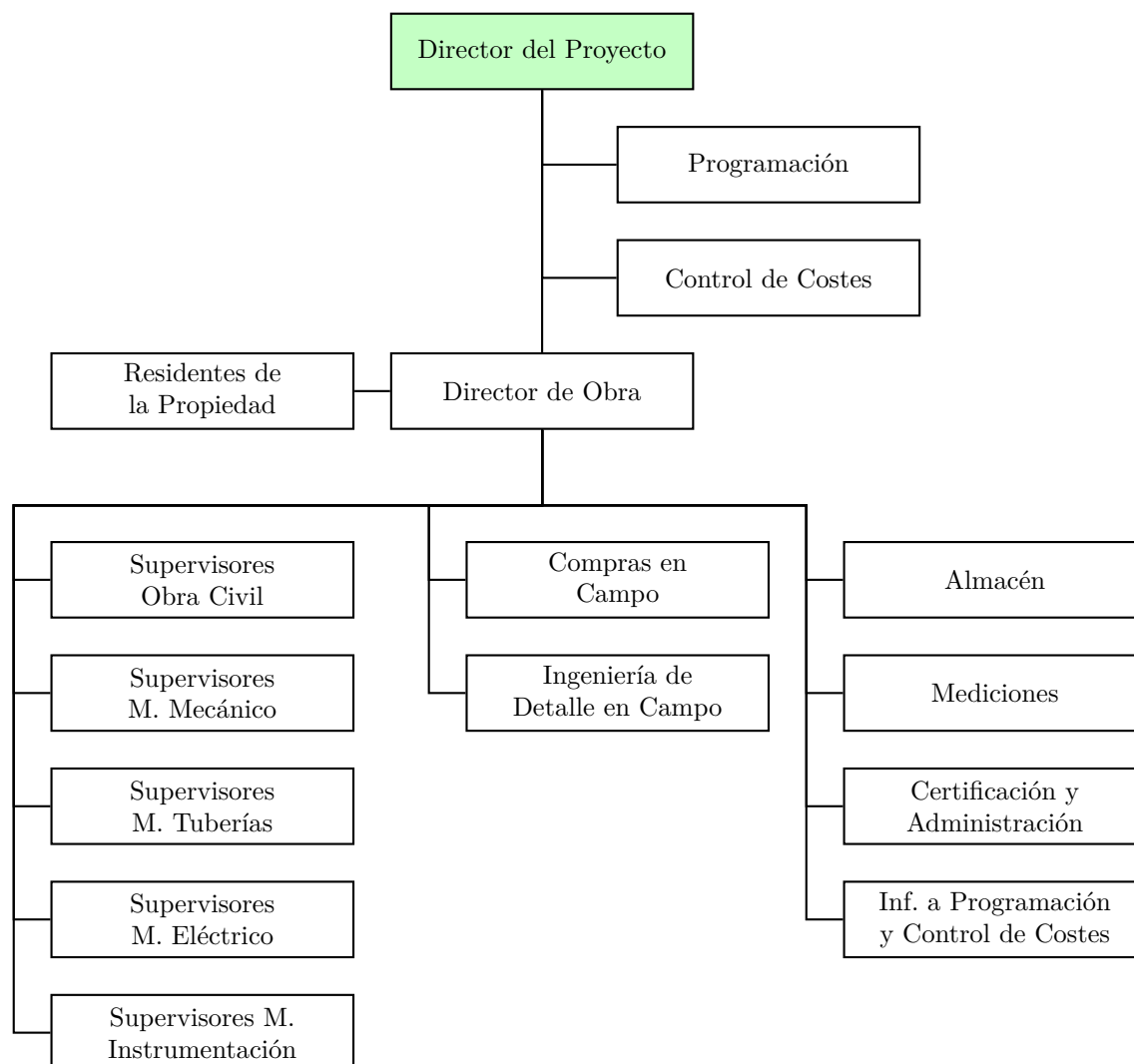


Figura 14.5: Organigrama para la Supervisión de un Proyecto en Obra.

Un esquema típico de la organización de supervisión de un proyecto de planta de proceso de tamaño medio sería la de la Figura 14.5. En él aparecen una serie de funciones auxiliares cuyo volumen e importancia es proporcional a la magnitud del proyecto. Así, "Ingeniería de detalle en campo" suele estar formada por un grupo de delineantes que realizan esquemas, croquis, planos de detalle, a partir de los planos generales suministrados por la oficina principal.

Estos detalles suelen ser de obra o montaje y tienen como finalidad facilitar la labor del personal del contratista en su interpretación de los planos del proyecto.

"Almacén" es una función delicada, ya que le corresponde recepcionar en campo todos los materiales y equipos, almacenarlos y controlar entradas y salidas a fin de conocer en todo momento las necesidades pendientes de cubrir.

En ocasiones también suele realizar la gestión de compras de pequeños materiales locales, necesarios para la buena marcha de los montajes. Cuando este trabajo adquiere cierta importancia, se hace necesario independizarlo y así parece una actividad de "Compras en campo" responsable directamente de este trabajo.

"Mediciones" es una función propia del Director Facultativo de la obra, (o del aparejador de la obra si existe, y en lo referente a obras civiles). En muchos casos está cubierta por algún delineante experimentado

que es el responsable de realizar dichas mediciones, para compararlas con las que los contratistas presentan a fin de comprobar la veracidad y exactitud de sus datos. Esta tarea no se limita a las obras civiles, sino que se extiende también a la comprobación de los montajes.

"Certificación y Administración" es responsable de toda la burocracia de la obra, así como de la comprobación de las certificaciones de contratistas que constituye su responsabilidad más acusada.

Por "Certificación", término muy utilizado en construcción, se entiende una especie de factura, especialmente estructurada, en la que aparecen los volúmenes de obra realizados hasta la fecha, multiplicados por los precios contractuales acordados, de tal forma que la suma de todo ello constituye el total del contrato realizado a esa fecha. La diferencia de importe entre certificaciones consecutivas, corresponde al valor del trabajo desarrollado entre esas dos fechas.

Aprobada la medición hay que comprobar que los precios aplicados son contractuales, a fin de aprobar o modificar la certificación.

El Director de Obra, además de depender del Director de Proyecto y estar en íntima relación con el "Ingeniero residente de la Propiedad", está también conectada con los departamentos de programación y control de costes, ya que estos dos puntos son primordiales de conocer y controlar.

A través de esta ligazón, los departamentos de programación y control de costes reciben información puntual de la marcha de la obra y emiten revisiones periódicas de la programación inicial, a fin de comprobar la buena marcha de los trabajos. La aparición de desviaciones importantes obliga a la toma de medidas urgentes para su comprobación.

Será tarea de "Información a programación y control de costes" el enviar puntualmente a la oficina principal los datos necesarios para el seguimiento día a día de los trabajos.

14.7 El director de obra

En esta fase de ejecución material de los trabajos, el Director de Obra es la persona de mayor autoridad y responsabilidad en la obra.

Depende directamente del Director de Proyecto y es responsable de la dirección, coordinación y control de la construcción y de los montajes, a fin de no sobrepasar ni el coste ni el plazo estimado para ellos.

El Director de Obra suele ser también el Director Facultativo, en los casos en que ello es necesario. Es el interlocutor habitual con la Propiedad en obra a través, la mayoría de las veces, de un Ingeniero residente de la Propiedad.

El Director de Obra debe estudiar todos los documentos de la Ingeniería de Detalle antes de comenzar la construcción, con el fin de detectar, para que se corrijan, posibles errores o faltas de coordinación.

Si durante el desarrollo de la obra detecta falta de detalles, debe solicitar su realización a los autores de la ingeniería, aunque muchas veces y en favor de la rapidez tome él las decisiones necesarias.

Debe realizar la obra ateniéndose exactamente a los documentos recibidos, limitándose a sugerir aquellas modificaciones que considere convenientes, pero sin acometerlas hasta recibir la debida aprobación.

La autoridad real del Director de Obra depende de cada organización: unas son muy estrictas, impidiéndole apartarse lo más mínimo de la ingeniería de detalle recibida y otras le proporcionan la máxima flexibilidad.

Debe administrar el proyecto tanto desde el punto de vista del personal a sus órdenes, como de las compras en obra, la aprobación de certificaciones y la discusión de precios contradictorios.

También será responsable del control y cumplimiento de los plazos de ejecución.

Es preciso destacar en este punto la importancia del libro de órdenes y asistencias, como registro de lo acaecido formalmente en la obra. En toda obra de edificación, será obligatorio el Libro de Órdenes y Asistencias, en el que el Ingeniero Industrial deberá reseñar las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

El Libro de Órdenes y asistencias estará, en todo momento, en la obra a disposición del Director de la misma, quien deberá consignar en él las visitas, incidencias y órdenes que se produzcan en su desarrollo.

Cada asistencia, orden o instrucción deberá ser extendida en la hoja correspondiente, con indicación de la fecha en que tenga lugar, la firma del Director, y el *enterado* del constructor, técnico o encargado que, en su caso, le represente.

Las hojas, una vez cumplimentadas en la forma que en el apartado anterior se dice, quedarán formando parte del Libro. Las dos copias, con indicación de destino, se separarán del libro y quedarán, como así lo indican, una en poder del Director de la Obra, y la otra en poder del constructor, instalador o persona que le represente respectivamente.

El Libro deberá presentarse al finalizar las obras en el Colegio profesional, juntamente con la certificación y certificado final de obra.

14.8 Los supervisores

Los supervisores de construcción y montaje son aquellos técnicos especializados en sus áreas respectivas que auxilian al Director de Obra en el control y dirección de los trabajos.

Los supervisores vigilan la ejecución del trabajo por parte de los contratistas que trabajan en su especialidad, controlan su calidad y la adecuación de la obra a la ingeniería de detalle.

Colaborar con los contratistas en la organización de su parte de la obra y actuar de coordinadores con el resto de los contratistas a través de los supervisores correspondientes. Sus atribuciones son variables, en función del papel que la Empresa de Ingeniería desarrolla y de los contratos firmados.

Cualquier anomalía o circunstancia que afecta a la seguridad, calidad o plazo de los trabajos deben comunicarla al Director de Obra, quien tomará las decisiones que correspondan. Especialmente si actúa como Director Facultativo, el único que tiene autoridad legal sobre los contratistas es él.

El número de supervisores y su especialización es variable según el volumen y tipo del proyecto en cuestión.

14.9 Las relaciones en la obra

Los principales elementos que participan en la obra son:

- Propiedad
- Empresa de Ingeniería
- Oficina Principal-Ingeniería de Detalle
- Oficina de obra-planos de detalle

- Contratista
- Suministradores

La Propiedad suele delegar en uno o varios Ingenieros residentes, que dependen de su Director de Proyecto.

La Empresa de Ingeniería, a su vez, delega en el Director de Obra, dependiente directamente del Director de Proyecto propio.

Los contratistas suelen tener un jefe de obra o encargado y los suministradores tienen muy poca relación directa, salvo en aquellos equipos cuyo montaje requiere la presencia de personal especializado. La mayoría de los suministros terminan en posición **F.O.B. fábrica** o **C.I.F. campo** y a partir de allí el manejo de los suministros depende del departamento de expedición y del jefe del almacén.

El Director de Obra tiene la máxima autoridad, dentro de las atribuciones que el contrato otorgue a la Empresa de Ingeniería. El Ingeniero residente debe velar por el cumplimiento de ese contrato y negociar en cada momento las incidencias que ocurran, adoptando las decisiones que correspondan o comunicándoselas a sus superiores para que se tomen al nivel correspondiente.

Es aconsejable que periódicamente (una vez por semana) los representantes de los contratistas, el Director de Obra y el Ingeniero residente mantengan reuniones de coordinación a fin de analizar el avance de los trabajos, los problemas pendientes y las medidas para solucionarlos, así como para programar en detalle las actividades del período siguiente.

Objeto primordial de estas reuniones será la solución de interferencias entre contratistas y la fijación de prioridades, así como la solución de los posibles problemas técnicos que puedan suscitarse.

14.10 Modificaciones y ampliaciones

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

Se entiende que hay una modificación (cambio o sustitución) cuando se detecta una solución alternativa de cualquier aspecto constructivo, que por cualquier razón constructiva, de mercado o de tiempo es de interés. La evaluación económica de esa modificación, la asignación de responsabilidad en cuanto a la asunción de ese coste y la aprobación del mismo, son extremos de la mayor importancia.

Las ampliaciones son aquellas modificaciones que en vez de reducir y simplificar el diseño original, añaden claramente algún elemento nuevo, con el correspondiente incremento de coste. En todo este proceso se distinguen varias etapas y distintas actuaciones, así se tiene:

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

Los cambios suelen y pueden sugerirlos cualquiera de las partes involucradas. La evaluación suele hacerla la Empresa de Ingeniería, quien a su vez debe dar su aprobación teórica. La aprobación del gasto corresponde a la Propiedad, quien a su vez es la que asume este coste la mayor parte de las veces.

Si las alteraciones se deben a una mala ejecución, el coste debe correr a cargo del contratista responsable.

Los errores debidos al diseño de la Empresa de Ingeniería deben ser asumidos por ésta, que tiene la responsabilidad de volver a ejecutar los planos y documentos necesarios para corregir sus errores.

Es discutible si la Empresa de Ingeniería tiene que responder del coste de la ejecución material de aquellas obras mal realizadas debidas a sus propios errores de diseño o supervisión, aunque la tónica más general es la de que no sea responsable de ello, al estimarse que la Empresa de Ingeniería actúa como cualquier profesional, a su mejor saber y entender, pero sin estar libre de posibles errores.

14.11 Reclamaciones y precios contradictorios

Con independencia de las alteraciones anteriores que se producen en campo y sobre las propias tareas de cada día, existen dos fuentes de problemas habituales en esta fase del proyecto industrial: las reclamaciones por errores en los equipos recibidos y la aparición de unidades de obra o tareas no previstas y en consecuencia sin precio establecido.

Las reclamaciones suelen controlarse en cuanto a su coste, de forma que se hagan, si es posible, los arreglos pertinentes en campo y después se cargue su coste al suministrador que corresponda.

La aparición de nuevas unidades o tareas suele deberse a un trabajo deficiente de Ingeniería de Detalle, o a alguna modificación por sustitución de materiales.

En cualquier caso los nuevos precios deben ser discutidos entre la Empresa de Ingeniería y el contratista y presentados, con el correspondiente informe, por aquella a la Propiedad para su aprobación.

14.12 Programa de puesta en servicio

La terminación mecánica, como se ha visto antes, pone fin a la etapa de montaje y la planta queda en condiciones de iniciar su puesta en marcha [6].

Toda esta última etapa de la ejecución material del proyecto, desde que se da por finalizado el montaje hasta que se inicia la operación normal, suele conocerse como Puesta en Servicio y tiene tres etapas bien identificables, aunque se superpongan en el tiempo. Son las operaciones preliminares a la puesta en marcha que incluye las pruebas finales, la puesta en marcha propiamente dicha y la puesta en operación.

La Puesta en Servicio requiere una serie de precauciones y sobre todo una programación detallada, que no debe dejarse para el último momento, sino que ha de realizarse durante la fase de Ingeniería de Detalle.

El programa de Puesta en servicio tiene que considerar, en primer lugar, todas las actividades que se van a incluir en esta etapa, establecer su ordenación y sus prioridades y fijar así en qué momento, muy anterior a veces de su ejecución, hay que iniciar ciertas actividades o tomar decisiones que pueden condicionar esta última fase del proyecto.

Entre otros puntos importantes el programa debe tener en cuenta elementos y actividades tales como:

- Recursos necesarios para la puesta en marcha
- Manuales de operación
- Personal de operación
- Operaciones preliminares
- Pruebas

- Hojas de registro
- Puesta en marcha
- Manual de mantenimiento
- Personal de mantenimiento
- Laboratorios
- Administración de la planta que constituyen en sí la esencia de la Puesta en Servicio de una planta.

Un aspecto importante es el económico y habrá que disponer de un presupuesto adecuado para esta etapa, que cubra no solo los costes de personal y materiales utilizados, sino también aquellas modificaciones de la planta que en el curso de la Puesta en Operación se manifiestan necesarias.

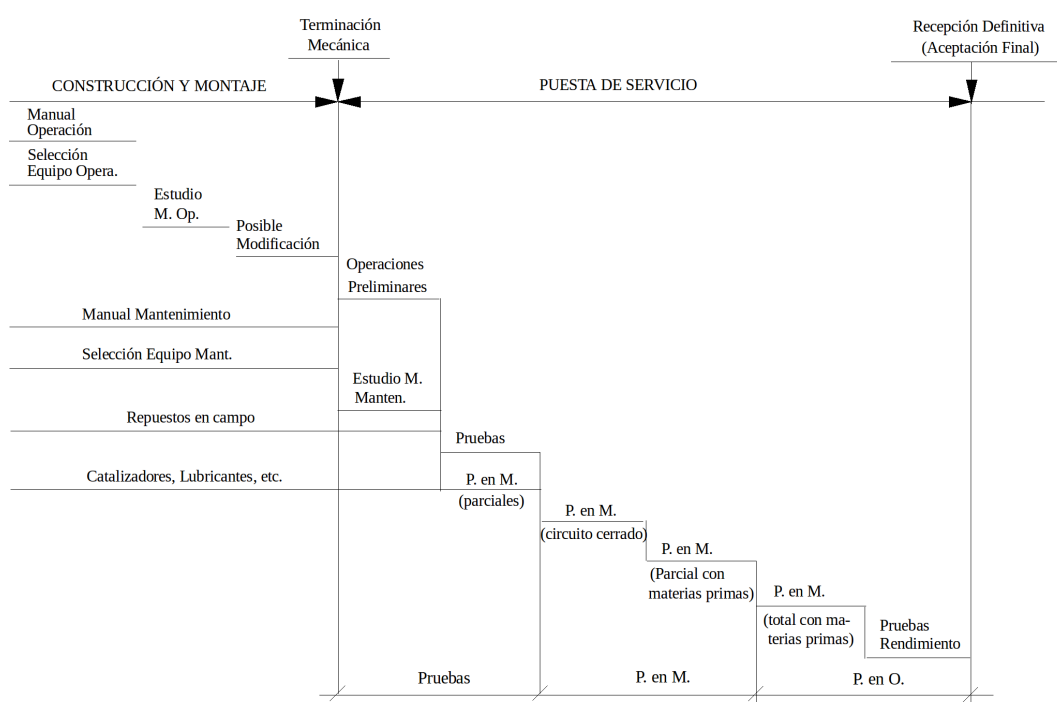


Figura 14.6: Diagrama de Puesta en Operación.

El esquema de la Figura 14.6 permite fijar en el tiempo las distintas actividades incluídas en el Programa de Puesta en Servicio.

14.13 Organización de la puesta en servicio

La Puesta en Servicio de una planta requiere una organización específica, encabezada por un responsable único, el Jefe de Operación, que dirige, coordina y controla todas las actividades en esta etapa.

La calidad técnica y humana de esta persona supone un alto porcentaje del buen éxito del proyecto.

Hay que tener en cuenta que toda esta etapa supone poner la planta en condiciones normales de producción, alcanzando por lo menos los rendimientos fijados como normales en la Ingeniería de Proceso.

El Jefe de Operación puede pertenecer al personal del contratista, situación frecuente en los contratos "llave en mano"; a la Empresa de Ingeniería y más frecuentemente a la Propiedad. En algunos casos toda esta etapa se contrata con una firma especializada que es la que suministra el personal necesario.

En cualquier caso el Jefe de Operación debe manejar un grupo de operadores a la vez que el equipo de mantenimiento y tiene que contar con la asistencia de algunos elementos de los que participaron en la Ingeniería de Proceso. También necesita disponer de un soporte administrativo suficiente, que suele estar formado por el propio equipo que después va a administrar la planta.

Los operadores pueden pertenecer a la plantilla de la Propiedad y proceder de otras plantas similares, lo que es muy aconsejable, aunque también puede ser personal especialmente contratado para la posterior operación normal de la planta. En este caso debe ser seleccionado con tiempo suficiente para poder entrenarlo en sus cometidos.

A estos efectos es indispensable disponer de un "Manual de Operación" que les permita conocer en todos sus detalles el trabajo que van a realizar.

El equipo de mantenimiento suele también seleccionarse con tiempo suficiente para familiarizarse con la planta, de forma que pueda resolver lo mejor y más rápidamente posible las naturales incidencias de una Puesta en Marcha.

A lo largo de la Puesta en Marcha es necesario analizar y controlar los productos intermedios y finales que se van obteniendo, a fin de afinar el proceso y además tener datos fiables para comprobar si las garantías de proceso se están o no cumpliendo, lo que exige contar con un buen laboratorio muy al alcance de la mano.

El personal de Ingeniería de Proceso es conveniente para disponer no solo de todos los documentos en base de los cuales se ha diseñado la planta, sino que es el más indicado para estudiar como puede influir en el conjunto cualquier cambio que se presente como necesario o conveniente.

Todo este trabajo requiere un control de costes, con personal auxiliar y un soporte administrativo, que como ya se ha dicho suele ser proporcionado por el futuro personal administrativo de la planta.

La Figura 14.7 refleja un organigrama típico de como suele organizarse la Puesta en Servicio de un proyecto.

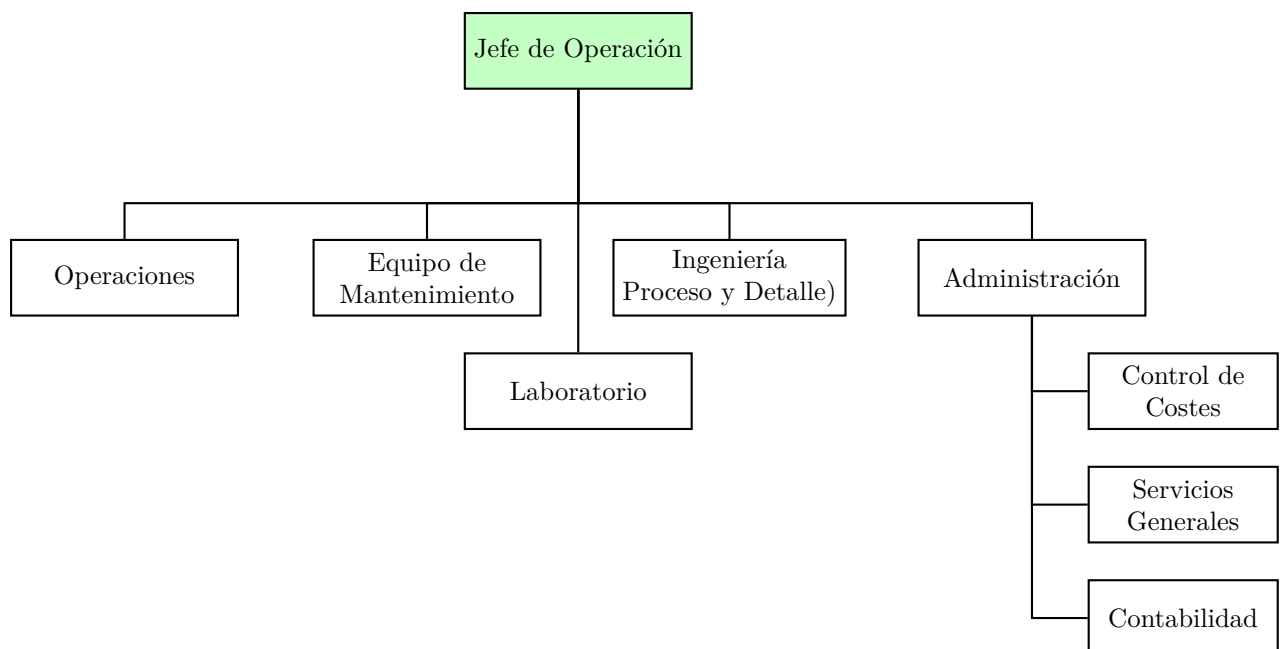


Figura 14.7: *Pruebas, Puesta en Marcha y en Operación.*

14.14 Manuales de operación y mantenimiento

Ya se ha hablado del interés de ambos manuales y de como su redacción y compilación, al igual que la del Catálogo Mecánico, hay que realizarla en paralelo con los trabajos de ingeniería y compras.

Al igual que el Catálogo Mecánico recoge toda la información sobre equipos y repuestos y es indispensable tanto para la puesta en marcha como para el mantenimiento, el Manual de Operación debe reunir toda la información necesaria y en la secuencia adecuada para el mejor manejo de la planta.

El Manual de Operación debe contener, fundamentalmente, la información que se incluye:

- PROGRAMA GENERAL DE OPERACIÓN
- INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD Y PRECAUCIONES ESPECÍFICAS
- ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS
- DIAGRAMAS DE FLUJOS:
 - UNIDADES DE PROCESO
 - SERVICIOS AUXILIARES
 - LISTA DE EQUIPOS
 - LISTA DE LÍNEAS, CON TODA SU INFORMACIÓN
 - MATERIALES
 - PRESIONES
 - TEMPERATURAS
 - ESPESORES
 - AISLAMIENTOS
 - PRESIONES DE PRUEBA, ETC.
- INSTRUCCIONES DETALLADAS DE OPERACIÓN
- FORMATOS DE DATOS E INFORMES DE OPERACIÓN
- SISTEMA DE MANEJO DE PRODUCTOS

El Manual de Mantenimiento se reduce fundamentalmente al Catálogo Mecánico, que se completa con los planes de mantenimiento, tanto preventivo como normal y el procedimiento de manejo de repuestos.

Toda esta información debe ser perfectamente estudiada y asimilada por el personal respectivo. Las instrucciones en ambos casos, si se trata de plantas con peligro de explosión, deben ser cuidadosamente definidas, controladas y seguidas para evitar posibles catástrofes.

14.15 Operaciones preliminares: pruebas

Establecida la organización correspondiente, conocedores sus elementos de todo lo referente a la planta mediante los Manuales de Operación y Mantenimiento y aprobado el programa de Puesta en Servicio, el primer trabajo es el que se define como "operaciones preliminares: pruebas".

Esta etapa hace de puente entre la "terminación mecánica" y la verdadera "puesta en marcha" y actividades propias de ella son:

1. PUESTA EN MARCHA DE TODOS LOS SERVICIOS AUXILIARES. PRUEBAS OFICIALES DE AQUELLOS QUE LO REQUIERAN (calderas de vapor, etc.)
2. COMPROBACIÓN DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DE AQUELLOS EQUIPOS ACCIONADOS POR VAPOR (turbinas, etc.)
3. SECADO DE HORNOS, SI EXISTEN, MEDIANTE EL PROGRAMA ACONSEJADO POR EL PROPIO FABRICANTE. (La elevación de temperatura suele ser muy lenta y el curado del refractario no es completo hasta bien entrada la operación).
4. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD CON AGUA DE TODOS LOS CIRCUITOS A LA PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO PERMISIBLE. (Comprobación del correcto embridado de todas las conexiones).
5. LIMPIEZA DE TODOS LOS CIRCUITOS MEDIANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS. (Lavar frecuentemente los filtros de aspiración a fin de eliminar posibles impurezas que todavía permanezcan en los circuitos).
6. DRENAJE DE TODOS LOS CIRCUITOS Y COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE RECOGIDA.
7. SECADO DE CIRCUITOS Y UNIDADES (aire o gases inertes previamente calentados).
8. COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA. (Doble alimentación eléctrica, bombas de reserva, entrada automática en funcionamiento de turbinas, grupos electrógenos para red contra incendios, etc.).

En paralelo con estas pruebas es necesario almacenar todos los materiales necesarios para la puesta en marcha, como son:

- Catalizadores
- Lubricantes
- Aditivos químicos

También habrá de comprobarse que se dispone de todos los repuestos necesarios a fin de poder reparar rápidamente cualquier bomba, válvula, instrumento, etc., que pueda fallar durante la operación.

Las materias primas necesarias, su almacenamiento y el correspondiente a los productos intermedios y finales, deben estar totalmente preparados al final de esta etapa. La responsabilidad de hacer todo esto no está totalmente clara la mayoría de las veces, al punto que el American Petroleum Institute (API) ha preparado y editado un documento titulado API 700 "Check List for Plant Completion" que facilita la división de estos trabajos mediante una doble lista a asignar a la Propiedad o al contratista.

14.16 Puesta en marcha en circuito cerrado

En esta etapa se inicia realmente la operación, aunque las materias primas todavía no comienzan a entrar en las primeras unidades de proceso.

Entre las "operaciones preparatorias" aparecen toda una serie de puestas en marcha parciales y pruebas de determinados equipos y circuitos.

Como final de esa etapa se inicia la "puesta en marcha" de la planta pero en vez de utilizar las materias primas señaladas por el proceso se utilizan fluidos más seguros y convencionales, como son agua, aire o nitrógeno.

La planta se pone en marcha en su totalidad, en circuitos cerrados, tan largos como sea posible, sustituyendo los fluidos de proceso por agua (líquidos) y aire o nitrógeno (gases).

Naturalmente las condiciones de operación no serán las de proceso, aparte de que no se efectúa ninguna reacción química.

Sin embargo, si esta "puesta en marcha" está bien estudiada y se ha realizado un diagrama de proceso adaptado a los fluidos de prueba, es posible comprobar la adecuación de la instrumentación y de los sistemas de control a la operación real.

Estas pruebas dinámicas con fluidos inertes permiten comprobar el funcionamiento de los equipos mecánicos, familiarizar a los operadores con la planta y determinar la posición de los instrumentos y su respuesta.

Las pruebas pueden durar varias semanas y durante ellas es conveniente tratar de llevar a los distintos equipos a sus condiciones normales de operación, a fin de poder observar su comportamiento así como el de los instrumentos.

Estas pruebas pueden poner de manifiesto distintas deficiencias de la planta, que pueden corregirse antes de la "puesta en operación".

14.17 Puesta en operación

De acuerdo con el programa previsto y siguiendo las instrucciones del Jefe de Operación, una vez terminada la puesta en marcha en circuito cerrado, la planta está en condiciones de comenzar la operación.

La puesta en operación supone introducir en la planta las materias primas correspondientes y seguir sus reacciones hasta la obtención del producto o productos finales previstos.

Como la mayoría de las plantas constan de distintas secciones, es frecuente poner primero en operación las más simples, utilizando en muchas ocasiones productos intermedios como materias primas.

Cuando se consigue ajustar cada sección y comienzas a funcionar normalmente, se comienza su integración con la anterior o siguiente, hasta completar así la totalidad de la planta.

A lo largo de la operación es necesario llevar un control, diario como mínimo, aunque es aconsejable cada 4 ó 6 horas, mediante las hojas de registro, en las que se reflejan las principales constantes y características de la planta tomadas en todas las unidades y equipos y en aquellos puntos que sea aconsejable controlar.

Esta información debe permitir calcular el funcionamiento diario de la planta en una forma simple y rápida, utilizando suficientes cálculos de precisión media, que simplifiquen el cálculo exacto de todo el sistema.

Tanto los productos finales como los intermedios deben ser objeto de frecuentes análisis de laboratorio, mediante la obtención de muestras representativas.

Los resultados de estos análisis deben ser rápidos y totalmente fiables.

A partir de los resultados del laboratorio y de los registros que reflejan las características y parámetros en los puntos importantes de la planta, es posible establecer la comparación entre las condiciones de cálculo que se habían previsto para el proceso y la evolución real del mismo.

Con independencia de disponer de un buen proceso, de una ingeniería cuidadosa y de una puesta en servicio eficiente, es muy probable que aparezcan dificultades durante la puesta en marcha.

Estas dificultades suelen ser originadas por distintas causas, como son:

- fallos del equipo o de sus materiales;
- insuficiencia del equipo;
- fallos de la construcción o el montaje;
- fallos del proceso en relación con la experiencia de laboratorio, etc.

R. Holroyal (Chemical Engineering, U. S. A., Agosto 1967) establece el origen de las dificultades de puesta en operación y las clasifica en las siguientes causas:

- Fallos de equipo y/o materiales : 61 %
- Errores de diseño : 10 %
- Errores de construcción y/o montaje : 16 %
- Fallos de operación : 13 %

14.18 Garantías de funcionamiento. Recepción definitiva

Durante la puesta en operación y cuando el funcionamiento de la planta se aproxima a las condiciones consideradas como normales, es el momento de efectuar las pruebas de rendimiento ligadas frecuentemente a las garantías dadas por el suministrador de proceso, directamente o a través de la Empresa de Ingeniería.

En las condiciones contractuales de compra del proceso suelen establecerse con detalle las garantías que el vendedor presta a su cliente; sin embargo no suele precisarse con el mismo detalle los procedimientos y metodología para efectuar su medición.

Estas condiciones suelen ser establecidas por el representante del propietario de la licencia y el personal de operación del cliente.

Las pruebas se realizan durante el tiempo acordado, controlando las condiciones de proceso dentro de lo establecido por el licenciante y midiendo consumos, rendimientos y características de la operación.

Efectuada una primera serie de pruebas, si los resultados no son positivos; es decir, no se cumplen a cabalidad las garantías ofrecidas, es frecuente que figure en el contrato una segunda tanda de pruebas, una vez realizadas las modificaciones que se hayan hecho aconsejables tras el análisis de las pruebas primeras.

Efectuada esta segunda tanda es frecuente también que, si no se consiguen los resultados garantizados, existan previsiones contractuales para el pago de penalidades en función de las diferencias entre las condiciones ofrecidas y las realmente conseguibles.

En este momento suelen cesar los compromisos contractuales del licenciante de proceso y de la Empresa de Ingeniería y es el momento de efectuar la "recepción definitiva" de la planta, también llamada "aceptación final".

A partir de ese momento las únicas garantías que quedan en vigor son las de los suministradores de equipos, en cuanto al funcionamiento mecánico de los mismos, si es que no han transcurrido ya los plazos de garantía ofrecidos.

En ocasiones la recepción definitiva se pacta en función de un tiempo fijo desde la provisional, lo que puede ocasionar que ésta todavía se demore algunos meses a pesar de finalizar las pruebas de garantía de proceso.

Esto último es frecuente en plantas "llave en mano" donde la recepción provisional suele ligarse a la terminación mecánica, juntamente con la transferencia de propiedad, y la definitiva un año o seis meses después.

14.19 Conclusiones

14.19.1 Puntos tratados

En esta lección se ha aprendido a comprender las actividades relacionadas con las etapas de construcción, montaje y puesta en servicio.

Finalmente se ha revisado el papel de cada uno de los agentes de este proceso, incluyendo obligaciones y responsabilidades.

14.19.2 Preguntas abiertas

1. Si somos una empresa constructora que posee la grua de la figura y que durante su trabajo, al girar, daña el horno de la cementera, al destrozar uno de los cojinetes que facilita su rotación. ¿qué responsabilidad tendría nuestra empresa?



Supuesto

La empresa EASYBUILT, S.A., tiene que terminar a 13 de agosto de 2009 una obra de 1.500.000 € adjudicada el 2 de enero de 2009. Uno de sus subcontratistas ha fallado al suministrar un equipo (torre de destilación) en plazo, lo que hace que el Director de la Obra reciba una reclamación de la compañía de montaje por lucro cesante, al tener que mantener en la misma a su personal, sin actividad y a la espera del equipo retrasado.

El planteamiento se basa en que, o bien reciben una compensación por los gastos incurridos más el derivado del trabajo no realizado en otro contrato o bien abandonan la obra en su estado actual y no regresan a la misma.

¿Qué cree que debería decir el director de obra?

Referencias

- [1] CHINOWSKY, P., AND SONGER, A. *Organization Management in Construction*. Taylor & Francis, 2011.
- [2] DAVIES, G. *Book Commissioning and Acquisition*. Routledge, 2004.
- [3] ESCOBAR, J. S. *Mantenimiento y montaje de instalaciones de edificio y proceso. Grado superior*. Ministerio de Educación, 1996.
- [4] HARKER, K., AND INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS. *Power System Commissioning and Maintenance Practice*. IEE power series. Institution of Electrical Engineers, 1998.
- [5] HUSE, J. *Understanding and Negotiating Turnkey and EPC Contracts*. Sweet & Maxwell, 2002.
- [6] KILLCROSS, M. *Chemical and Process Plant Commissioning Handbook: A Practical Guide to Plant System and Equipment Installation and Commissioning*. Butterworth Heinemann. Butterworth-Heinemann, 2012.
- [7] MOLTÓ, J., AND GARCÍA, J. *Los agentes de la edificación en la Ley 38-99, de 5 de noviembre, de ordenación de la edificación: obligaciones y responsabilidades*. Montecorvo, 2000.
- [8] PRITCHARD, N., AND SCRIVEN, J. *EPC Contracts and Major Projects: (a Guide to Construction and Other Project Contracts)*. Sweet & Maxwell, Limited, 2011.
- [9] VALLHONRAT, J. M., I BOU, J. M. V., SUBIAS, A. C., AND COROMINAS, A. *Localización, Distribución en Planta y Manutención. Productiva 48*. Marcombo, 1991.
- [10] VIGO MORANCHO, A. *La responsabilidad civil de los agentes que intervienen en la construcción*, 1999.