

**JOSÉ MARÍA STORCH DE GRACIA  
BORJA HERRERO SÁNCHEZ**

**M<sup>a</sup> Dolores Storch de Gracia  
Bernardo Llamas Moya  
Eduardo Salete Casino**

# **Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales**



Madrid • Buenos Aires • México • Bogotá

# AUTORES

---



**JOSÉ MARÍA STORCH DE GRACIA (Director)** es doctor en Química Industrial por la Universidad Complutense de Madrid (1981). Ha sido director general de Proquímica S.A. (1985-1994) y de EISA (1995), presidente desde 1995 de la Asociación Nacional de Normalización de Bienes de Equipo y Seguridad Industrial (Bequinor), habiendo participado en la elaboración de diferentes reglamentos oficiales de seguridad. También ha sido profesor agregado de la Universidad Alfonso X el Sabio entre 1998 y 2011.



**F. BORJA HERRERO SÁNCHEZ (Director)**, es ingeniero químico por la Universidad Alfonso X, el Sabio y ha cursado las asignaturas de Doctorado en la ETS de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. Tiene más de 15 años de experiencia en el diseño de procesos y sistemas mecánicos en proyectos de centrales de generación eléctrica. Ha trabajado en INITEC ENERGÍA, S.A. como jefe especialista de procesos y en GHESA Ingeniería y Tecnología, S.A. como ingeniero de sistemas mecánicos prestando sus servicios en la supervisión del montaje y la puesta en marcha de centrales de ciclo combinado.



**María Dolores Storch de Gracia** es Ingeniero de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid y tiene un MBA por el Instituto de Empresa. Tiene 18 años de experiencia en la empresa privada habiendo trabajado en Ingeniería de proyectos en todas sus fases (Ofertas, Estudios, Diseño, Financiación, Desarrollo e Implementación) a nivel nacional e internacional, siendo además PMP y durante los últimos 10 años en Proyectos de Innovación y tecnología en el sector de Agua y Energía. Actualmente complementa su actividad empresarial como profesora asociada en la Escuela de Ingenieros Industriales de la UPM en el Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística.



**Bernardo Llamas Moya** es Doctor Ingeniero de Minas; profesor de la Universidad Politécnica de Madrid en el área de ingeniería de proyectos, desde donde coordina las asignaturas de dicha área en grados y másteres de la ETSI Minas y Energía. Entre los cargos, destacó el haber sido durante dos años adjunto a la dirección para temas de calidad y acreditación, habiendo superado las auditorías internacionales y nacionales; esta escuela es la que mayor número de acreditaciones internacionales tiene dentro de la UPM. Su vocación investigadora se centra desarrollo de procesos y tecnología relacionada con energía y cambio climático, donde ha participado en varios procesos de captura de CO<sub>2</sub>, almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> y recientemente en almacenamiento de energía con el fin de mejorar los factores de carga de las energías renovables. Autor de varios libros a nivel internacional sobre la gestión de proyectos innovadores, y de más de 20 artículos científicos entre sus áreas de investigación.



**Eduardo Saleté Casino** es Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y profesor asociado desde 2002 (2002-2009 en la Universidad Politécnica de Madrid y desde 2009 en la Universidad Nacional de Educación a Distancia). Ha desarrollado una intensa actividad en la realización y asesoría a proyectos nacionales e internacionales de ingeniería, asesoría, auditoría, para empresas internacionales y organismos públicos. Ha participado en proyectos de investigación subvencionados tanto por entidades públicas como privadas, dando lugar a publicaciones y ponencias en congresos a nivel internacional.

# ÍNDICE

.....

<b>Agradecimientos</b> .....	VII
<b>AUTORES</b> .....	IX
<b>PRÓLOGO</b> .....	XVII
<b>1. Introducción</b> .....	1
1.1. Orientación, programa y guía bibliográfica.....	1
1.2. Modelos: definición, características y medios para su elaboración. Modelos científicos y técnicos .....	4
1.3. Actividades típicas: técnica, ingeniería y diseño. Investigación y desarrollo técnicos .....	7
1.4. Construcción, montaje y producción .....	9
1.5. El aspecto económico: dinero, valor y precio. Utilidad de la actividad industrial: rentabilidades económica y social .....	10
1.6. Materias científicas y técnicas .....	11
1.7. Ámbitos de actividad .....	12
1.8. Tipos de documentos y de dibujos. Agrupaciones de documentos ....	13
1.9. Actividades técnicas relacionadas con la industria química: desde la idea y el servicio hasta el beneficio económico .....	19
1.10. Historia y evolución de la tecnología química .....	25
1.11. Un caso: plantas grandes para la fabricación de etileno.....	28
1.12. Otro caso: ampliación cualitativa de una refinería de petróleo .....	32
1.13. Referencias bibliográficas .....	35
<b>2. La economía industrial en los proyectos</b> .....	37
2.1. Introducción.....	37
2.2. Estimaciones de capital a inmovilizar en proyectos .....	51
2.3. Referencias bibliográficas .....	85
<b>3. Planificación y control de actividades y recursos</b> .....	87
3.1. Introducción: el ciclo de planificación y control .....	87
3.2. El método gráfico de Gantt .....	89

3.3. Métodos con modelo reticular .....	92
3.4. Análisis de actividades-tiempos: Método PERT .....	96
3.5. Análisis de actividades-tiempos-costes: Método CPM .....	107
3.6. Planificación de recursos.....	109
3.7. Control de actividades y de recursos .....	112
3.8. Ejemplo práctico.....	114
<b>4. Aplicación de ordenadores a gestión de proyectos .....</b>	<b>119</b>
4.1. Introducción.....	119
4.2. Cómo informatizar la empresa.....	120
4.3. Cómo evaluar programas informáticos .....	126
4.4. Ejemplos de aplicaciones del ordenador .....	135
4.5. Directorio de herramientas informáticas para la industria de proceso .....	156
4.6. Referencias bibliográficas .....	182
<b>5. Diagramas, planos y maquetas .....</b>	<b>183</b>
5.1. Introducción.....	183
5.2. Diagramas de flujo: representación de balances y de las condiciones de operación y del equipo .....	183
5.3. Diagramas de bloques.....	183
5.4. Diagramas de equipo simplificado. Símbolos .....	185
5.5. Dibujar símbolos eficaces en diagramas de flujo .....	187
5.6. Diagramas de equipo simplificado, tubería en instrumentación: los "P&ID" .....	204
5.7. Diagrama de equipo e instrumentación (proceso) P&I por ordenador.....	216
5.8. Diagramas y planos distribución en planta. Maquetas.....	217
5.9. Normas para la construcción de maquetas para plantas petroquímicas .....	236
5.10. Diagramas de planos y de tuberías .....	241
5.11. Esquemas y planos para la construcción de equipo .....	249
5.12. Diagramas de la red eléctrica .....	254
5.13. Diagramas de servicios .....	260
5.14. Organización del Departamento de Delineación.....	261
5.15. Sistema de archivo, manejo y actualización de planos .....	268
<b>6. Generación de tecnología: I+D para procesos.....</b>	<b>283</b>
6.1. Introducción.....	283
6.2. Objetivos. Tareas típicas .....	283

6.3. Ámbitos y concurrencia de medios, personal y servicios.	
Aspectos humanos .....	291
6.4. Estudio comparativo de procesos existentes .....	299
6.5. Gestión completa y continuada de un programa I+D para procesos .....	300
6.6. Acopio y sistematización de la información .....	303
6.7. Diseño e interpretación de experimentos .....	312
6.8. Trabajo experimental: laboratorio .....	312
6.9. Trabajo experimental: planta piloto y planta industrial .....	313
6.10. Elaboración de resultados. Redacción de documentos .....	321
6.11. Ejemplo .....	323
6.12. Evaluación económica del proceso nuevo .....	328
6.13. Protección legal del proceso nuevo .....	329
6.14. Comercialización del proceso nuevo .....	334
6.15. Referencias bibliográficas .....	337
<b>7. Proposición, contratación y organización de los servicios de ingeniería .....</b>	<b>339</b>
7.1. Introducción .....	339
7.2. Alcances de los servicios .....	339
7.3. Justificación para la existencia de empresas de ingeniería .....	343
7.4. Propuestas: elaboración, grado de detalle, partes, documentos incluidos .....	343
7.5. Propuestas: comparación .....	345
7.6. Contratos para proyectos: tipos .....	347
7.7. Contenido y partes (cláusulas) .....	353
7.8. Empresas de ingeniería: objetivos para su organización .....	359
7.9. Organización permanente .....	360
7.10. Organización para cada proyecto .....	361
7.11. Planificación de un proyecto .....	363
7.12. Gestión de cada proyecto .....	376
7.13. Control de cada proyecto .....	401
7.14. Referencias bibliográficas .....	418
<b>8. Prospección y adquisición de tecnología para procesos .....</b>	<b>421</b>
8.1. Introducción .....	421
8.2. Prospección en el mercado de procesos .....	423
8.3. Comparaciones entre procesos .....	425
8.4. Elección de un proceso .....	428
8.5. Contratos para licencia: tipos y contenidos .....	429

8.6. Caso de un fracaso y de su resolución .....	434
8.7. Referencias bibliográficas .....	435
<b>9. Diseño de proceso</b> .....	<b>437</b>
9.1. Objetivos y tareas típicas .....	437
9.2. Datos e información básicos .....	442
9.3. Balances de materia y energía .....	452
9.4. Diseño básico de equipo: tipos y parámetros funcionales .....	454
9.5. Coeficientes de seguridad para el diseño .....	472
9.6. Diseño básico de la instrumentación .....	473
9.7. Seguridad de operación: revisión crítica del diseño de proceso .....	476
9.8. Documentación resultante: libros de proceso, de puesta en marcha, de parada y de operación con sus dibujos y textos .....	477
9.9. Referencias bibliográficas .....	478
<b>10. Diseño detallado de equipo</b> .....	<b>481</b>
10.1. Denominaciones, objetivos y tareas típicas .....	481
10.2. Materiales de construcción: tipos y características .....	484
10.3. Resistencia mecánica: seguridad .....	485
10.4. Códigos de normas para diseño y construcción de bienes de equipo .....	486
10.5. Resistencia química a la corrosión y a la abrasión: duración .....	488
10.6. Diseño para evitar la corrosión .....	493
10.7. Diseño y departamentos por especialidades .....	500
10.8. Referencias bibliográficas .....	660
<b>11. Localización y distribución en planta</b> .....	<b>667</b>
11.1. Introducción .....	667
11.2. Localización de la planta .....	669
11.3. Etapas en el diseño de la distribución en planta .....	672
11.4. Importancia de la coordinación y de la comunicación con los departamentos de diseño .....	679
11.5. Distribución en planta de maquinaria en naves .....	682
11.6. Consideraciones a tener en cuenta para la distribución en planta .....	683
11.7. Dibujos de la distribución en planta .....	685
11.8. Ubicación del equipo: algunas reglas y recomendaciones particulares .....	685
11.9. Referencias bibliográficas .....	719

<b>12. Ofertas, acopio, inspección y activación .....</b>	<b>721</b>
12.1. Introducción.....	721
12.2. Actividades y servicios del departamento .....	722
12.3. Coordinación del proyecto con los acopios.....	724
12.4. Evaluación de suministradores y contratistas .....	725
12.5. Compras: ofertas y pedidos .....	742
12.6. Plazos: seguimiento, activación y control .....	749
12.7. Calidad: inspección y pruebas de equipo .....	760
12.8. Referencias bibliográficas .....	806
<b>13. Construcción y montaje .....</b>	<b>807</b>
13.1. Introducción .....	807
13.2. Aspectos organizativos.....	808
13.3. Antes de comenzar la construcción.....	813
13.4. Obra civil.....	814
13.5. Actividades de izado.....	824
13.6. Montaje mecánico .....	825
13.7. Instalación y fabricación de tuberías.....	828
13.8. Montaje eléctrico y de instrumentación y control.....	832
13.9. Aislamiento y pintura.....	834
13.10. Hacia el comisionado y la puesta en marcha de la planta.....	835
<b>14. Pruebas, puesta en marcha y entrega de plantas .....</b>	<b>837</b>
14.1. Introducción.....	837
14.2. La puesta en marcha como sucesión de etapas .....	838
14.3. Aspectos no secuenciales de la puesta en marcha .....	862
14.4. Ejemplo: Proyecto TONEN .....	885
14.5. Referencias bibliográficas .....	886





# PRÓLOGO

---

El título de este libro, *Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales*, da una primera idea del alcance que hemos querido considerar para el mismo, absolutamente integral, ya que recoge desde la organización, gestión y la propia ejecución de proyectos industriales.

Este ambicioso alcance se corresponde con el deseo de dejar recogido en una obra todo nuestro conocimiento y experiencia en estos campos, fruto de la experiencia en las empresas en las que hemos trabajado o colaborado, pero también de nuestra dedicación docente, especialmente relevante en los últimos años de nuestro ejercicio profesional.

El objetivo principal de la obra es doble:

- En primer lugar, introducir al lector en los conocimientos principales que están relacionados con los proyectos industriales, tan diversos como y complementarios como la economía industrial, la planificación y control de actividades y recursos, la importancia de la informática en la gestión de proyectos (que cada día cobra mayor protagonismo), los distintos diagramas, planos y maquetas que se deben utilizar o el valor de la I+D en los procesos.
- En segundo lugar, los Capítulos 7 a 14 están dedicados al conocimiento propio que es necesario adquirir para poder ejecutar correctamente cualquier planta industrial, desde la contratación y organización de los servicios de ingeniería hasta la puesta en marcha y entrega de dichas plantas. A lo largo de estos capítulos hemos tratado de recoger todo nuestro conocimiento sobre aspectos principales relacionados con el diseño del proceso, el diseño detallado de equipos y distribución en planta de los mismos (una de las grandes pasiones de Jose M<sup>a</sup>), o los retos que se enfrentan en el acopio de materiales y la construcción y montaje de las plantas, para terminar con la puesta en marcha y entrega de las mismas.

En definitiva se trata de una obra que recoge el vasto conocimiento adquirido por D. Jose María Storch de Gracia a lo largo de toda una vida dedicada a la Industria, acompañado por un equipo de ingenieros que han ayudado a complementar esta obra combinando la formación técnica y práctica de los autores en sus distintos campos de actuación.

La obra resultante es, por tanto, sistemática, rigurosa y amena, y se dirige a los ingenieros, técnicos, profesores y estudiantes que desarrollan su actividad dentro de las materias y campos mencionados, siendo un manual que pretende acompañar en el estudio y ejercicio profesional orientada a los proyectos.



# INTRODUCCIÓN

---

## I. I. ORIENTACIÓN, PROGRAMA Y GUÍA BIBLIOGRÁFICA

---

En el texto presente se trata la organización y gestión de proyectos industriales. Se puede abordar el asunto mencionando las *materias* principales de partida que, en nuestro caso, son: Química Industrial, que trata de la descripción de los procesos y de su equipo; Ingeniería Química, dedicada al diseño, especificación y dimensionamiento del mismo; Economía Industrial, para la determinación de capitales, ventas, costes, beneficio y rentabilidades; Organización Industrial, orientada a establecer las operaciones y actividades a efectuar en los espacios y tiempos oportunos para ejecutar cada proyecto. También se pueden citar otras materias auxiliares procedentes de la Física, la Química y las Matemáticas aplicadas, así como de otras ramas de la Ingeniería (eléctrica, del control, de materiales, etc.).

Los *objetivos* de los proyectos son evaluar, proponer, contratar, diseñar, construir y arrancar una o varias plantas industriales capaces de transformar unos bienes y servicios en otros de valor mayor. Ello no de cualquier manera sino optimizando, a lo largo de la ejecución, la tensión entre precio, plazo y calidad.

La *cronología* en el desarrollo sistemático de proyectos es, a grandes rasgos, la siguiente:

1. Desarrollo y uso empírico: 1939-1945 (II Guerra Mundial). Objetivos: desarrollo y producción masiva (en series) de armamentos militares (aviones, carros de combate, buques, etc.).
2. Paso al campo civil: 1945-1950.
3. Sistematización y racionalización: 1950-1965. Extensión a grandes proyectos (submarino nuclear Nautilus, cohetes Polaris, avión Concorde).
4. Enseñanza y divulgación: 1965-1975. Buenos libros y artículos de revista. Incorporación a las enseñanzas universitarias.
5. Desarrollo y aplicación de herramientas informáticas: 1975-...

Naturalmente, hay solapamientos y continuaciones entre unas etapas y las siguientes.

Un programa para la impartición de la materia que estamos tratando aquí, organización y gestión de proyectos industriales, puede ser el que ha seguido uno de los autores del trabajo presente durante sus diecisiete años de docencia y muchos de ejercicio profesional. Es el siguiente:

## I. INTRODUCCIÓN Y TEMAS GENERALES COMPLEMENTARIOS

1. Introducción.
2. Pronóstico y análisis económicos para proyectos.
3. Planificación y control de actividades y recursos.
4. Aplicaciones informáticas para proyectos.
5. Dibujos: diagramas, planos y maquetas.
6. Generación de tecnología: investigación y desarrollo para procesos.

## II. DESDE LA PROPUESTA HASTA LA PLANTA EN FUNCIONAMIENTO

7. Proposición, contratación y organización de los servicios de ingeniería. Gestión de cada proyecto.
8. Prospección y adquisición de tecnología para procesos.
9. Diseño de proceso.
10. Diseño detallado de equipo.
11. Diseño de la distribución en planta.
12. Gestión de los acopios para proyectos.
13. Construcción y montajes.
14. Pruebas, puesta en marcha y entrega de la planta.

En lo relativo a la estructura documental y contenido, sobre todo en la presentación de proyectos a la Administración, es útil la Norma UNE 157.001<sup>1</sup> y otras que se citan en esta.

En muchos casos se van a encontrar referencias a las industrias químicas, energéticas y mineras. Ello se debe a la procedencia de los autores, no obstante lo cual se justifica por tratarse de proyectos ricos y complicados cuyas técnicas de gestión se pueden aplicar a los de otros campos de la técnica sin dificultad, como han hecho dos de los autores en la industria metalmeccánica.

A la hora de abordar una *guía bibliográfica* cabe decir que hay pocas publicaciones, libros y artículos de revistas que traten de la materia objeto de nuestra atención. La literatura técnica es escasa en lo que respecta a la práctica profesional tal y como la han vivido y viven los autores, quienes acumulan unos 40 años en casi tres generaciones como gestores de proyectos internacionales. Las referencias bibliográficas más importantes van del número 2 al 7, y se citan al final del presente capítulo.

El libro de Cleveland<sup>6</sup>, junto con el enfoque del PMI (Project Management Institute) de los EE UU, merece un comentario. La información que da el libro es muy interesante. Ello, no obstante, los aspectos relativos a la gestión de los proyectos han quedado desdibujados y difusos debido al hecho de haberse extendido su

aplicación a campos ajenos a los proyectos industriales (por ejemplo: al desarrollo de productos nuevos e, incluso, a la gestión de las empresas); el que mucho abarca (30.000 miembros del PMI) poco aprieta. Véase la página 14 del libro *Project Management*<sup>6</sup>.

El trabajo presente intenta pasar revista a las bases de partida, instrumentos de trabajo y tareas que impulsan la marcha y el desarrollo de la Industria Química. Los autores pretenden plasmar aquí el análisis y la síntesis de la información que han ido recogiendo tanto en su formación universitaria como en la profesional, siempre por ampliar y completar, que van acumulando en diferentes campos de la industria citada: Investigación y Desarrollo, Ejecución y Organización de Proyectos, Producción, Estudios Económicos, etc.

Para algunos lectores la materia del trabajo puede resultar harto conocida, aunque puede que encuentren cierta utilidad en una visión panorámica como la que aquí se pretende dar. Para otros, es probable que su actividad profesional diaria cubra parte del campo que se desea esbozar y puede que les resulte interesante ver cómo dicha parte engrana en un todo. Para otros, situados en la vertiente más técnica o científica de la profesión, es probable que sea atractivo ver el esquema a través del cual, y de una manera más o menos mediata, su actividad puede contribuir al bienestar de la sociedad. Finalmente, y en ellos está centrado fundamentalmente el pensamiento de los autores al realizar el trabajo presente, a aquellos que van accediendo al desempeño profesional de la Química Técnica les será valiosa una panorámica como la que aquí se esboza. Estos últimos pueden encontrar aquí varios aspectos de su interés:

- a. Un esquema general del campo profesional que van a abordar.
- b. Posibilidad de ordenar y clasificar las experiencias profesionales que se van a ir encontrando.
- c. Visión de las diferentes opciones profesionales específicas con que pueden encontrarse para particularizar su vocación en este campo industrial.
- d. Oportunidad de comprender y de valorar justamente las aportaciones de otros profesionales que trabajarán en ámbitos distintos dentro del mismo campo.

El deseo de contribuir modestamente a proporcionar lo antedicho, ha movido a los autores a enfrentarse con el reto que supone el análisis y la descripción sintética de un campo de actividades, muy variadas y de complejidad casi biológica, en el que se mezclan la Química, la Ingeniería, la Economía, la Organización y el Comercio.

El trabajo comenzará por considerar las estructuras lógicas, denominadas aquí *modelos*, que se emplean en el trabajo científico y técnico. Después se pasa a fijar ciertas ideas básicas, mediante definiciones y comentarios, sobre las actividades fundamentales consideradas de manera aislada. Más adelante se pasa revista a los instrumentos de trabajo disponibles para la resolución de problemas específicos y a los ámbitos en que suelen realizarse tareas diferentes. Como referencia, se comenta la plasmación documental de las actividades contempladas. Más tarde se in-

tegran todos los elementos antes definidos y comentados en un cuadro que permite ver su engranamiento. El engranaje conduce desde la idea (desde una innovación, por ejemplo) o desde la definición de una necesidad o servicio requerido, hasta el beneficio económico o utilidad que refleja el ennoblecimiento de unas materias y/o de unos servicios (formas de energía, por ejemplo). Dicho ennoblecimiento constituye la razón de ser de la Industria Química<sup>8</sup>.

## I.2. MODELOS: DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y MEDIOS PARA SU ELABORACIÓN. MODELOS CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS

En la Ciencia y en la Técnica, así como en otras actividades humanas, se hace uso de los modelos que constituyen la herramienta más importante con que cuenta el hombre para dominar a la Naturaleza, para modificarla en su beneficio y para la creación de realidades artificiales.

**Modelo:** es una construcción lógica que sirve para explicar las características o los hechos que se presentan en una realidad natural o artificial.

Son modelos: narraciones, descripciones, mediciones, relaciones funcionales (ecuaciones, inecuaciones, etc.), teorías, hipótesis, normas de diseño, programas de ordenador, métodos de cálculo, etc.

La característica esencial de los modelos es su naturaleza inmaterial. Suelen requerir un soporte material para su conservación, transmisión, difusión, elaboración y usos posteriores, etc. Ejemplos de tales soportes son: documentos (libros, revistas, listados, ficheros, etc.), planos, diagramas, maquetas, programas informáticos, etc.

Desde el punto de vista del empleo de los modelos científicos y técnicos, que son los que aquí interesan, cabe destacar las características siguientes:

- a. *Estructurales:* complicación.
- b. *De calidad:* precisión o aproximación. Amplitud de alcance.
- c. *Funcionales:* posibilidad de aplicación. Tiempo necesario para aplicarlo. Coste de la aplicación.

En general se puede decir que cuanto mayor es la calidad de un modelo mayor es también su complicación y más inconvenientes se derivan de sus características funcionales (más dificultades de aplicación). Esta relación entre las características es muy importante cuando se trata de elegir entre diferentes modelos disponibles para un mismo fin. Es frecuente que la selección conduzca al uso de un modelo, elegido de acuerdo con un compromiso, que sea a la vez suficientemente bueno y que también sea viable. Esta viabilidad incluye la disponibilidad de los datos suficientes, en cantidad y calidad, para poder aplicar el modelo. El mayor mérito de la irrupción de los ordenadores está en haber hecho viables modelos que son mejores, pero cuya utilización estaba limitada por sus características funcionales.

El hombre dispone de medios muy variados para la confección de modelos. Unos dimanar de sus propias potencias y otros proceden de modelos, o de agrupa-

ciones de los mismos anteriormente concebidos y que se conservan. Ejemplos son:

**Medios primarios:**

- Sentidos: observación.
- Memoria: registro.
- Entendimiento: elaboración lógica.
- Etcétera.

**Medios preexistentes:**

- Lógica: métodos para generar, relacionar y extraer ideas de forma correcta – análisis-síntesis, analogía, inducción y deducción.
- Ciencias Naturales: descripción e interpretación de las realidades naturales –datos.
- Tecnología: descripción e interpretación de realidades artificiales –datos. Procedimientos para el aprovechamiento de las realidades (objetos y hechos) naturales y artificiales.
- Matemáticas: métodos para análisis y correlación de datos numéricos así como para extracción de resultados también numéricos.

El trabajo científico y técnico supone la elaboración, comprobación y empleo de múltiples modelos y sistemas de modelos. En el campo técnico, los modelos (materializados, por ejemplo, en libros de diseño, programas de ordenador, etc.) suelen incluir los elementos siguientes:

- a. Descripciones cualitativas.
- b. Entidades funcionales: ecuaciones, tablas, gráficos, ábacos, etc.
- c. Condiciones límites: inecuaciones, etc.
- d. Hipótesis simplificadoras.

A lo largo de nuestros estudios y trabajos científicos y técnicos hemos manejado y manejamos, a veces de un modo inconsciente generado por el hábito, muchos modelos y sistemas de modelos. Por vía de ejemplo se incluye aquí uno, en la Tabla 1.1, que no es muy frecuente plantear en nuestras profesiones. No obstante, este modelo, además de servir como ejemplo, puede ayudar a situar nuestras actividades y a apreciar el profundo enraizamiento humano que las mismas tienen. Al enjuiciarlo no se debe olvidar lo dicho anteriormente con respecto a las características estructurales, de calidad y funcionales, así como a la relación existente entre calidad y viabilidad. El modelo no es ni completo, ni perfecto, ni universal pero va a servir para interpretar, relacionar y clasificar varios aspectos de la actividad humana desde los más primitivos hasta los más complicados en el marco reducido de una sinopsis tabular. Al ir avanzando hacia las actividades superiores se puede advertir claramente que el modelo presenta un sesgo orientado hacia el campo de la Ciencia Aplicada y de la Tecnología. El modelo presenta las carencias antedichas, pero también tiene ventajas de simplicidad, esquematización, etc., que lo



hacen apto como base de partida para una discusión hipotética sobre un tema tan amplio como el contemplado. Aquí precisamente estaría el compromiso adoptado entre calidad, estructura y función para ese modelo en particular. Las potencias humanas y sus limitaciones obligan a este tipo de compromisos y justifican, siempre que resulte útil el empleo del modelo y se reconozcan nítidamente los límites de su aplicación correcta, atrevimientos tales como este de haber incluido la actividad humana, desde el hombre prehistórico hasta el investigador, en unos centímetros cuadrados de papel.

**Tabla 1.1.** Modelo de la interacción del hombre con la naturaleza y con el mundo artificial.

1.—SUJETO. EL HOMBRE CON SUS POTENCIAS: SENTIDOS (S), MEMORIA (M), ENTENDIMIENTO (E), VOLUNTAD (V), ETCETERA.			
2.—AMBITOS: LA NATURALEZA, EL MUNDO INTELECTIVO, EL MUNDO ARTIFICIAL.			
3.—INTERACCIONES.			
LA NATURALEZA	MEDIOS	EL MUNDO INTELECTIVO	EL MUNDO ARTIFICIAL
3.1.—CAPTACION DEL MEDIO CIRCUNDANTE			
OBJETOS ACONTECIMIENTOS	S S + M	EXISTENCIA MUTACION	— —
REPETICION DE OBJETOS	S + M + E	ESPACIO, CUALIDADES, CANTIDAD	—
REPETICION DE ACONTECIMIENTOS	S + M + E	TIEMPO	—
3.2.—ACTIVIDAD PRIMARIA			
NECESIDADES PROPIAS	S + V	LOGRO Y USO DE OBJETOS	—
IDEM + CAREN- CIAS CUALITATI- VAS Y CUANTITA- TIVAS	S + M + V	ACOPIO, DOMINIO, FRACASO-EXITO	—
MUTABILIDAD DEL MEDIO CIRCUN- DANTE	S + M + E + V	COMPARACION, SELECCION Y LOGRO DE CIRCUNSTANCIAS	—
3.3.—ACTIVIDADES SUPERIORES			
TODO LO ANTERIOR INDIVIDUAL Y COLECTIVAMENTE	S + M + E + V + + TRADICION CUL- TURAL Y CIENTI- FICA	IDENTIDADES ( $a \equiv a$ ), IGUALDADES ( $x = a$ ), SEMEJANZA ( $x, X$ ), DIFERENCIAS CUALITATIVAS (I, O) Y CUANTITATIVAS ( $y \leq X$ ), RELACIONES SECUENCIALES ( $1^{\circ}, 2^{\circ}, 3^{\circ}$ ), RELACIONES CAUSA-EFEC- TO ( $y = f(x)$ ), ADICION, SUSTRACCION, MULTIPLICACION, DIVISION, ETC, INDUC- CION ( $x, x \rightarrow X$ ), DEDUCCION ( $X \rightarrow x, x$ ), ANALOGIA ( $x, x \rightarrow x, x$ ), AGRUPACION, SEGREGACION, METODOS, TEORIAS, HI- POTESIS, MODELOS, INVENTOS, TANTEOS, PROPIEDAD, POTENCIAL, TENSION, RESIS- TENCIA, ENERGIA, TRABAJO, POTENCIA, RENDIMIENTO, INVERSION, RIESGO, BE- NEFICIOS, RENTABILIDAD, UTILIDAD, CREACION, PERFECTIBILIDAD, MEJORA, TANTEO, ETC., ETC.	OBJETOS Y ACONTECI- MIENTOS ARTIFICIALES, SUS REPETICIONES, CA- RENCIAS, LIMITACIONES, MUTABILIDADES, ETC.
3.4. LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES COMO EJEMPLO PARTICULAR			
	LOS MEDIOS AN- TERIORES DIRIGI- DOS AL TRABAJO	EL MUNDO INTELECTIVO CONCRETADO EN LA TECNOLOGIA	EL DINERO COMO UNIDAD DE MEDIDA Y COMO MEDIO PARA ASIGNAR, CONVERTIR, FIJAR Y MOVER INDISCRIMINA- DAMENTE BIENES Y SERVICIOS EN EL ESPACIO Y EN EL TIEMPO
MATERIAS PRIMAS ENERGIA			<pre> graph TD     PROD[PRODUCCION] --&gt; SEMI[SEMILABORADOS]     SEMI --&gt; SISTEM[SISTEMA MATERIAL PARA LA PRODUCCION]     SISTEM --&gt; BIENES[BIENES]     SISTEM --&gt; SERVICIOS[SERVICIOS]     BIENES --&gt; PROC[PROCESOS Y EQUIPO]     SERVICIOS --&gt; PROC     PROC --&gt; EJEC[EJECUCION DE PROYECTOS]     EJEC --&gt; DATOS[MODELOS CORROBORADOS DATOS]     DATOS --&gt; EJEC     REAL_NAT[REALIDADES NATURALES] --&gt; DATOS     REAL_ART[REALIDADES ARTIFICIALES] --&gt; DATOS     INVEST[INVESTIGACION Y DESARROLLO] --&gt; DATOS     </pre>

Para finalizar este apartado conviene hacer unas consideraciones sobre la coexistencia de diferentes modelos útiles para la explicación de una misma realidad. Esta coexistencia se presenta cuando la realidad descrita se ha contemplado desde

perspectivas diferentes o con niveles variables de profundidad y de exactitud buscadas. Al aplicar los modelos coexistentes a casos concretos de la realidad descrita ocurre que en diferentes casos se dispone de conjuntos distintos, en calidad y cantidad, de datos que hacen que sean preferibles unos modelos en unos casos y otros en otros. En otras situaciones se elige en función del nivel de precisión necesario, del aspecto que destaca o de la economía requerida para una aplicación concreta. Ejemplos de la coexistencia de modelos son las distintas ecuaciones de estado para los gases, los modelos atómicos de Bohr y Schrödinger, los métodos para determinación de pisos en las columnas de destilación, las ecuaciones para la estimación del capital inmovilizado, etc.

### I.3. ACTIVIDADES TÍPICAS: TÉCNICA, INGENIERÍA Y DISEÑO. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TÉCNICOS

Esbozados, en el apartado anterior, los medios intelectuales y de acción de que disponen el científico y el técnico, conviene definir y comentar las tareas típicas relacionadas con la Industria Química. Se seguirá para ello un orden convencional que refleje las secuencias, que luego se efectúan de manera cíclica y entrelazada, del desarrollo industrial. Para comenzar se van a definir la Técnica y la Ingeniería como actividades globales.

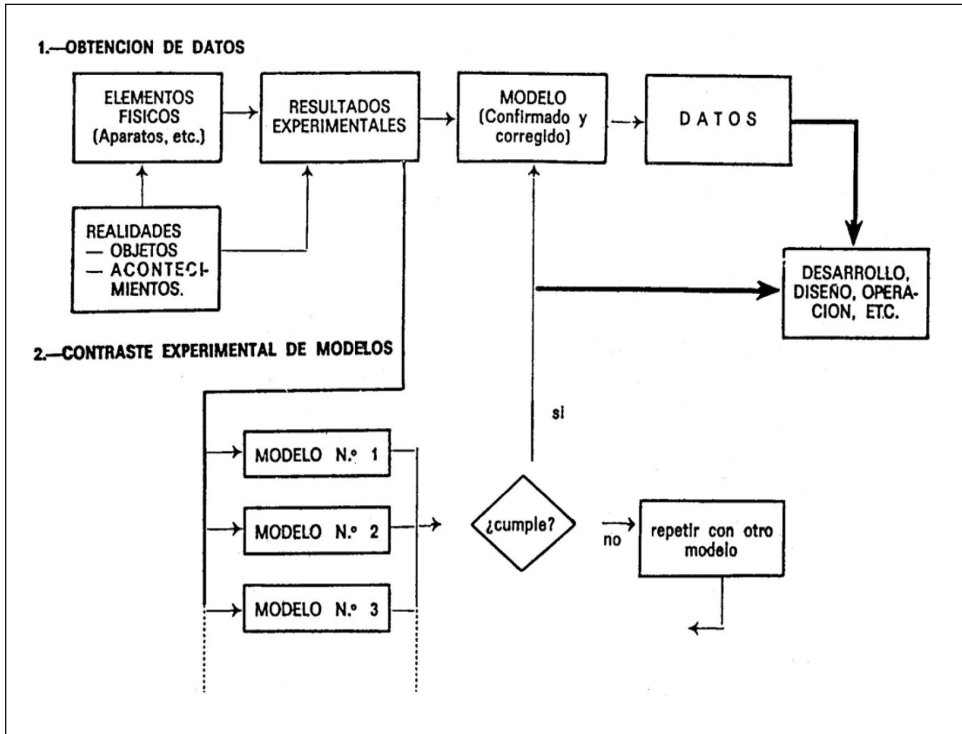
- *Técnica*: es la característica común de aquellas actividades que, apoyadas en las Ciencias Naturales, Físicas, Exactas y Económicas, persiguen el logro de una utilidad para el hombre modificando las realidades (objetos y acontecimientos) de la Naturaleza o creando realidades artificiales y modificando estas.
- *Ingeniería*: es el arte de concebir, calcular, proyectar, hacer construir y hacer funcionar instalaciones útiles en las que se transforman, ennobleciéndose su valor, materias y energías en bienes y servicios.

En el campo técnico que nos ocupa las tareas de Investigación y Desarrollo deben ser complementarias, y al menos son suplementarias, de las demás actividades. Por ello, al pasar a definir actividades concretas, se comenzará por las citadas antes.

- *Investigación y Desarrollo Técnicos*: son actividades de apoyo para la Ingeniería que estudian, miden, interpretan, relacionan y predicen realidades naturales y artificiales presentes o futuras proporcionando los siguientes resultados:
  - Estudio y medida → datos.
  - Interpretación, relación y predicción → modelos.
  - Aplicación de datos y modelos a la creación de realidades nuevas → inventos.

Es muy difícil localizar exactamente la interfase Investigación/Desarrollo y por ello se ha efectuado su definición conjunta. De una forma genérica, cabe decir

que frente a un objetivo común, la Investigación incluye la parte de las tareas que quedan más cerca de la Ciencia y que el Desarrollo engloba las más próximas a la Técnica. A diferencia de lo que ocurre en el campo puramente científico, aquí la Investigación apoya al Desarrollo y este a la Ingeniería. En la Figura 1.1 pueden verse los dos caminos típicos de las actividades de Investigación Técnica: a) obtención de datos; b) contraste experimental de modelos.



**Figura 1.1.** Cambios típicos de la investigación técnica.

**Diseño:** es la actividad en la que se aplican datos a un modelo o conjunto de modelos para obtener unos resultados cualitativos y cuantitativos que definen procedimientos o procesos, condiciones de operación, elementos de equipo, instalaciones, etc. En la práctica se aplica esta actividad a un trabajo (proyecto) concreto cada vez. En general se suelen cubrir, repitiéndolas de manera secuencial o simultánea, las etapas que pueden verse en la Figura 1.2.

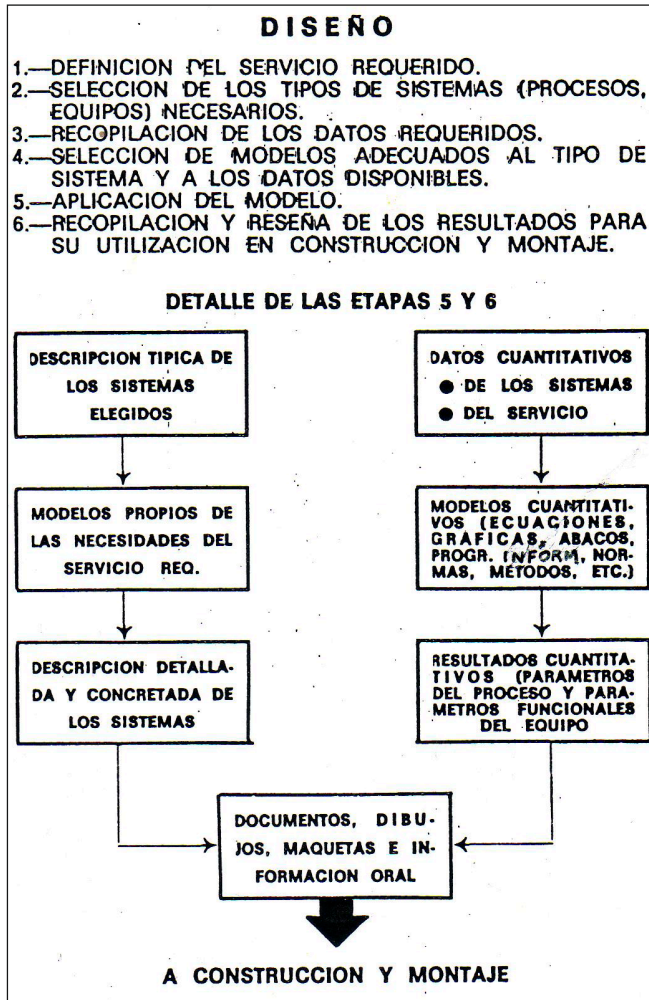


Figura I.2. Secuencias del diseño como actividad.

## I.4. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRODUCCIÓN

- *Construcción*: es la actividad en que la información procedente del diseño origina elementos de equipo e instalaciones ya en su forma material y física. En realidad se trata de una actividad de fabricación industrial, paralela a la de la Industria Química, en que unas materias (semielaboradas aquí) se convierten en bienes de equipo. Esta transformación tiene lugar de acuerdo con la información (escrita, dibujada u oral) procedente del diseño.
- *Montaje*: es la actividad que, también de acuerdo con la información procedente del diseño, ensambla los elementos de equipo y las instalaciones de manera tal que cumplan el objetivo especificado, integrando lo que se denomina una “planta” para llevar a cabo el proceso deseado.

- *Fabricación*: es la transformación de bienes y servicios en otros bienes o servicios de valor mayor en cuanto a su utilidad se refiere. En el campo concreto de la Industria Química se transforman unas materias primas y ciertas formas de energía en unos productos, subproductos y/o energía.

En la Industria Química y en algunas otras, el concepto “valor mayor” se refiere a lo producido en su conjunto. Ello se debe a que es frecuente la exigencia, intrínseca al proceso transformador, de generar subproductos de valor menor que las materias primas o de energía de baja calidad como acompañamiento inevitable a los productos de valor mayor.

Para conquistar sus objetivos, la fabricación requiere los medios que se enumeran a continuación:

1. Materias primas y auxiliares.
  2. Energía (térmica, mecánica, química, eléctrica, etc.).
  3. Equipo en instalaciones.
  4. Trabajo.
  5. Tecnología.
  6. Servicios (organización, transportes, comunicaciones, almacenamiento, etc.).
- *Producción*: es un conjunto de actividades que incluye el aprovisionamiento de materias primas y energía, la fabricación y la puesta en el mercado de los productos.

El concepto de producción es más amplio que el de fabricación. Al tratar este último se ha dejado fuera la enumeración de medios requeridos al dinero. No ocurre lo mismo con la producción ya que incluye operaciones de compra, venta y alquiler que requieren dinero como medio auxiliar para la transferencia de medios y servicios fuera del ámbito de la planta. En el apartado siguiente se verá esto con más claridad.

## **I.5. EL ASPECTO ECONÓMICO: DINERO, VALOR Y PRECIO. UTILIDAD DE LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL: RENTABILIDADES ECONÓMICA Y SOCIAL**

Hasta ahora se ha tratado la vertiente técnica del tema motivo del trabajo presente. Al definir la producción ha aparecido el complemento económico que facilita el acceso de los medios de fabricación al ámbito denominado “planta” y la transferencia de los productos obtenidos al consumidor. Interesa tratar aquí, en grandes trazos, este componente. Para comenzar se van a realizar unas definiciones que están modeladas de acuerdo con el enfoque industrial.

- *Dinero*: es un medio auxiliar indispensable que permite medir en términos económicos, asignar, movilizar y fijar bienes y servicios en el espacio (valo-

ración, inversión, transferencia, trueque, etc.) y en el tiempo (actualización, crédito, recuperación, etc.) sin discriminación de su naturaleza.

- *Valor*: es la utilidad intrínseca de un bien o servicio.
- *Precio*: expresión del valor y de la abundancia de un bien o servicio, en unidades dinerarias, que sirve como base de acuerdo para asignarlos, moverlos o fijarlos en el espacio o en el tiempo.

En el caso de la Industria Química los bienes y servicios, a que se refiere la definición hecha del dinero, precisamente los medios de fabricación que se han citado en el apartado anterior, así como los bienes y servicios producidos o mejorados. De esta manera la conversión del precio de estos últimos en dinero (venta) compensa lo consumido (coste) y retribuye un margen adicional (beneficio). Esta recuperación y acrecentamiento del dinero asegura la continuidad de la producción (amortización del capital inmovilizado y conservación del capital circulante que financia el lapso de tiempo que transcurre desde el coste hasta la venta), las posibles mejoras y ampliaciones, etc.

Otro aspecto a considerar, en lo que al dinero se refiere, es que permite medir en unidades homogéneas medios y productos tan dispares como los implicados en la Industria Química. Con ello es posible enjuiciar la calidad del proceso productivo calculando el rendimiento (*rentabilidad*) del mismo. Es interesante mencionar aquí que hoy día se tiende a complementar la medida del rendimiento, mediante la rentabilidad con la consideración del riesgo y la incertidumbre. Para ello se aplica a los datos económicos un tratamiento estadístico definiendo la *utilidad* como una magnitud que engloba la rentabilidad media junto con el riesgo expresado como una función de la dispersión (desviación típica) de los datos estimados. También se advierte, hacia el futuro, un perfeccionamiento en la dirección de calificar la *utilidad al bien común* incluyendo costes sociales e intelectuales incluso.

## I.6. MATERIAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Al hacer recuento de las materias que sirven de fundamento o de apoyo a las actividades técnicas relacionadas se encuentra una gama muy amplia. A continuación se incluye una relación de las más importantes, indicándose su aportación.

- *Química Industrial*: estudio de los procesos químicos para su elección y diseño.
- *Termodinámica Química Aplicada*: datos y modelos para la realización de balances de materia y energía, estudio de las condiciones de equilibrio y cinéticas en los procesos.
- *Ingeniería Química*: elección, diseño y funcionamiento de equipo para realizar las operaciones básicas.
- *Ingeniería de la Reacción Química*: elección, diseño y funcionamiento de equipo para efectuar reacciones químicas.

- *Matemáticas Aplicadas*: procedimientos para la elaboración y resolución de modelos.
- *Dibujo Técnico*: delineación de dibujos (diagramas, croquis, planos, etc.) y elaboración de maquetas. Hoy en día las maquetas han quedado sustituidas por el uso de programas de ordenador que dibujan en tres dimensiones.
- *Física Aplicada*: (Resistencia de materiales, Termotecnia, Electrotecnia, Electrónica, etc.). Diseño mecánico del equipo (recipientes, tuberías, cambiadores, etc.), elección de la maquinaria (motores, bombas, compresores, turbinas, etc.) y de los dispositivos para medida y control, etc.
- *Metalotecnia*: elección de los materiales para construcción y de los tratamientos para que cumplan su cometido y para asegurar su protección.
- *Ingeniería Civil*: diseño de la infraestructura para soporte del equipo y para la evacuación de los residuos.
- *Economía Industrial*: estimación, evaluación, selección, optimización y control económicos de los procesos, del equipo y de las operaciones.
- *Organización Industrial*: gestión empresarial. Elaboración de estrategias generales y de tácticas particulares. Planificación y control de actividades y recursos. Gestión de personal.
- *Estadística Industrial*: tratamiento del riesgo y de la incertidumbre.

## 1.7. ÁMBITOS DE ACTIVIDAD

Las actividades técnicas relacionadas con la Industria Química se llevan a cabo en el marco de ámbitos diferentes estructurados funcionalmente. A continuación se reseñan los más característicos.

- *Entidades para investigación y desarrollo técnicos*: puede tratarse de centros estatales contratados por la Industria o centros privados sostenidos por una o varias empresas.
- *Empresas de proyectos*: tienen como finalidad fundamental la ejecución de proyectos. Ello incluye la actividad de diseño, tal como se describe en la Figura 1.2, así como otras de contratación, planificación y control de actividades y recursos, etc., que se suelen extender también a las actividades de construcción, montaje y puesta en marcha de las instalaciones objeto del proyecto.
- *Empresas constructoras de bienes de equipo*.
- *Empresas de montajes*.
- *Empresas productoras*: constituyen normalmente el productor y el destinatario final del proyecto y de las instalaciones objeto del mismo. A los efectos del trabajo presente conviene considerar tres subámbitos:
  - Consejo de administración y unidades gestoras: como centro de decisiones y de gestión.
  - Fabricación o “planta”: realizando la transformación o proceso.
  - Comercialización o “compras” y “ventas”: completando el ciclo económico (dinero - materias primas - productos - dinero) que caracteriza a

la producción como suma de las actividades de fabricación más comercialización.

## **I.8. TIPOS DE DOCUMENTOS Y DE DIBUJOS. AGRUPACIONES DE DOCUMENTOS**

Las actividades que se contemplan en el trabajo presente se basan y generan cantidad y variedad de documentos. En este apartado se va a pasar revista a los tipos más característicos, centrando la atención en los relacionados con la ejecución de proyectos.

### **I.8.1. Tipos de documentos escritos**

El tipo más general lo integran las *memorias* que se emplean para plantear las necesidades de un servicio, como base de partida para un proyecto (generales), para describir sucintamente procesos o equipos (descriptivas) o para reseñar las conclusiones de un estudio o de un proyecto (conclusivas). Es frecuente que este tipo de documentos sea un resumen de otros, de entre los que se verán a continuación y que pueden incluirse como *anexos* a las mismas. La calidad y concisión de su redacción reviste una importancia excepcional, ya que suelen emplearse las memorias para la toma de decisiones globales.

Los *estudios técnicos* son documentos más detallados, que pueden cubrir diferentes aspectos de las actividades propias de este campo. Así pueden dedicarse a la comparación entre procesos disponibles para un proyecto futuro (incluyendo la consideración de sus balances de materia y energía, capacidades de producción para el producto principal y para los subproductos, reacciones químicas y catalizadores empleados, tipo de equipo y operaciones incluidos, número de instalaciones en funcionamiento, rendimientos, condiciones de operación, materiales de construcción, pureza de los productos obtenidos, contaminación, etc.). Otros estudios técnicos se refieren a la comparación entre bienes de equipos diferentes a emplear en una operación dada (incluyendo capacidad, rendimiento, duración, materiales de construcción, mano de obra necesaria, frecuencia y complicación del mantenimiento, consumos energéticos, dimensiones, peso y necesidades estructurales de sustentación, listas de repuestos, vibraciones y ruidos, etc.). Finalmente cabe citar las recopilaciones de datos físicos, químicos, etc.

Paralelamente a los anteriores se encuentran los *estudios económicos*, que pueden ser de varias clases. Así, en lo que se refiere a su alcance, caben distintos grados, que van desde estudios de la industria química, o de alguno de sus sectores (en ámbito mundial, continental o nacional), hasta el estudio de una planta concreta o incluso de un problema específico dentro de la misma. Contemplando la relación temporal estudio-objeto, cabe distinguir entre estudios económicos estimativos (apriorísticos) y de diagnóstico (hechos a posteriori). Desde el punto de vista de la intención y del objeto, los estudios económicos pueden ser coyunturales, de viabilidad, de prospección, presupuestarios para control de costos, para optimización,



comparativos (de procesos o bienes de equipo), para ubicación e instalaciones, etc. Las variables que suelen incluir son: inversiones de capital, costes, ventas, beneficios, rentabilidad, riesgo, capacidades (de producción, de venta al mercado, de exportación e importación), precios, etc.

Bajo la denominación de *contratos* se incluyen los documentos que regulan jurídicamente la cesión de bienes (venta o arrendamiento de instalaciones o bienes de equipo, suministros de materias primas o energía), o de tecnología (licencia para el uso de patentes y contratos de asistencia técnica) y la prestación de servicios (investigación y desarrollo, ingeniería, construcción, montaje, puesta en marcha, financiación, producción, etc.). Los contratos indicados deben incluir la descripción detallada de los bienes o servicios que los originan, las exigencias (calidad, cantidad, plazos) y garantías, la cantidad y el programa de desembolsos, las variaciones posibles en el alcance y en los precios, cláusulas de penalización, gratificación, sigilo, etc.

Bajando hacia aspectos más particulares se encuentran las *especificaciones*, que sirven para definir procesos o bienes de equipos concretos de manera cuantitativa y detallada. De tal manera, incluirán datos acerca de los aspectos mencionados anteriormente al hablar de los estudios técnicos, pero ahora con un carácter más concreto y suficiente que permita el proyecto y operación del proceso o la construcción y funcionamiento correctos del bien de equipo a que se refieran. Es posible que las especificaciones se completen con cálculos justificativos (aunque no es frecuente) o que se apoyen en dibujos anejos para facilitar su elaboración e interpretación posteriores.

Habiendo ya esbozado el tipo de documentos que cubren los aspectos técnico, económico y contractual de las actividades que se están tratando aquí, conviene pasar revista a aquellos tipos que atañen a la organización de esas.

Cuando se procede a la organización de una actividad complicada de entre las que se contemplan en este trabajo (investigación y desarrollo, proyecto o producción), previo al establecimiento de un reglamento o de un contrato, es de importancia fundamental el *procedimiento de coordinación*. Se trata de un documento (que complementa al reglamento o al contrato) en el que pueden incluirse el organigrama de la estructura funcional y humana establecida al efecto, así como las descripciones (funcionales y de medios) de las unidades que integran dicha estructura (divisiones, jefe, ayudante, asesor, etc.). Lo que sí debe incluir, en cualquier caso, es la descripción y regulación de las relaciones (dependencia, coordinación, asesoría, etc.) entre las unidades y los puestos citados frente a los acontecimientos (información, decisión, gestión, ejecución, coordinación, planificación y control), que acompañe a la actividad contemplada y deban ser procesados adecuadamente por la organización establecida.

Al igual que el procedimiento de coordinación trata de programar la organización como sujeto activo de la actividad, valga la redundancia, los *planes* incluyen programación de la propia actividad y la de los medios o recursos para ejecutarla. Complementariamente, los *informes de progreso* incluyen la evaluación de la ejecución efectiva en un periodo dado de tiempo y su contraste con el plan previsto para este periodo, de manera que puedan llevarse a cabo el control (de actividad

y recursos) y acciones correctoras para que las desviaciones no lleguen a afectar seriamente el plan en su conjunto.

Finalmente quedan por reseñar *varios* tipos de documentos más comunes en otras actividades como son correos electrónicos, cartas, comunicaciones internas, órdenes y partes de trabajo y producción, ofertas, pedidos, albaranes, facturas, vales, cuestionarios, etc.

### 1.8.2. Dibujos

Bajo esta denominación se incluyen diagramas, esquemas, croquis, planos y maquetas. Su empleo, en las actividades que se están considerando aquí, tiene dos vertientes. Por un lado, pueden formar parte de documentos acompañando normalmente a otras partes escritas (especificaciones, memorias, estudios, etc.). Por otro, pueden constituir, en sí mismos, documentos de trabajo (en diseño, construcción, montaje, etc.) a los que se incorporan los cambios originados en la evolución del trabajo, de los que se extrae la información reseñada, o que sirven simplemente para registrar, transmitir o elaborar la información técnica que contienen. A continuación se pasa revista a los tipos de dibujos más empleados.

Para presentar, con diferente grado de detalle, los procesos químicos (en general, cualquier tipo de proceso), se hace uso de los *diagramas de flujo*. En este tipo se representan los elementos que realizan las operaciones unitarias y los procesos (unidades, secciones, aparatos) unidos por líneas, cuyo significado es el de corrientes (flujo de materia). El diagrama de flujo más sencillo es el que recibe el nombre de *diagrama de bloques*, en que se representan los elementos antes citados mediante rectángulos, quedando esquematizado el proceso y empleándose para una descripción muy general o para discutir el proceso con términos muy generales. Avanzando, en detalles y complicación, se encuentran los *diagramas de equipo simplificado*, donde ya se representan los aparatos de forma esquemática, según símbolos convencionales que hacen alusión a su forma física y a su función específica. Dentro de estos diagramas de equipo simplificado cabe distinguir aquellos que representan el proceso en general, incluyendo solamente los elementos de equipo y las corrientes más importantes o *diagramas de proceso*. Los *diagramas de equipo, tuberías e instrumentos* son más detallados que los anteriores, incluyendo equipo principal y secundario, indicación (sobre las corrientes) de las características (diámetros, material, aislamiento, etc.) de las tuberías que las llevarán; accesorios principales (válvulas, sellos, purgadores, drenajes, etc.) de las tuberías; instrumentos para medida y control de las condiciones de proceso, y algunos datos fundamentales (parámetro funcional, dimensiones principales, etc.) de los aparatos. Estos diagramas constituyen un documento de trabajo cuando se realiza la ingeniería de proceso y sirven de base para la ingeniería de detalle, para desarrollar la ingeniería de distribución en planta, para efectuar la puesta en marcha de la planta y para los manuales de operación de la misma.

Todas las variantes de diagramas de flujo que se han mencionado pueden incluir datos referentes a los balances de materia (caudales y composiciones de las

corrientes) y de energía (temperaturas, entalpías, presiones, estado físico, propiedades térmicas, etc., de las corrientes). En tal caso se tienen *diagramas de flujo cuantitativos*. Los datos pueden constar en banderolas adosadas a las corrientes o, ello es más frecuente, en forma tabulada al pie del diagrama, con referencias numéricas que relacionan los datos con la corriente que les corresponda.

La ingeniería de detalle genera la especificación numérica de los elementos de equipo e instrumentación necesarios para efectuar el proceso ya establecido. La gran variedad de dichos elementos se corresponde con multitud de niveles de especificación requeridos y de detalle en los planos o croquis necesarios. Es fácil comprender que una bomba (que puede comprarse según catálogo) y una columna para rectificación (que debe construirse especialmente para el servicio requerido y siguiendo escrupulosamente los detalles que incluye su diseño) necesiten especificaciones y dibujos muy diferentes. La bomba llevará una hoja de especificación en que se dan los datos característicos (presiones, caudales, carga neta disponible en succión, materiales, cierres, etc.) e incluso puede que también la indicación de la referencia en catálogo, sin requerirse dibujo alguno. Un caso intermedio lo constituyen los recipientes, en que la especificación incluye unos *croquis* (planta y alzado) para indicar las dimensiones principales, las referencias de las tubuladuras y la posición de las mismas, así como otros detalles. La especificación de la columna, antes mencionada, incluiría, además de un croquis general como el citado para los recipientes, *planos para construcción* de ciertos detalles críticos (pisos, campanas de borboteo, rebosaderos, tomas de temperatura, etc.). Finalmente, y también como caso extremo, se puede citar un horno para refinería que puede requerir planos para construcción en número y detalle grandes (inclusive el despiece del refractario).

Otra tarea posterior a la ingeniería de proceso es el estudio de la distribución en planta que regirá el montaje del equipo y el diseño de las tuberías. Existen diferentes tipos de *planos de distribución en planta* que van surgiendo según avanza el estudio. Así, se puede empezar por un plano de equipo a escala y sin tuberías ni detalle. A veces es útil el empleo de siluetas de los elementos de equipo (recortadas a escala en cartulina), que permiten ir ubicándolas con facilidad para hacer cambios hasta que, establecida ya una distribución conveniente, se pegan al plano base y se calca el conjunto. Cuando se trata de una planta grande y complicada, el plano así obtenido sirve de *plano clave* (del conjunto total de la planta), una vez que sobre el mismo se marcan las áreas que estarán incluidas en los *planos de zonas* más detallados. Estos ya incluyen las tuberías y equipos auxiliares o secundarios. Cuando una zona se presenta complicada (por ejemplo, hay columnas para transferencia de materia o varios pisos con elementos de equipo), se hacen *planos a nivel* que representan secciones horizontales de la zona. Todo lo dicho acerca de los planos de distribución en planta se refiere fundamentalmente a la representación tridimensional, se hace uso de la perspectiva en los croquis isométricos que sirven para ubicar máquinas y aparatos. Las maquetas, que comenzaron siendo casi juguetes (útiles para la formación de operadores, para propaganda y como adorno), han evolucionado hasta ser hoy día una herramienta de precisión en el